

# apunts

EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES

112

2.º trimestre (abril-junio) 2013 - 6 €. (IVA incluido)  
ISSN-1577-4015



INEFC

Generalitat  
de Catalunya

Ciencias humanas y sociales - Foro "José María Cagigal"

*Actividad física y salud*

*Educación física*

*Pedagogía deportiva*

*Entrenamiento deportivo*

*Tesis doctorales*



## 40 Years of Research in Skeletal Muscle Plasticity; a Personal Account

HANS HOPPELER

Institute of Anatomy  
University of Bern (Switzerland)

### Abstract

*The present review is a highly biased personal perspective on some of the research carried out over the last 50 years documenting the phenomena and the mechanisms of skeletal muscle tissue malleability. I will take a historical approach and follow some of the threads that have spurred my curiosity and have guided my research over my research career. This review is not exhaustive nor is it balanced. It represents my personal interests and some of the crucial findings that shaped my research agenda. I was lucky to conduct this research with many inventive collaborators that have done the major share of the actual research work. I have also been fortunate to have two outstanding mentors, E.R. Weibel and C.R. Taylor, who supported me throughout my research with advice guidance and, at least initially, with the necessary financial support. They have fostered a comprehensive approach and have taught me to combine functional and structural research to arrive at an integral view of system performance. When the appropriate molecular tools became available in the late 90ies, these helped start to unravel the mechanisms underlying the structural and functional plasticity of muscle documented previously. The insight that skeletal muscle tissue, when actively used is a major determinant of human physical well-being and health, continues to boost mechanistic research in muscle plasticity in the future.*

**Keywords:** muscle, plasticity, mitochondria, capillary,  $VO_{2max}$

### Muscle as malleable tissue

Skeletal muscle tissue comprises some 40% of the human body mass. It is thus the most abundant of all human tissues. It is surprising that the mechanism of the most essential task of muscle, the capacity to contract and thus to perform mechanical work,

## Cuarenta años de investigación sobre la plasticidad del músculo esquelético; conclusiones personales

HANS HOPPELER

Instituto de Anatomía  
Universidad de Berna (Suiza)

### Resumen

Este es un estudio personal altamente subjetivo sobre la investigación llevada a cabo durante los últimos 50 años que documenta los fenómenos y los mecanismos de la plasticidad del tejido muscular esquelético. Enfocaré el trabajo desde una perspectiva histórica y seguiré algunos de los hilos que han despertado mi curiosidad y han guiado mi investigación a lo largo de mi carrera investigadora. Este estudio no es ni exhaustivo ni equilibrado. Representa mis intereses personales y algunos descubrimientos cruciales que han marcado mis objetivos de investigación. He tenido la suerte de llevar a cabo este estudio con colaboradores muy creativos que han sido los que han realizado la mayor parte de esta investigación. También he tenido la suerte de contar con dos tutores excepcionales, ER Weibel y C.R. Taylor, que me han apoyado durante todo el proceso guiándome y dándome consejos e, inicialmente, facilitándome la ayuda económica necesaria. Han fomentado un enfoque global y me han enseñado a combinar la investigación funcional y estructural para lograr una visión integral del rendimiento del sistema. Cuando las herramientas moleculares apropiadas pasaron a estar disponibles a finales de los 90, estas ayudaron a descubrir los mecanismos subyacentes de la plasticidad estructural y funcional del músculo previamente descrita. La idea de que el tejido muscular esquelético activo es determinante para el bienestar físico y para la salud continuará impulsando la investigación mecanicista de la plasticidad muscular en el futuro.

**Palabras clave:** músculo, plasticidad, mitocondria, capilar,  $VO_{2\text{ máx}}$

### El músculo como tejido maleable

El tejido muscular esquelético comprende alrededor del 40% de la masa corporal. Es, por tanto, el más abundante de todos los tejidos humanos. Es sorprendente como el mecanismo de la tarea más esencial del músculo, la capacidad de contraerse y realizar un trabajo mecánico, ha permanecido vaga

*remained elusive for a long time. Using electron microscopy, it was Huxley (1957) who established the “sliding filament” mechanism by which the mechanical phenomena of muscle contraction could be explained to satisfaction. What remained open at that time was whether the capacity to produce force could extrinsically be modified, i.e. whether skeletal muscle tissue was phenotypically malleable. While the malleability of human physical performance capacity was scientifically well established in the 50ies, as competently reviewed by Astrand (1956), the structural malleability of muscle tissue was not. Astrand (1956) noted that outstanding human performance, exemplified in outstanding feats of elite athletes, was the result of both natural endowment and specific exercise training, whereby it was assumed that central factors, such as cardiac output were sufficient to explain exercise induced changes of performance capacity.*

*While the malleability of human exercise performance was quite obvious and well documented, it remained unclear how, on the level of the skeletal muscle tissue, performance was modified by exercise training. There was a debate on whether muscle was an essentially unalterable tissue or whether exercise training could lead to detectable (structural) modifications explaining exercise training induced changes in muscle performance. While Russian scientists reported on increases of a number of enzyme activities such as hexokinase and succinate dehydrogenase after exercise training both in heart and skeletal muscle tissue (see Yakovlev, Krasnova, & Chagovets, 1963) other research of the time indicated that even prolonged exercise did not lead to muscle tissue enzyme modifications (Gould & Rawlinson, 1959; Hearn & Wainio, 1956).*

*The first study to unequivocally show massive changes in endurance capacity as well as in mitochondrial content of skeletal muscle tissue of growing rats after strenuous endurance training was published by Holloszy (1967). 6 weeks old male rats were run on a treadmill using an incremental exercise training program. Rats were run for 12 weeks, initially for 10 minutes at 22m per minute twice daily. At the end of the training period rats were run 120 minutes at 31m per minute with 12 sprints at 42m per minute lasting 20seconds. Holloszy (1967) found that the capacity to oxidize pyruvate of isolated mitochondria of gastrocnemius muscle of trained rats was essentially doubled*

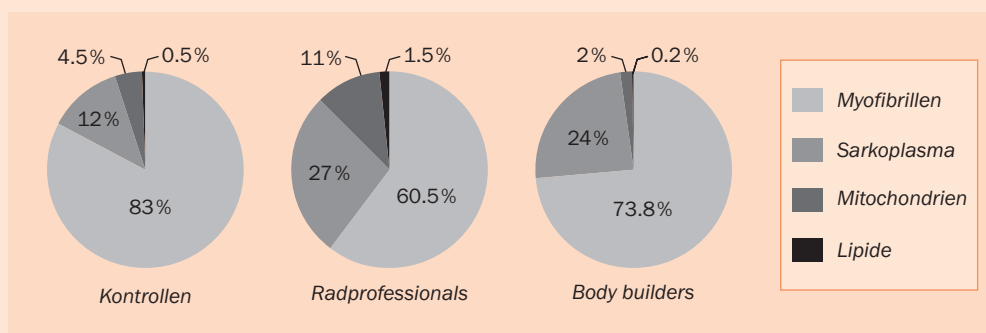
e imprecisa durante tanto tiempo. A partir de la microscopía electrónica, Huxley (1957) estableció el mecanismo del “filamento deslizante”, el cual permite explicar satisfactoriamente los fenómenos mecánicos de la contracción muscular. Lo que permaneció sin resolver en ese momento fue si la capacidad de producir fuerza podía ser extrínsecamente modificada, por ejemplo, si el tejido muscular esquelético era fenotípicamente modificable, o no. Así como la modificación de la capacidad del rendimiento físico humano fue científicamente establecida en los años 50, tal y como describió Astrand (1956), la plasticidad estructural del tejido muscular no lo fue. Astrand (1956) señaló que el rendimiento humano excepcional, ejemplificado por hitos de atletas de élite, era el resultado tanto del talento natural como del entrenamiento específico, por lo que se supuso que factores centrales como el gasto cardíaco eran suficientes para explicar los cambios en la capacidad de rendimiento inducidos por el ejercicio.

Mientras que la adaptabilidad del rendimiento físico humano era bastante obvia y estaba bien documentada, permaneció confuso como, a nivel del tejido muscular esquelético, el rendimiento era modificado por el entrenamiento físico. Se inició un debate sobre la cuestión de si el músculo era un tejido esencialmente inalterable o si, por el contrario, el entrenamiento físico podía llevar a modificaciones (estructurales) notables argumentando que el ejercicio físico inducía cambios en el rendimiento de la musculatura. Mientras que científicos rusos constataron numerosas actividades enzimáticas tales como la hexoquinasa y la succinato deshidrogenasa después del ejercicio tanto en el corazón como en el tejido muscular esquelético (Yakovlev, Krasnova, & Chagovets, 1963), otras investigaciones de ese momento indicaban que incluso el ejercicio prolongado no conducía a modificaciones enzimáticas en el tejido muscular (Gould & Rawlinson, 1959; Hearn & Wainio, 1956).

Holloszy (1967) publicó el primer estudio que mostró de forma inequívoca cambios considerables en la capacidad de resistencia así como también en el contenido mitocondrial en el tejido muscular esquelético de ratas en crecimiento después de un entrenamiento intenso. Se hizo correr ratas macho de seis semanas en un *treadmille* siguiendo un programa de entrenamiento físico incremental. El programa duró 12 semanas, durante las cuales las ratas corrían 10 minutos a 22 m por minuto dos veces al día. Al final del período de entrenamiento, las ratas corrían 120 minutos a 31 m por minuto con 12 esprints de 20 segundos a 42 m por minuto. Holloszy (1967) descubrió que la capacidad de oxidar el piruvato a partir de mitocondrias aisladas del músculo gastrocnemius de ratas entrenadas se

along with the activities of oxidative enzymes such as cytochrome c reductase, succinate oxidase and cytochrome oxidase. As the concentration of cytochrome c was also found to be increased by a factor of close to 2, Holloszy (1967) proposed that the rise in activity of respiratory enzymes had to be due to an increase in mitochondrial protein. The ground-breaking study of Holloszy (1967) established once and for all the exceptional malleability of skeletal muscle tissue and pointed to mitochondria as being the essential structural entities subjected to bulk change with endurance exercise training. This study also indicated that it was necessary to use incremental strenuous exercise protocols to induce demonstrable structural modifications with exercise training. Not much later, Gollnick and King (1969) published a study in which rats were trained with forced running and mitochondria were analyzed with electron microscopy. The authors concluded that mitochondria in skeletal muscle of trained rats were significantly more numerous, appeared larger and with more densely packed cristae than mitochondria of control rats. They also reported that mitochondria and muscle fibers in rats run to exhaustion appeared to be swollen. This study confirmed the results of Holloszy (1967) by demonstrating with electron microscopy a volume change of the mitochondrial compartment as a consequence of endurance exercise training. However, there were a number of technical shortcomings which made these results qualitative rather than quantitative. The morphometric technique used to establish mitochondrial size and numerical density was inadequate as was the fixation of the muscle tissue. Gollnick and King used 1% osmium tetroxide in barbital acetate buffer at 350-400 mOsm. We later found this to be insufficient for muscle tissue and used higher osmolarity pre-fixation in glutaraldehyde (Hoppeler, Lüthi, Claassen, Weibel, & Howald, 1973).

duplicaba junto con las actividades de las enzimas oxidativas tales como la Citocromo C reductasa, la Succinato oxidasa y la Citocromo oxidasa. Así como la concentración de Citocromo C también aumentó en un factor de casi 2, Holloszy (1967) concluyó que este aumento de actividad de las enzimas respiratorias se debía a un incremento de las proteínas mitocondriales. El innovador estudio de Holloszy (1967) estableció finalmente la excepcional adaptabilidad del tejido muscular esquelético y definía las mitocondrias como las entidades estructurales esenciales sujetas a la modificación en masa con el entrenamiento físico de resistencia. El estudio también indicaba que es necesario utilizar protocolos de ejercicio intensos e incrementales para inducir modificaciones estructurales demostrables a partir del entrenamiento. Pocos años más tarde, Gollnick y King (1969) publicaron un estudio en el que las ratas eran entrenadas y forzadas a correr y las mitocondrias eran analizadas mediante microscopía electrónica. Los autores concluyeron que las mitocondrias en los músculos esqueléticos de ratas entrenadas eran significativamente más numerosas, más grandes y presentaban las crestas mitocondriales más densas que las mitocondrias de ratas control. También señalaron que las mitocondrias y las fibras musculares de las ratas que corrían hasta estar exhaustas aparecían inflamadas. Este estudio confirmó los resultados de Holloszy (1967), demostrando, mediante microscopía electrónica, variaciones del volumen del compartimiento mitocondrial como consecuencia del entrenamiento físico de resistencia. A pesar de ello, hubo una serie de lagunas técnicas que hicieron que estos resultados, fueran más cualitativos que no cuantitativos. La técnica morfométrica utilizada para medir el tamaño mitocondrial y la densidad numérica era inadecuada, así como también la fijación del tejido muscular. Gollnick y King usaron un 1% de tetróxido de osmio en el tampón de acetato barbital a 350-400 mOsm. Posteriormente, descubrimos que estas condiciones eran insuficientes para el tejido muscular y utilizamos una prefijación de osmolaridad más alta en glutaraldehído (Hoppeler, Lüthi, Claassen, Weibel, & Howald, 1973).



**Figure 1.** Distribution of key muscle components in controls, professional cyclists and body builders (redrawn from Hoppeler, 1986)

**Figura 1.** Distribución de componentes musculares claves en los controles, de ciclistas profesionales y culturistas (adaptado de Hoppeler, 1986)

Shortly later Morgan, Cobb, Short, Ross, & Gunn (1971) subjected human volunteers to progressive one leg exercise on a bicycle ergometer 2 hours daily for one month. Muscle biopsies were analyzed biochemically and processed for electron microscopy. They found an increase in respiratory enzyme activities as well as in mitochondrial protein content. These changes were supported structurally by a 55% increase in the volume fraction of mitochondria; the latter established by classical stereological techniques.

### **Mitochondria and $VO_2$ max**

This was the research background 1971 when I was involved as a medical student in teaching exercise physiology labs at the Federal School of Physical Education (ESSM) in Magglingen, Switzerland. The director of its Research Institute was Hans Howald, who recently had learned taking muscle biopsies in Scandinavia from Bengt Saltin using the Bergstrom (1962) technique and needle.

Between the Research Institute and the Department of Anatomy of the University of Bern, led by Ewald R. Weibel, a research collaboration was set up (funded by Swiss National Science Foundation) to perform a state of the art stereological study of skeletal muscle tissue using biopsies processed for electron microscopy of trained and untrained subjects functionally characterized by a  $VO_2$  max test. The study comprised 18 subjects 6 of which belonged to the Swiss team of orienteers that had won the silver medal at the 1970 orienteering world championship.  $VO_2$  max ranged from 39 to 84 mlO<sub>2</sub>/min x kg and as a main finding we could establish a highly significant correlation between the volume density of muscle mitochondria in biopsies of vastus lateralis and the  $VO_2$  max of the subjects. We also could establish that the mitochondria of trained subjects were structurally indistinguishable from mitochondria of untrained subjects in terms of cristae surface density and the volume fractions of the internal spaces (volume of matrix and inter-membrane space). Additional findings that did stand the test of time were that the trained subjects had a significantly larger fraction of their total mitochondria located in a subsarcolemmal position and that the volume fraction of intramyocellular lipids was

Un poco más tarde, Cobb, Short, Ross, & Gunn (1971) sometieron a personas voluntarias a ejercicios progresivos con una pierna en una bicicleta estática dos horas al día durante un mes. Se realizaron biopsias musculares, se analizaron bioquímicamente, y se procesaron para una microscopía electrónica. Encontraron un incremento en la actividad de enzimas respiratorias así como también en el contenido proteico mitocondrial. Estos cambios fueron reforzados estructuralmente por un incremento del 55% en la fracción del volumen de las mitocondrias, este último fue demostrado por técnicas estereológicas clásicas.

### **Mitocondrias y $VO_2$ máx**

Este era el antecedente del estudio en 1971 cuando, como estudiante de medicina, enseñaba fisiología del ejercicio en la Federal School of Physical Education (ESSM) en Magglingen, Suiza. El director de este Instituto de Investigación era Hans Howald, que recientemente había aprendido, con Bengt Saltin en Escandinavia, a obtener biopsias musculares mediante la técnica Bergstrom (1962) con aguja.

Entre el Instituto de Investigación y el Departamento de Anatomía de la Universidad de Berna (Suiza) se creó una colaboración de investigación dirigida por Ewald R. Weibel, (financiada por la Swiss National Science Foundation) para llevar a cabo estudios estereológicos mediante microscopía electrónica del tejido muscular esquelético a partir de biopsias de sujetos entrenados y no entrenados caracterizados funcionalmente por un test  $VO_2$  máx. El estudio comprendía 18 sujetos, 6 de los cuales pertenecían al equipo suizo de orientadores que habían ganado la medalla de plata en el campeonato del mundo de orientación en 1970. El  $VO_2$  máx. variaba de 39 a 84 mlO<sub>2</sub>/min x kg y como descubrimiento principal pudimos constatar una alta correlación entre la densidad del volumen de las mitocondrias de los músculos en biopsias de vastus lateralis y el  $VO_2$  máx. de los sujetos estudiados. También pudimos constatar que las mitocondrias de los sujetos entrenados eran estructuralmente indistinguibles de las mitocondrias de los sujetos no entrenados en cuanto a la densidad de la superficie de las crestas y las fracciones de volumen de los espacios internos (volumen de la matriz y espacio intermembranos). Los descubrimientos adicionales que han resistido el paso del tiempo fueron que los sujetos entrenados tenían un fracción significativamente mayor del total de mitocondrias situadas en una posición subsarcolemica y que la fracción de volumen de los lípidos intramiocelulares era más del doble comparada con la de los sujetos no entrenados. De

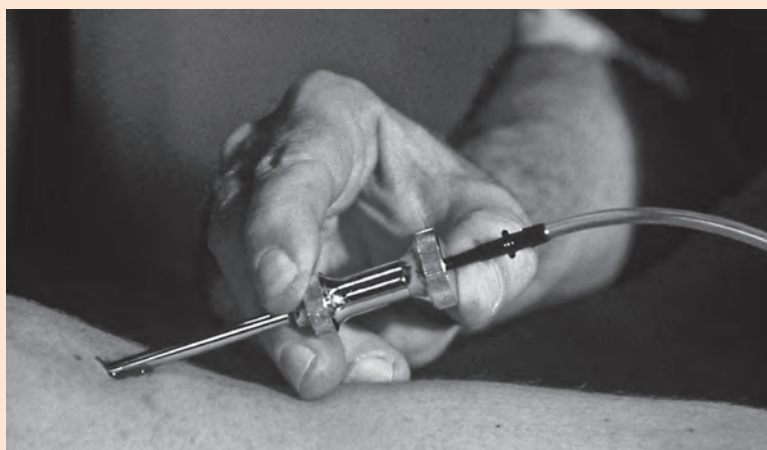


larger by more than two fold compared to untrained subjects. Overall this study led us to conclude that maximum oxygen intake was not only limited by the capacity of the cardiovascular system but also by the oxidative capacity of skeletal muscle mitochondria. This statement led to a year-long controversy about central vs. peripheral limitation (see below).

The 1973 study of  $\text{VO}_2\text{max}$  and mitochondrial volume was (and still is) highly cited with the limitation of being correlative. After finishing my medical studies and after a three years engagement as an intern at a hospital I came back to the Department of Anatomy to engage in an academic career. One ambition was to verify the correlative results of our 1973 study in an interventional study and to further explore the relationship between mitochondria and oxygen consumption at the whole animal level. We carried out a 6 weeks training study in which 8 previously untrained subjects were trained 5 times weekly with a load eliciting 85-90% of the maximal heart rate for most of the training duration. This training intervention led to a 40% increase in mitochondrial volume of vastus lateralis muscle, a 33% increase in the load that we could maximally maintain during a training session and a 14% increase in  $\text{VO}_2\text{max}$ . We could further confirm the preferential proliferation of subsarcolemmal mitochondria as well as a doubling of the intramyocellular lipid content (Hoppeler, Howald et al., 1985). Mitochondria were found to increase significantly in all

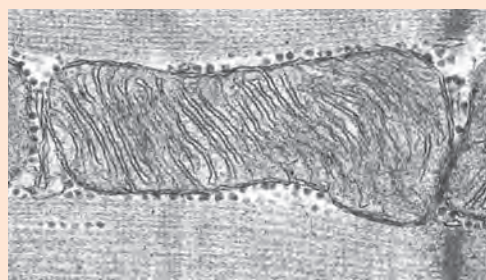
forma global, este estudio llevó a la conclusión que el volumen máximo de oxígeno no estaba limitado por la capacidad del sistema cardiovascular sino también por la capacidad oxidativa de las mitocondrias de los músculos esqueléticos. Esta afirmación provocó una controversia que duró un año sobre la limitación central vs. periférica (véase a continuación).

El estudio de 1973 del  $\text{VO}_2$  máx. y del volumen mitocondrial fue (y aún es) altamente citado con la limitación de ser correlativo. Una vez terminados mis estudios de medicina, y después de tres años como interno en un hospital, volví al Departamento de Anatomía para comenzar mi carrera académica. Una de mis ambiciones era verificar los resultados correlativos de nuestro estudio de 1973 en un estudio de intervención y explorar en profundidad la relación entre las mitocondrias y el consumo de oxígeno a nivel animal. Llevamos a cabo un estudio de entrenamiento de 6 semanas en el que 8 sujetos previamente no entrenados tuvieron que seguir un entrenamiento 5 veces por semana con una carga entre el 85-90% de la frecuencia cardíaca máxima durante la mayor parte del entrenamiento. Este entrenamiento causó un incremento de un 40% del volumen mitocondrial en los músculos vastus lateralis, un incremento del 33% de la carga máxima que podríamos soportar durante una sesión de entrenamiento y un incremento del 14% del  $\text{VO}_2$  máx. Pudimos, además confirmar la proliferación preferencial de mitocondrias subsarcolemáticas así como la duplicación de lípidos intramiocelulares (Hoppeler, Howald et al., 1985). Se comprobó que las mitocondrias incrementaban significativamente en los tres tipos de fibras, lo que sugiere una activación de todos los tipos



**Figure 2.** Original picture of Bergstrom (Bergstrom 1962) needle as used in the 1973 study (Hoppeler, Lüthi et al. 1973) with rudimentary aseptic and protective measures. Typical of that time

**Figura 2.** Fotografía original de la aguja de Bergstrom (Bergstrom 1962) utilizada en el estudio de 1973, con medidas de asepsia y de protección rudimentarios (Hoppeler et al 1973.). Típico de esa época



**Figure 3.** Micrograph of a mitochondrion in a longitudinal section of muscle tissue

**Figura 3.** Micrografía de una mitocondria en una sección longitudinal del tejido muscular

three fiber types, suggesting activation of all muscle fiber types in an exhaustive bout of endurance exercise carried out at some 20% of the maximal available sprint performance for the muscle involved (Howald, Hoppeler, Claassen, Mathieu, & Straub, 1985). These studies confirmed the massive short term plasticity of skeletal muscle tissue and pointed to the fact that local changes of oxidative capacity of muscle could be correlated to local functional changes (aerobic power output) but not immediately to global changes in  $\text{VO}_2\text{max}$  that were found to be more modest.

During this time we carried out a large comparative study with the aim to characterize the design of the respiratory system by tracing the function and the structure of the pathway of oxygen from lungs to skeletal muscle mitochondria (Taylor, Karas, Weibel, & Hoppeler, 1987). In the context of this study all structural variables relevant for oxygen transfer from air to skeletal muscle mitochondria were quantitatively assessed using adequate stereological techniques for the lungs, the heart and the skeletal muscle tissue. The basic tenet of the study was that animals would build and maintain enough (but not more) structure on each step of the respiratory cascade to support maximal oxygen flux through all compartments (symmorphosis). We therefore estimated  $\text{VO}_2\text{max}$  of a large number of mammalian species whereby  $\text{VO}_2\text{max}$  was defined as the individually reproducible upper limit of oxygen consumption beyond which additional energy for locomotion was supplied anaerobically as evidenced by lactate accumulation in the circulation. Our analysis profited from the fact that it is generally accepted that under conditions of  $\text{VO}_2\text{max}$  more than 95% of the oxygen flowing through the respiratory system would be consumed by mitochondria in active skeletal muscles and that thus, the oxygen flux through all the compartments of the respiratory system, from lungs to skeletal muscle mitochondria had to be equal. This afforded us with a tractable quantitative physiological model of the mammalian respiratory system.

In the experimental part of the study we estimated  $\text{VO}_2\text{max}$  of species as small as the European wood-mouse (body mass 16g) and as large as horses and steers (body mass 500kg). As  $\text{VO}_2\text{max}$  was shown to increase with the 0.8 power of body mass (body mass dependent or allometric variation of  $\text{VO}_2\text{max}$ ), this afforded us with a weight specific difference of  $\text{VO}_2\text{max}$

de fibras musculares en un ejercicio exhaustivo de resistencia llevado a cabo al 20 % del rendimiento máximo de *sprint* posible por el músculo involucrado (Howald, Hoppeler, Claassen, Mathieu, & Straub, 1985). Estos estudios confirmaron la gran plasticidad, a corto plazo, del tejido muscular esquelético y señalaron el hecho de que cambios locales de la capacidad oxidativa del músculo podrían estar correlacionados con cambios funcionales locales (potencia de salida aeróbica) pero no inmediatamente correlacionados con cambios globales en el  $\text{VO}_2$  máx., los cuales resultaron ser más moderados.

Durante ese tiempo realicé un gran estudio comparativo con el objetivo de caracterizar el diseño del sistema respiratorio haciendo un seguimiento de la función y la estructura del recorrido del oxígeno desde los pulmones a las mitocondrias de los músculos esqueléticos (Taylor, Karas, Weibel, & Hoppeler, 1987). En este contexto, todas las variables estructurales relevantes para la transferencia de oxígeno desde el aire a las mitocondrias de los músculos esqueléticos fueron examinadas cuantitativamente utilizando técnicas estereológicas adecuadas para los pulmones, el corazón y el tejido muscular esquelético. El principio básico del estudio era que los animales construirían y mantendrían suficientes (pero no más) estructuras en cada fase de la cascada respiratoria para soportar el máximo flujo de oxígeno a través de todos los compartimentos (sinmorfosis). Hicimos una estimación, por tanto, del  $\text{VO}_2$  máx. de un gran número de especies mamíferas en las que el  $\text{VO}_2$  máx. era definido como el límite máximo de consumo de oxígeno reproducible individualmente más allá del cual se suministraba anaeróbicamente energía adicional para la locomoción tal y como evidencia la acumulación de lactato en la circulación. Nuestro análisis sacó provecho del hecho de que generalmente se acepta que en situaciones de  $\text{VO}_2$  máx., más del 95 % del oxígeno circulante por el sistema respiratorio sería consumido por las mitocondrias en músculos esqueléticos activos y que, por tanto, el flujo de oxígeno a través de todos los compartimentos del sistema respiratorio, desde los pulmones a las mitocondrias de los músculos esqueléticos, sería el mismo. Esto nos facilitó un modelo fisiológico cuantitativo tratable del sistema respiratorio de los mamíferos.

En la parte experimental del estudio, estimamos el  $\text{VO}_2$  máx. de especies tan pequeñas como el ratón de campo europeo (masa corporal 16 g) y tan grandes como los caballos y los toros (masa corporal 500 kg). Como el  $\text{VO}_2$  máx. aumenta con la potencia 0.8 de masa corporal (masa corporal dependiente o variación alométrica del  $\text{VO}_2$  máx.), esto nos proporcionó una diferencia de peso específico del  $\text{VO}_2$  máx. de

of approximately 6-fold between the smallest and the largest species. We further explored adaptive variation of  $\text{VO}_2\text{max}$ . This is the difference in  $\text{VO}_2\text{max}$  of two species of similar body mass that exploit different lifestyles, i.e. sedentary vs. active. Adaptive variation of  $\text{VO}_2\text{max}$  can be observed between horses and cattle or between dogs and goats and can amount to 2-3 fold differences in weight specific  $\text{VO}_2\text{max}$ . Thirdly, induced variation of  $\text{VO}_2\text{max}$  is the difference in  $\text{VO}_2\text{max}$  that can be induced by exercise training in an individual of one species. This difference is comparatively small, it is generally found that individual malleability of  $\text{VO}_2\text{max}$  amounts to some 30% in a previously untrained individual.

Allometric and adaptive variation afforded us with sizeable differences in  $\text{VO}_2\text{max}$  to which we could match differences of structural variables on each level of the respiratory cascade (Weibel, Taylor, & Hoppeler, 1991). On the level of the skeletal muscle tissue we were particularly interested in mitochondria, the organelles responsible for oxygen demand, and capillaries the organelles responsible for oxygen supply. Extensive and detailed morphometric studies indicated that, as previously found in trained and untrained humans, there were no structural differences in mammalian muscle mitochondria between active and inactive nor between the largest and the smallest species. Likewise, capillaries measured the same in all species analyzed. With regard to mitochondria, this indicated that mitochondrial volume was an adequate structural descriptor of muscle tissue oxidative capacity. In order to relate whole body  $\text{VO}_2\text{max}$  to muscle mitochondrial volume, the total volume of mitochondria in the entire skeletal musculature had to be quantified. This was done by developing an adequate statistical sampling technique (Hoppeler, Lindstedt et al. 1984). The analysis of our data presented us with an unambiguous result. We found a direct proportionality of mitochondrial volume to  $\text{VO}_2\text{max}$  over more than five orders of magnitude, with a slope of 1.01 and an  $r^2$  of 0.994 (Hoppeler, 1990). This meant that not only mitochondrial structure – but also mitochondrial function at  $\text{VO}_2\text{max}$  was invariant for all mammalian species with an oxygen consumption of some  $5\text{mlO}_2/\text{ml}$  of mitochondria and minute (Hoppeler & Lindstedt, 1985). Athletic animals were found to reach their higher  $\text{VO}_2\text{max}$  by two mechanisms. In athletic animals, skeletal muscle tissue is a larger fraction of body mass. In

aproximadamente 6 unidades entre la especie más pequeña y la más grande. Exploramos en más profundidad la variación adaptable del  $\text{VO}_2\text{máx}$ . Esta es la diferencia entre el  $\text{VO}_2\text{máx}$  de dos especies de masa corporal similar con diferentes estilos de vida, por ejemplo, sedentaria vs. activa. La variación adaptable del  $\text{VO}_2\text{máx}$  se puede observar entre caballos y vacas o entre perros y cabras y puede llegar a diferencias de 2-3 unidades en el  $\text{VO}_2\text{máx}$  específico del peso. En tercer lugar, la variación inducida del  $\text{VO}_2\text{máx}$  es la diferencia en el  $\text{VO}_2\text{máx}$  que puede ser provocada por el entrenamiento físico en un individuo de una especie. Esta diferencia es comparativamente pequeña, y normalmente se constata que la modificación individual del  $\text{VO}_2\text{máx}$  es de más del 30% en un individuo previamente no entrenado.

La variación alométrica y adaptativa nos proporcionó las considerables diferencias en el  $\text{VO}_2\text{máx}$  a las cuales pudimos igualar las diferencias de las variables estructurales en cada nivel de la cascada del sistema respiratorio (Weibel, Taylor, & Hoppeler, 1991). A nivel del tejido muscular esquelético estábamos particularmente interesados en las mitocondrias, orgánulos responsables de la demanda de oxígeno, y en los capilares, orgánulos responsables del suministro de oxígeno. Extensos y detallados estudios morfométricos indicaron que, como se había comprobado previamente, en humanos entrenados o no entrenados no hubo diferencias estructurales en las mitocondrias de los músculos mamíferos de los sujetos activos e inactivos, ni entre las especies de animales de tamaño más grande o más pequeño. Del mismo modo, los capilares tenían el mismo tamaño en todas las especies analizadas. En cuanto a las mitocondrias, estos resultados indicaban que el volumen mitocondrial era un descriptor estructural adecuado de la capacidad oxidativa del tejido muscular. Con el fin de establecer una relación entre el  $\text{VO}_2\text{máx}$  corporal con el volumen mitocondrial muscular, se tuvo que cuantificar el volumen total de las mitocondrias en toda la musculatura. Esto se hizo desarrollando técnicas de pruebas estadísticas adecuadas (Hoppeler, Lindstedt et al. 1984). El análisis de nuestros datos nos dio un resultado inequívoco. Encontramos una proporcionalidad directa entre el volumen mitocondrial y el  $\text{VO}_2\text{máx}$ , con más de cinco veces de magnitud, con una pendiente de 1,01 y un  $R^2$  de 0,994 (Hoppeler, 1990). Esto significaba que no sólo la estructura mitocondrial, sino también la función mitocondrial en el  $\text{VO}_2\text{máx}$  era invariante para todas las especies de mamíferos, con un consumo de oxígeno de  $5\text{mlO}_2/\text{ml}$  por mitocondria y por minuto (Hoppeler & Lindstedt, 1985). Los animales atléticos llegaban a su máximo  $\text{VO}_2\text{máx}$  por dos mecanismos. El tejido muscular esquelético en los animales atléticos, representa una fracción mayor de la masa corporal. En





**Figure 4.**  
Measuring  $\text{VO}_2\text{max}$  in a  
professional cyclist

**Figura 4.**  
Medición del  $\text{VO}_2$  máx. de un  
ciclista profesional

sedentary animals skeletal muscle tissue usually makes up less some 30% of body mass while in athletic animals it can be close to 50%. Additionally, the volume fraction of mitochondria per volume of muscle tissue is always larger in the athletic species.

What about humans? Judging by  $\text{VO}_2\text{max}/\text{body mass}$ , humans must be considered to belong to the group of sedentary species. With  $40\text{-}50\text{mlO}_2/\text{min} \times \text{kg}$  they group with sedentary goats and cattle and not with athletic dogs and horses ( $>130\text{mlO}_2/\text{min} \times \text{kg}$ ). Plotting mitochondrial volume to  $\text{VO}_2\text{max}$  indicates a 2-fold over-abundance of mitochondria in humans (Hoppeler, 1990). On the reasonable assumption that mitochondrial oxygen consumption is similar in humans as in all other mammalian species this apparent mismatch can be explained by the fact that (bipedal) humans can reach  $\text{VO}_2\text{max}$  with a subset of their muscles (i.e. leg muscles), a feat not possible for quadrupedal animals.

### Limitations to $\text{VO}_2\text{max}$

Limitation to  $\text{VO}_2\text{max}$  has been a hotly debated issue in exercise physiology for the last 50 years. The

los animales sedentarios, el tejido muscular esquelético suele ser menos de un 30% de la masa corporal, mientras que en los animales atléticos puede llegar hasta 50%. Además, la fracción del volumen de las mitocondrias por volumen de tejido muscular es siempre mayor en las especies atléticas.

¿Y cómo funciona en los humanos? A juzgar por la proporción de  $\text{VO}_2$  máx. en la masa corporal, los humanos deberían pertenecer al grupo de las especies sedentarias. Con  $40\text{-}50\text{mlO}_2/\text{min} \times \text{kg}$  tenían que estar en el grupo de animales sedentarios como las cabras y las vacas y no con los perros y los caballos atléticos ( $> 130\text{mlO}_2/\text{min} \times \text{kg}$ ). La representación gráfica de los datos del volumen mitocondrial con el  $\text{VO}_2$  máx. mostró que en los humanos había una sobreabundancia de mitocondrias, más de 2 veces (Hoppeler, 1990). Suponiendo lógicamente, que el consumo de oxígeno mitocondrial de los humanos es similar a todas las otras especies de mamíferos, esta aparente discrepancia se puede explicar por el hecho de que los humanos (que son bípedos) pueden llegar a su  $\text{VO}_2$  máx. con un subconjunto de sus músculos (es decir, músculos de las piernas), que por los animales cuadrúpedos es imposible de lograr.

### Límites del $\text{VO}_2$ máx

En la fisiología del ejercicio, saber cuál es el límite del  $\text{VO}_2\text{máx.}$  ha sido un tema muy debatido en los últimos 50 años.

dominant opinion was oxygen delivery to the periphery by the heart was to be the only or at least the main bottleneck setting  $\text{VO}_2\text{max}$  in an individual. There were a several lines of evidence supporting a central limitation to  $\text{VO}_2\text{max}$ . In a hypothesis paper Gollnick and Saltin (1982) noted that "...the relative changes of (oxidative) enzymes in the skeletal muscle of man following endurance training greatly exceeds the elevation of  $\text{VO}_2\text{max}$  suggests that a direct cause and effect relationship does not exist between these variables." The notion that peripheral (mitochondrial) adaptations should match central (cardiac) adaptation was refuted in the training study published 1985 (Hoppeler, Howald et al., 1985). In this study we indeed found the change in mitochondrial volume density (+40%) much larger than the increase in  $\text{VO}_2\text{max}$  (+14%) but similar to the increase in power that the subjects could maintain maximally over a duration of 30min (+33%). We could thus calculate the amount of oxygen necessary to produce the extra power available to our subjects after exercise training ( $1W = 2.99\text{mlO}_2/\text{min}$ ) and taking the efficiency of bicycling into account (0.21). It was found that the absolute change in  $\text{VO}_2\text{max}$  observed in the performance test accounted for the absolute change in maintained power. This indicated that a relatively small muscle mass produces the extra power output observed and hence shows a relatively large change in oxidative capacity compared to the small relative central adaptation.

An important clue for a central limitation of  $\text{VO}_2\text{max}$  is the possibility to manipulate  $\text{VO}_2\text{max}$  by manipulating the arterial oxygen content by withdrawal or by addition of red blood cells. In fact, and not surprisingly, in anemia,  $\text{VO}_2\text{max}$  declines in direct proportion to oxygen delivery (Lindstedt, Wells, Jones, Hoppeler, & Thronson, 1988). By contrast, increasing hematocrit above normal values, also increases  $\text{VO}_2\text{max}$ , a practice cherished by professional cyclists. That increasing oxygen delivery increases  $\text{VO}_2\text{max}$  is a strong argument in favor of a central limitation. However, looking more closely, Spriet, Gledhill, Froese and Wilkes (1986) found that blood transfusion of up to 3 units of blood in highly trained runners increased  $\text{O}_2$  delivery by 30% but increased  $\text{VO}_2\text{max}$  by only 7% with oxygen extraction in the periphery falling from 90 to 75% (see Lindstedt & Conley 2001). Similar results were obtained by Turner et al. (1993) who also used re-transfusion of autologous blood in trained subjects

La opinión dominante era que la liberación de oxígeno por el corazón a la periferia tenía que ser el único o al menos el marco principal del  $\text{VO}_2$  máx. en un individuo. Había muchas evidencias que demostraban una limitación central del  $\text{VO}_2$  máx. En un ensayo, Gollnick y Saltin (1982) señaló que "... los cambios relativos de las enzimas (oxidativas) en el músculo esquelético del hombre después de un entrenamiento de resistencia son muy superiores a la subida del  $\text{VO}_2$  máx., que sugiere que no existe una relación de causa directa a efecto entre estas variables." El concepto de que las adaptaciones periféricas (mitocondriales) tenían que coincidir con la adaptación central (cardíaca) fue refutado en el estudio del entrenamiento publicado en 1985 (Hoppeler et. al 1985). De hecho, en este estudio descubrimos un cambio de la densidad del volumen mitocondrial (+40%), que era mucho mayor que el aumento del  $\text{VO}_2$  máx. (+14%), pero similar al aumento de la potencia máxima que los sujetos pudieron mantener durante más de 30 minutos (+33%). De esta manera pudimos calcular la cantidad de oxígeno necesaria para producir la potencia adicional que los sujetos tenían después de haber entrenado ( $1W = 2.99\text{mlO}_2/\text{min}$ ), teniendo en cuenta la eficiencia del ciclismo (0.21). Se descubrió que el cambio absoluto en el  $\text{VO}_2$  máx. observada en la prueba del rendimiento, era el responsable del cambio absoluto en la potencia mantenida. Esto indicó que una masa muscular relativamente pequeña produce la salida de la potencia adicional observada y por lo tanto muestra un cambio relativamente grande en la capacidad oxidativa en comparación con la relativamente pequeña adaptación central.

Una pista importante para una limitación central del  $\text{VO}_2$  máx. es la posibilidad de manipular el  $\text{VO}_2$  máx. mediante la manipulación del contenido de oxígeno arterial a través del aumento o la disminución de las células rojas. De hecho, y como es lógico, en los casos de anemia, la disminución de  $\text{VO}_2$  máx. es en proporción directa a la entrega de oxígeno (Lindstedt et. Al 1988). Por el contrario, el aumento de hematocritos por encima de los valores normales, también aumenta el  $\text{VO}_2$  máx., que es una práctica valorada por los ciclistas profesionales. El hecho de que aumentar la entrega de oxígeno aumenta el  $\text{VO}_2$  máx. es un fuerte argumento a favor de una limitación central. Sin embargo, mirando más de cerca, Spriet, Gledhill, Froese y Wilkes (1986) encontró que la transfusión de hasta 3 unidades de sangre en corredores altamente entrenados aumentó la liberación de  $\text{O}_2$  en un 30%, pero el  $\text{VO}_2$  máx. aumentó sólo en un 7% y la extracción de oxígeno en la periferia disminuyó un 90-75% (Lindstedt & Conley, 2001). Turner et al. (1993) obtuvo resultados similares, utilizando también retransfusiones de sangre autóloga en sujetos entrenados, encontró que la relación entre el suministro de oxígeno y el  $\text{VO}_2$  máx. tenía una subida significativamente

and found the relationship between oxygen delivery and  $\text{VO}_2\text{max}$  to have a slope of significantly less than unity. The results of both studies indicate that at least in exercise with a large muscle mass, oxygen delivery can exceed the oxidative capacity of mitochondria.

The situation is reported to be different when only a small muscle mass is utilized such as in the human knee extensor model proposed by Andersen and Saltin (1985). When the entire cardiac output is available for the quadriceps muscle (2-3kg), blood flow may be as high as 2.5 l/min x kg. Under condition of regular cycling (15 kg of muscle active) blood flow is estimated at only 1 l/min x kg. Likewise peak  $\text{O}_2$  is found to be some 350 ml $\text{O}_2$ /min x kg for the small muscle mass and 160 ml $\text{O}_2$ /min x kg for regular cycling (Richardson & Saltin 1998). Interestingly, these authors report that  $\text{pO}_2$  in the femoral vein increases from less than 10mmHg with the low muscle mass to over 20 mmHg with the large muscle mass, indicating again inability of the periphery to make complete use of the oxygen delivery.

Overall, the available evidence suggests that each and every step in the oxygen transfer cascade can alter  $\text{VO}_2\text{max}$  individually under certain circumstances. However, overall and looking at mammals at large, a pattern of balance emerges such that structures for supply of oxygen are closely matched to oxygen demand ultimately driven by the energetic costs of locomotion. Additionally we find that some structures can vary in proportion to oxygen demand, mitochondria, capillaries, hemoglobin concentration, and cardiac size (i.e. stroke volume) within an animal's lifetime. Other structures apparently lack structural plasticity (lungs and the trachea) and must be built with sufficient capacity to accommodate use-induced increase in oxygen demand (Lindstedt & Conley, 2001).

## Capillaries and mitochondria

Mitochondria and capillaries belong to the highly malleable structures of skeletal muscle tissue. It was Andersen (1975) who was the first to show in a longitudinal study that both capillary density as well as capillary to fiber ratio increased as an adaptation to exercise training and as a consequence of covering the increased oxygen demand. Spurred by this work we re-analyzed the biopsy material that we had col-

menor a la unidad. Los resultados de ambos estudios indican que al menos, en ejercicios en los que interviene una gran masa muscular, el suministro de oxígeno puede superar la capacidad oxidativa de la mitocondria.

La situación es distinta cuando el volumen de masa muscular es pequeño, como es el caso del extensor de la rodilla, modelo propuesto por Andersen y Saltin (1985). Cuando todo el gasto cardíaco está disponible para el músculo del cuádriceps (2-3 kg), el flujo de sangre puede llegar a ser tan alto como 2,5 l/min x kg. Bajo condiciones de un pedaleo normal (15 kg de músculo activo) el flujo de sangre se estima en sólo 1 l/min x kg. Del mismo modo el pico de  $\text{O}_2$  es de 350ml $\text{O}_2$ /min x kg para una pequeña masa muscular y de 160 ml $\text{O}_2$ /min x kg en un pedaleo normal (Richardson y Saltin, 1998). Curiosamente, estos autores señalan que con poca masa muscular el  $\text{pO}_2$  menor a 10 mmHg aumenta a más de 20 mmHg con grandes masas musculares en la vena femoral, lo que indica una vez más la incapacidad de la periferia de utilizar el oxígeno liberado.

En general, los resultados disponibles apuntan que en determinadas circunstancias, cada etapa de la cascada del transfer del oxígeno puede cambiar el  $\text{VO}_2$  máx. individual. Sin embargo, en términos generales y mirando a los mamíferos en general, aparece un modelo de equilibrio de tal manera que las estructuras para el suministro de oxígeno están muy adaptados a la demanda de oxígeno y son determinados por el coste energético de la locomoción. Además, encontramos que algunas estructuras pueden variar en proporción a la demanda de oxígeno, las mitocondrias, los capilares, la concentración de hemoglobina, y el tamaño cardíaco (es decir, el volumen sistólico) durante el ciclo de vida de un animal. Otras estructuras, aparentemente, carecen de plasticidad estructural (los pulmones y la tráquea) y tienen que construirse con suficiente capacidad para acomodar el aumento de la demanda de oxígeno provocado por el uso (Lindstedt & Conley, 2001).

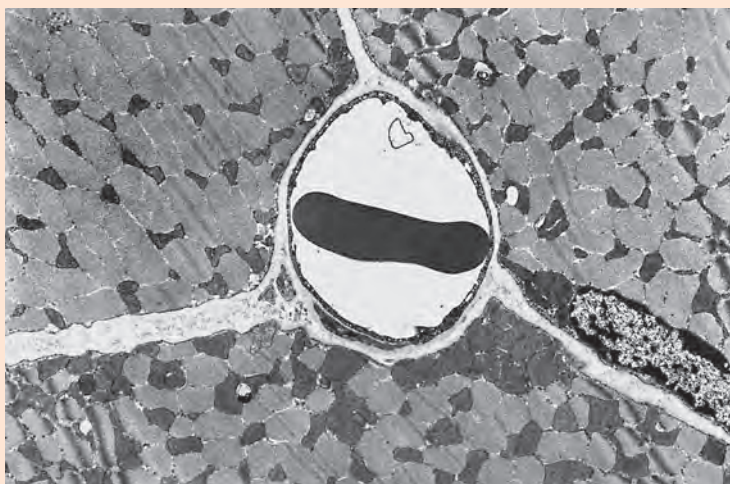
## Capilares y mitocondrias

Las mitocondrias y los capilares pertenecen a las estructuras más modificables de tejido muscular esquelético. En un estudio longitudinal (1975), Andersen fue el primero, en demostrar que tanto la densidad capilar como el ratio de fibras capilares aumentan como una adaptación al entrenamiento físico y como consecuencia de cubrir el aumento de la demanda de oxígeno. Estimulados por este estudio decidimos analizar de nuevo las biopsias que habíamos recogido para



lected for the 1973 cross-sectional study on orienteers (Hoppeler, Lüthi et al., 1973) and did a stereological analysis of the capillary supply (Zumstein, Mathieu, Howald, & Hoppeler, 1983). Surprisingly we did not find the capillary density (number of capillaries / fiber cross-sectional area) in orienteers to be higher than in untrained men or women. However, we found a significant relationship between  $\text{VO}_2\text{max}$  and the CF ratio (number of capillaries / number of fibers). This ambiguous finding led us to an analysis of the stereological problems associated with estimating capillarity in muscle tissue (Mathieu, Cruz-Orive, Hoppeler, & Weibel, 1983). Stereology is a set of mathematical tools that allow for calculating structural parameters in 3 dimensions such as volumes, surfaces and lengths from their 2 dimensional representations on tissue sections. Stereological parameters have the beauty that they can be derived from first principles, something pretty unique in the biological sciences. The drawback of obtaining stereological (or morphometric) estimates in skeletal muscle tissue is related to the highly anisotropic nature of muscle. In muscle tissue *in vivo*, skeletal muscle fibers can be viewed as (infinitely) long, straight and parallel tubes with the capillaries wiggling along in the space between these tubes. However, this situation gets messy when muscle biopsies are analyzed: muscle fibers contract due to the release of calcium from the sarcoplasmic reticulum; muscle fiber orientation is (partially) lost in the process of biopsy; and tissue shrinkage occurs through tissue fixation. This means that a number of desired parameters cannot be assessed accurately (i.e. in an unbiased fashion) in biopsies of human muscle tissue.

el estudio transversal de los deportistas del equipo suizo de orientación de 1973 (Hoppeler, Lüthi et al., 1973), e hicimos un análisis estereológico del suministro capilar (Zumstein, Mathieu, Howald, & Hoppeler, 1983). Sorprendentemente, la densidad capilar (número de capilares/sección transversal de fibras) en los deportistas del equipo de orientación no era mayor a la densidad en hombres o mujeres no entrenados. Sin embargo, encontramos una relación significativa entre el  $\text{VO}_2$  máx. y la relación CF (cantidad de capilares/cantidad de fibras). Este descubrimiento ambiguo nos llevó a un análisis de los problemas estereológicos asociados en la evaluación de la capilaridad en el tejido muscular (Mathieu, Cruz-Orive, Hoppeler, & Weibel, 1983). La estereología es un conjunto de herramientas matemáticas que permiten calcular los parámetros estructurales en 3 dimensiones, tales como volúmenes, superficies y longitudes desde sus representaciones en 2 dimensiones en secciones del tejido. Lo bueno de los parámetros estereológicos, es que se pueden derivar de los principios básicos, algo extraordinario en las ciencias biológicas. El inconveniente de obtener estimaciones estereológicas (o morfométricas) en el tejido muscular esquelético tiene que ver con la naturaleza altamente anisotrópica del músculo. En el tejido muscular *in vivo*, las fibras musculares esqueléticas aparecen como tubos (infinitamente) largos, rectos y paralelos, con los capilares moviéndose en el espacio entre estos tubos. Sin embargo, esta situación se complica cuando se analizan biopsias musculares: las fibras musculares se contraen debido a la liberación de calcio desde el retículo sarcoplásmico; la orientación de la fibra muscular se pierde (parcialmente) en el proceso de la biopsia, y se produce una contracción del tejido durante la fijación del tejido. Esto significa, que en las biopsias del tejido muscular humano los parámetros deseados no se pueden evaluar con precisión (es decir, de una manera no sesgada).



**Figure 5**

Micrograph of a muscle cross section including a capillary with an erythrocyte

**Figura 5**

Micrografía de una sección transversal del músculo incluyendo un capilar con un eritrocito

*Arguably the most relevant parameter characterizing capillarity is capillary length. Given a relatively uniform capillary diameter, capillary length allows for calculation of capillary surface and capillary volume. With these variables some of the crucial boundary conditions for capillary exchange of oxygen and substrates can be calculated and implemented in physiological models. Capillary surface represents the available exchange interface between the capillary bed and the muscle fibers, while capillary volume with muscle blood flow determines the transit time available for capillary exchange under limiting conditions of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (Kayar et al., 1992).*

*Assuming capillaries to be straight and parallel to muscle fibers, capillary length could easily and efficiently be calculated from muscle cross-sections. The capillary length per unit volume of muscle tissue ( $J_v(c, f)$ ; units:  $\text{mm}/\text{mm}^3$ ) would then simply be equal to the capillary number per unit muscle cross-sectional area ( $N_A(c, f)$ ; units:  $\text{mm}^{-2}$  or  $\text{mm}/\text{mm}^3$ ). Calculating the total capillary length for an adult male human being with 30kg muscle mass we obtain the amazing value of some 15'000 km. However, as muscle capillaries are not straight tubes, but wiggling and interconnecting to some degree, this number has to be multiplied by a dimensionless factor of approx. 1.3 for human muscle biopsies. It is possible to obtain stereologically valid estimates of capillary length even in a partially anisotropic material as obtained when sampling muscle tissue with a biopsy needle. For this purpose one would need to take so-called IUR (independent uniform random) sections from muscle tissue blocks and use the basic stereological formula for estimating the length density of isotropic (un-oriented) structures. We have done this in a study aiming at estimating substrate fluxes in athletic and nonathletic species (Vock, Weibel et al., 1996). However, the IUR method is laborious and technically challenging and thus rarely used. It may also be noted in this context, that all classical estimates of muscle fiber cross-sectional area as reported in virtually all papers are biased towards too large cross-sectional areas. This because any section taken not perfectly perpendicular to the muscle fiber axis, will overestimate the fiber cross-sectional area.*

*Even using less than perfect stereological tools it is beyond doubt that endurance exercise training increases capillarity. However, the general consensus is*

Se podría decir que el parámetro más relevante que caracteriza la capilaridad es la longitud capilar. Como el diámetro capilar es relativamente uniforme, la longitud capilar permite el cálculo de la superficie capilar y de su volumen. Con el uso de estas variables, se pueden calcular y aplicar en modelos fisiológicos, algunas de las condiciones cruciales establecidas para el intercambio capilar del oxígeno y de los sustratos. La superficie capilar representa la interfaz de intercambio disponible entre las fibras musculares y el lecho capilar, mientras que el volumen capilar con el flujo sanguíneo muscular determina el tiempo de tránsito disponible para el intercambio capilar bajo las condiciones límite del  $\text{VO}_2$  máx. (Kayar et al., 1992).

Suponiendo que los capilares son rectos y paralelos a las fibras musculares, la longitud capilar se puede calcular fácilmente y de manera eficiente a partir de unas secciones transversales del músculo. La longitud capilar por unidad de volumen de tejido muscular ( $J_v(C, F)$ ; unidades:  $\text{mm}/\text{mm}^3$ ) sería entonces, simplemente igual al número de capilares por unidad de área de la sección transversal del músculo ( $N_A(c, f)$ ; unidades:  $\text{mm}^{-2}$  o  $\text{mm}/\text{mm}^3$ ). Así, el cálculo total de la longitud de los capilares de un varón de unos 30 kilos de masa muscular, nos da un valor impresionante de unos 15.000 km. Sin embargo, como los capilares musculares no son tubos rectos, pero se mueven y entre-comunican en un cierto grado, este número debe multiplicarse por un factor adimensional de aprox. 1.3 por las biopsias musculares humanas. Es posible obtener estimaciones estereológicamente válidas de la longitud capilar, incluso en un material parcialmente anisotrópico tal como se procede en la toma de muestras de tejido muscular con una aguja de biopsia. Para ello habría que tomar una muestra de una sección IUR (independiente uniforme y al azar) de bloques de tejido muscular y aplicar la fórmula estereológica básica para calcular la longitud de la densidad de las estructuras isotrópicas (no orientadas). Lo hicimos en un estudio con el objetivo de estimar los flujos de sustrato en las especies atléticas y no-atléticas (Vock, Weibel et al., 1996). Sin embargo, el método IUR es laborioso y técnicamente difícil y por lo tanto se utiliza poco. En este contexto, se puede observar, también, que todas las estimaciones clásicas de la sección transversal de fibras musculares, descritas en prácticamente todos los estudios, están sesgadas hacia áreas de sección transversal demasiado grandes. Esto se debe a que, si una sección no es tomada perfectamente perpendicular al eje de la fibra muscular, los cálculos de la sección transversal de las fibras se sobrevaloran.

Utilizando herramientas estereológicas no tan perfectas no cabe duda alguna que el entrenamiento de resistencia aumenta la capilaridad. Sin embargo, todos están de acuerdo que el aumento de la densidad capilar es menor que el

that the increase in capillary density is smaller than the increase in mitochondrial volume (Saltin & Gollnick, 1983). In comparative studies the reason for the smaller increase in capillaries, (characterizing oxygen supply) as compared to mitochondria (characterizing oxygen demand) could well be established (Conley, Kayar, & Rosler, 1987). While on the level of mitochondria, oxygen demand can be characterized completely with the structural variable "mitochondrial volume" such is not the case for capillaries. We could show that in athletic and sedentary animals of the same body mass (such as horses vs. steers or dogs vs. goats) a 2.5-fold difference in oxygen demand of the athletic species was met equally by a larger capillary supply and a larger hematocrit. It is not established completely which factors contribute in humans to match oxygen supply to oxygen demand with endurance training.

### Substrate supply und oxygen flux

It is a well-established that human endurance exercise training not only increases  $\text{VO}_2\text{max}$  but also increases the relative and the absolute amount of lipids oxidized during exercise. On the structural level this is reflected by the larger volume of intracellular lipids in trained endurance athletes (Hoppeler, Lüthi et al., 1973) and their increase with endurance training in interventional studies (Hoppeler, Howald et al., 1985). Intracellular lipids always occur as lipid droplets in contact with mitochondria (Vock, Hoppeler et al., 1996), it could thus be argued that the contact area between the lipid droplet and the mitochondrion could be one of the relevant parameter responsible for substrate selection in exercising muscle.

As discussed in some detail above, it is generally accepted that it is ultimately oxygen flux through the respiratory system and oxygen metabolism on the level of the mitochondria that determine  $\text{VO}_2\text{max}$  of an individual. However, this is not an immediately obvious fact, as limitation could in principle just as well result from substrate limitation instead of oxygen limitation. We have carefully explored the possibility of substrate limitation in aerobic work using a comparative setting and comparing athletic dogs to sedentary goats (Taylor, Weibel et al., 1996). The species we analyzed differed by more than 2-fold in  $\text{VO}_2\text{max}$ . Maximum fat

aumento del volumen mitocondrial (Saltin & Gollnick, 1983). El aumento menor de capilares (que caracterizan el suministro del oxígeno) en comparación con las mitocondrias (que caracterizan la demanda de oxígeno) ha sido bien establecido en estudios comparativos (Conley, Kayar, & Rosler, 1987). Mientras que a nivel de las mitocondrias, la demanda de oxígeno se puede caracterizar completamente con la variable estructural "volumen mitocondrial", este no es el caso de los capilares. Hemos podido demostrar que en los animales atléticos y sedentarios de la misma masa corporal (como los caballos *versus* novillos o perros *versus* cabras) había una diferencia de 2,5 veces en la demanda de oxígeno en las especies atléticas se manifestaba con más capilares y hematocritos más elevados. En el caso de los humanos, no se han establecido totalmente cuales son los factores que contribuyen para que coincida el suministro de oxígeno a la demanda de oxígeno, con el entrenamiento de resistencia.

### Suministro de substrato y flujo de oxígeno

Sabemos que el entrenamiento de resistencia humano no sólo aumenta el  $\text{VO}_2\text{máx.}$ , sino que también aumenta la cantidad relativa y absoluta de los lípidos oxidados durante el ejercicio. En el plano estructural, esto se manifiesta con un volumen más grande de los lípidos intracelulares presentes en los atletas de resistencia entrenados (Hoppeler, Lüthi et al., 1973) y un incremento con el entrenamiento de resistencia (estudios de intervención de Hoppeler, Howald et al. 1985). Los lípidos intracelulares siempre se observan en forma de gotitas de lípidos en contacto con las mitocondrias (Vock, Hoppeler et al., 1996). Por lo tanto, se podría concluir que el área de contacto entre las gotas de lípidos y la mitocondria podría ser uno de los parámetros relevantes en la selección de los sustratos en un músculo en ejercicio.

Como se ha comentado anteriormente, en general, se considera que en última instancia, el flujo del oxígeno a través del sistema respiratorio y el metabolismo del oxígeno a nivel de las mitocondrias son los que determinan el  $\text{VO}_2\text{máx.}$  de una persona. Sin embargo, esto no es un hecho evidente de inmediato, porque la limitación podría, en principio, ser el resultado de la limitación del sustrato en lugar de la limitación del oxígeno. Hemos estudiado con atención la posibilidad de limitación de los sustratos en el trabajo aeróbico utilizando la comparación de los perros atléticos con las cabras sedentarias (Taylor, Weibel et al., 1996). Se encontró una diferencia superior a 2 veces en el  $\text{VO}_2\text{máx.}$  en las especies analizadas. La máxima oxidación de grasa se produjo en ambas especies a un 40% del  $\text{VO}_2\text{máx.}$



oxidation occurred in both species at 40% of  $\text{VO}_2\text{max}$  with most of the energy supplied by fat oxidation at low intensities. With exercise intensity increasing above 40%, carbohydrate oxidation supplied the additional energy, reaching maximal oxidation rates when the aerobic capacity was reached (Roberts, Weber, Hoppeler, Weibel, & Taylor, 1996). This fuel recruitment pattern seems to be general in mammals and applies to humans as well; Brooks and Mercier (1994) have used the term “crossover” concept to describe this concept of substrate utilization with increasing exercise intensity.

In a more detailed analysis and using adequate tracer techniques, we could establish that carbohydrate and lipid utilization from vascular sources is limited and reached at low exercise intensities (<40% of  $\text{VO}_2\text{max}$ ; Weber, Roberts, Vock, Weibel, & Taylor, 1996; Weber, Brichon et al., 1996). This shortfall of fuel supply at higher exercise intensities is compensated for by an increased use of both intracellularly stored carbohydrates (glycogen) and lipids. These results are in good agreement with data on humans obtained using stable isotope techniques (Romijn et al., 1993). Together these data indicate that indeed transport and utilization of oxygen is the critical part in setting  $\text{VO}_2\text{max}$  as the substrates, carbohydrates and lipids, are already in the muscle cell in immediate vicinity of the mitochondria. Vascular supply of substrates is not possible at any but the lowest exercise intensities. This also means that medium to high intensity exercise always exhausts intracellular substrate stores that then need replenishing during hours of rest.

Triggered by our comparative studies on the conditions for substrate utilization in athletic and sedentary species we got interested in the malleability of substrate utilization in human athletes (Vogt et al., 2003). We studied 11 duathletes that we subjected in a prospective random crossover design to 4 weeks of a high fat diet (53% of calories from fat) and 4 weeks of a low fat diet (<20% of calories from fat) separated by a washout period of 2 weeks.  $\text{VO}_2\text{max}$  in an incremental exercise test and the half-marathon running time remained unchanged with both dietary periods. Likewise, mitochondrial and glycogen content of vastus lateralis remained unchanged. By contrast, the intramyocellular lipid content more than doubled and the respiratory exchange ratio dropped significantly

con la mayor parte de la energía suministrada por la oxidación de grasa con un entrenamiento a bajas intensidades. Con el aumento de la intensidad del entrenamiento por encima del 40%, la energía adicional provenía de la oxidación de los carbohidratos alcanzando niveles de oxidación máximos cuando se alcanzó la capacidad aeróbica (Roberts, Weber, Hoppeler, Weibel, & Taylor, 1996). Este patrón de reclutamiento de combustible parece ser general en los mamíferos y se aplica del mismo modo a los humanos; Brooks y Mercier (1994) han utilizado el término concepto de “intercambio” para describir este concepto de la utilización de sustratos con el aumento de la intensidad del ejercicio.

En un análisis más detallado usando técnicas adecuadas con indicios de localización, pudimos establecer que la utilización de hidratos de carbono y lípidos que proviene de fuentes vasculares es limitada y alcanza su máximo con ejercicio a bajas intensidades (<40% del  $\text{VO}_2$  máx.; Weber, Roberts, Vock, Weibel, & Taylor, 1996; Weber, Brichon et al., 1996). Este déficit de reservas de combustible durante un entrenamiento de alta intensidad se compensa por un aumento en el uso de hidratos de carbono (glucógeno) y lípidos, almacenados intracelularmente. Estos resultados corresponden a los datos obtenidos en humanos utilizando técnicas de isótopos estables (Romijn et al., 1993). Todos estos datos indican que, efectivamente, el transporte y la utilización del oxígeno es la parte fundamental en la determinación del  $\text{VO}_2$  máx. y los sustratos, ya que los hidratos de carbono y lípidos están en las células musculares, en las inmediaciones de las mitocondrias. El suministro vascular de sustratos es posible solo durante el entrenamiento a bajas intensidades. Esto también significa que el entrenamiento de media o de alta intensidad siempre agotaría las reservas intracelulares de sustratos que a continuación necesitarían recargarse durante las horas de descanso.

Nuestros estudios comparativos sobre las condiciones para la utilización de sustratos en las especies atléticas y sedentarias provocaron nuestro interés en la modificación de la utilización de sustratos en atletas humanos (Vogt et al., 2003). Se estudiaron 11 duatletas que fueron sometidos durante 4 semanas de manera aleatoria a una dieta alta en grasas (53 % de calorías de grasa) y 4 semanas a una dieta baja en grasa (<20 % de calorías de grasa) separadas por un período de 2 semanas neutras de limpieza. La  $\text{VO}_2$  máx. en un ejercicio de intensidad progresiva y el tiempo de la carrera en el test de media maratón con ambos períodos dietéticos se mantuvieron sin cambios. Del mismo modo, el contenido mitocondrial y el glucógeno del músculo vasto lateral se mantuvo sin cambios. Por el contrario, el contenido de lípidos intramiocelulares aumentó más del doble y el cociente del intercambio respiratorio se redujo de manera significativa lo que indicó un mayor uso

indicating increased use of fat as substrates after the high-fat diet period. The increase in fat oxidation at rest was 35% while at 75% of  $\text{VO}_2\text{max}$  the increase of fat oxidation was still larger than 15%. This study showed that substrate selection of exercising muscle was also quite malleable and responded promptly to changes in dietary substrate composition.

## Myofibrils and strength

Repeated low-load / high-repetitive “endurance” exercise leads to an increase in  $\text{VO}_2\text{max}$ , central adaptations such as an increased cardiac stroke volume and in the periphery to more mitochondria and capillaries in trained muscles. By contrast, high-load / low repetitive “resistance” training leads to a gain in muscle strength and muscle mass, but induces only minimal changes to the central systems responsible for oxygen supply. In order to characterize the structural specificity of strength training we carried a 6 week exercise training study on previously untrained subjects, using a comprehensive whole body training program (Lüthi et al., 1986). Strength of the knee extensor muscles increased by some 17% mostly during the first 3 weeks of the training intervention when the gain in muscle cross-sectional area (estimated by computed tomography) was minimal presumably due to neuronal adaptations. We saw a significant gain of 9% of quadriceps cross-sectional area mainly in the second part of the training period. Muscle biopsies indicated a relative decrease of mitochondrial volume density with an unchanged volume density of myofibrils. Calculating absolute myofibrillar and mitochondrial volumes indicated that the absolute volume of mitochondria remained unchanged while the absolute volume of myofibrils increased, accounting quantitatively for the gain in muscle volume (Hoppeler, 1986). Our results are broadly compatible with similar studies looking at strength training induced changes in human skeletal muscle tissue (see Abernethy, Jürimäe, Logan, Taylor, & Thayer, 1994; Folland & Williams 2007).

## Mechanisms of muscle plasticity

The important aspect of all morphometric studies on muscle tissue adaptations with different training

de la grasa como sustratos después del período de la dieta alta en grasas. El aumento en la oxidación de grasas en reposo fue de 35 %, mientras que el 75 % del  $\text{VO}_2$  máx. el aumento de la oxidación de grasas era todavía mayor al 15 %. Este estudio mostró que la selección de sustratos del músculo en ejercicio también era bastante modificable y respondía rápidamente a cambios en la composición de sustratos de la dieta.

## Las miofibrillas y la fuerza

Un entrenamiento repetido de “alta resistencia” con cargas bajas/muchas repeticiones: conduce a un aumento del  $\text{VO}_2$  máx., a adaptaciones centrales como un aumento del volumen sistólico y en la periferia, un aumento de las mitocondrias y de los capilares en los músculos entrenados. Por el contrario, un entreno de “resistencia” con cargas altas/pocas repeticiones conduce a un aumento de la fuerza muscular y de la masa muscular, pero provoca mínimos cambios en los sistemas centrales responsables del suministro de oxígeno. Con el objetivo de describir la especificidad estructural del entrenamiento de fuerza se hizo un estudio de entrenamiento de 6 semanas, sometiendo personas previamente no entrenadas, a un programa de entrenamiento completo de todo el cuerpo (Lüthi et al., 1986). La fuerza de los músculos extensores de la rodilla aumentó un 17 % sobre todo durante las primeras 3 semanas del entrenamiento, en cuanto al aumento de la sección transversal muscular (estimada por tomografía computarizada) este fue mínimo, presuntamente debido a las adaptaciones neuronales. Se observó un aumento significativo del 9 % en la sección transversal del músculo cuádriceps sobre todo en la segunda parte del período de entrenamiento. Las biopsias musculares indicaron una disminución relativa de la densidad del volumen mitocondrial y sin cambios en la densidad del volumen de las miofibrillas. El cálculo absoluto de los volúmenes miofibrillares y mitocondriales indicó, que el volumen absoluto de las mitocondrias se mantuvo sin cambios, mientras que el volumen absoluto de las miofibrillas se incrementó, lo que representa cuantitativamente el aumento del volumen muscular (Hoppeler 1986). Nuestros resultados son ampliamente compatibles con estudios similares, por lo que el entrenamiento de fuerza provoca cambios en el tejido muscular esquelético humano (Abernethy, Jürimäe, Logan, Taylor, & Thayer 1994; Folland & Williams 2007).

## Los mecanismos de la plasticidad muscular

El aspecto importante de todos los estudios morfométricos sobre las adaptaciones del tejido muscular con diferentes

*protocols resides in the clear message that training interventions lead to highly specific changes in muscle tissue composition. Endurance exercise training leads to an increase in structures involved in oxygen supply (capillaries) and oxygen demand (mitochondria). Additionally we generally see at least a tendency for a shift towards the slower muscle fiber types increasing muscle economy (Fitts & Widrick, 1996). Endurance training has no major effect on muscle volume, however muscle tissue composition is changed qualitatively on a timescale of weeks. As reported above, a 40% gain in mitochondrial volume can be observed in untrained subjects that take up a strenuous training schedule for 6 weeks. A 40% increase in mitochondria represents a prodigious synthetic feat for muscle tissue. As mitochondria consist of over 1000 different proteins both coded in the nucleus and in the mitochondrial genome this requires a massive coordinated regulation of the machinery involved in muscle maintenance. Likewise, we can ask the question as to how 10% myofibrillar growth can happen in muscle fibers as a consequence of a strength training intervention again of only 6 weeks duration. However, it was firmly established that functional performance changes after training interventions were quantitatively related to structural changes of the muscle tissue. Up and until about 1990, exercise physiology used essentially descriptive methods to map training induced phenotypic plasticity of skeletal muscle tissue. There were no tools available which allowed for exploring the link between the functional variables of the training intervention (duration, frequency, intensity of exercise) and the structural modifications explaining the functional improvements observed.*

*Molecular biology eventually provided the intellectual framework as well as the techniques that allowed for mechanistic analyses of training interventions. A whole array of tools became available that could analyze the flow of information (in the form of RNA) from the genetic material (DNA) in the nucleus to the machinery that produced the relevant structural proteins for mitochondria or myofibrils in muscle cells. It became necessary for exercise physiologists at that time to team-up with molecular biologists and to seek the links between the repeated stress of exercise sessions and the performance and structure changes observed as a consequence of these. Embracing molecular*

protocolos de entrenamiento reside en el mensaje claro que las intervenciones en el entrenamiento conducen a cambios muy específicos en la composición del tejido muscular. El entrenamiento de resistencia conduce a un aumento en las estructuras implicadas en el suministro de oxígeno (los capilares) y a la demanda de oxígeno (las mitocondrias). Además, se observa por lo menos, una tendencia de utilización de las fibras musculares lentas que aumentan la economía del gasto muscular (Fitts & Widrick, 1996). El entrenamiento de resistencia no tiene un efecto importante sobre el volumen muscular, sin embargo la composición del tejido muscular cambia de manera cualitativa en solo pocas semanas. Como se ha explicado anteriormente, se puede observar un aumento de 40% del volumen mitocondrial en sujetos no entrenados que sometidos a un programa de entrenamiento intensivo de 6 semanas. Un aumento del 40% de las mitocondrias representa una hazaña prodigiosa de síntesis del tejido muscular. Como las mitocondrias contienen más de 1000 proteínas diferentes tanto codificadas en el núcleo como en el genoma mitocondrial, esto requiere una masiva regulación coordinada de la maquinaria implicada en el mantenimiento del músculo. También nos podemos preguntar cómo un crecimiento miofibrilar de 10% puede suceder en las fibras musculares como consecuencia de un entrenamiento de fuerza en sólo 6 semanas de duración. Sin embargo, se ha establecido firmemente que los cambios de rendimiento funcional después de los periodos de entrenamiento fueron cuantitativamente relacionados con los cambios estructurales del tejido muscular. Hasta alrededor de 1990, la fisiología del ejercicio utilizaba métodos esencialmente descriptivos para explicar que el entrenamiento provocaba la plasticidad fenotípica del tejido muscular. No había herramientas disponibles para poder estudiar la relación entre las variables funcionales del entrenamiento (duración, frecuencia, intensidad del ejercicio) y las modificaciones estructurales para explicar las mejoras funcionales observadas.

Con el avance del tiempo, la biología molecular proporcionó el marco intelectual y también las técnicas, que permitieron los análisis mecanicistas del entrenamiento. Toda una gama de herramientas estaba disponible para analizar el flujo de información (en forma de RNA) a partir del material genético (DNA) en el núcleo de la maquinaria que produce las proteínas estructurales relevantes para las mitocondrias o miofibrillas en las células musculares. En esa época, los fisiólogos del ejercicio tenían que unirse y colaborar con los biólogos moleculares y buscar las conexiones entre el estrés repetido de las sesiones de entrenamiento con el rendimiento y los cambios estructurales observados como consecuencia. Aceptando la biología molecular como herramienta para comprender la relación

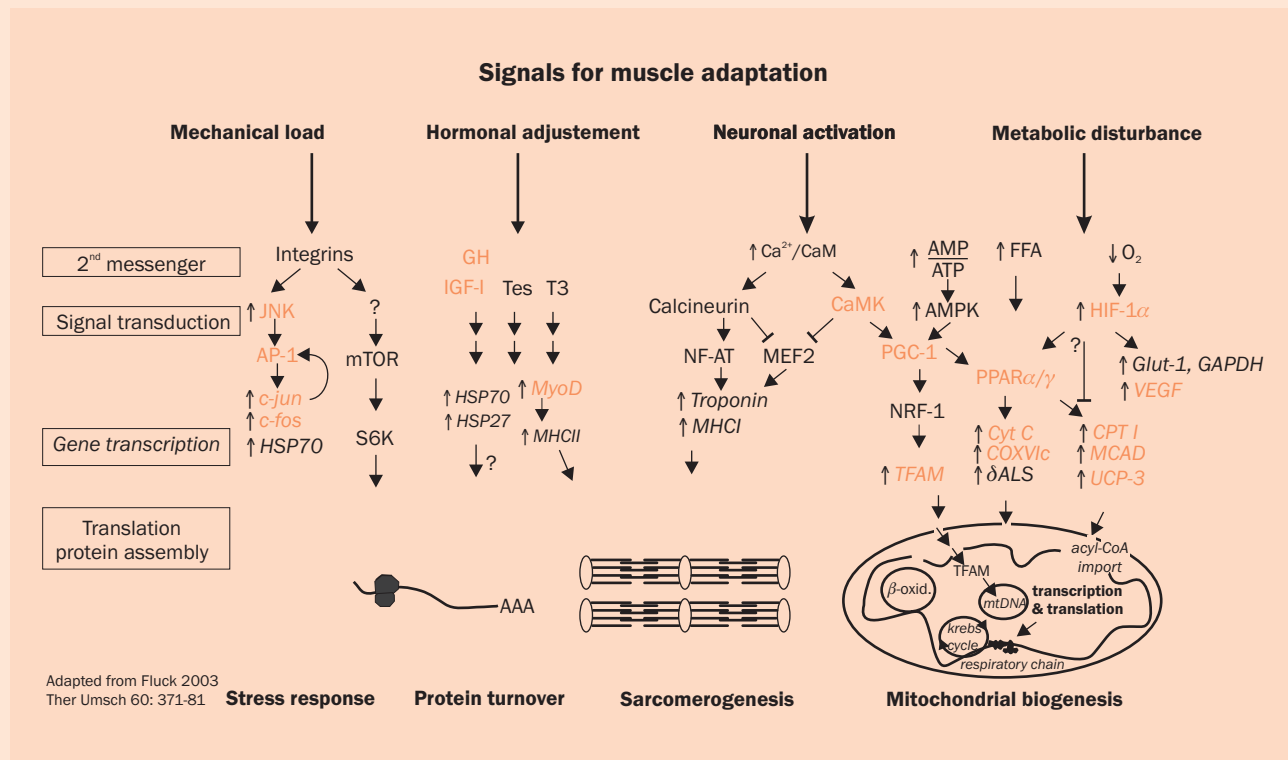


biology as the tool to understand the link between exercise training and phenotypic adaptation of muscle tissue led to an explosion of knowledge on the basic response mechanisms of a living system to external stress. The ready availability of muscle tissue through biopsy samples as well as its well defined malleability made skeletal muscle tissue an ideal model to study gene expression in humans under defined experimental conditions.

We have identified 4 major stressors that muscle is subjected to whenever we choose to train (Hoppeler & Flück, 2003). These primary stressors are mechanical load, metabolic disturbance, hormonal adjustments and neuronal activation; the latter leading to  $Ca^{++}$  shifts in activated muscle fibers. For resistance exercise training, the stress is dominantly mechanical, with the metabolic disturbances being small and of short duration. Likewise the hormonal and neuronal response to resistance training is completely different from that to endurance training. Endurance training involves low but long-term repeated mechanical stress. The metabolic disturbance in term of high lactate levels, low muscle pH and a massive energetic imbalance (i.e. increased

entre la práctica del ejercicio físico y la adaptación fenotípica del tejido muscular provocó una explosión de conocimientos sobre los mecanismos básicos de respuesta de un sistema vivo al estrés externo. La disponibilidad del tejido muscular a través de muestras de biopsia, así como su adaptabilidad bien definida hizo del tejido muscular esquelético un modelo ideal para estudiar la expresión génica humana en condiciones experimentales definidas.

Identificamos 4 estímulos principales a los cuales el músculo está sometido cada vez que entrenamos (Hoppeler & Flück, 2003). Estos estresores principales del músculo, son la carga mecánica, la alteración metabólica, los ajustes hormonales y la activación neuronal; este último provoca que el  $Ca^{++}$  cambie en las fibras musculares activadas. En el entrenamiento de resistencia, el estrés es predominantemente mecánico, con alteraciones metabólicas pequeñas y de corta duración. Del mismo modo, la reacción hormonal y neuronal al entrenamiento de resistencia es completamente diferente al entrenamiento de "alta resistencia". El entrenamiento de alta resistencia consiste en un repetido estrés mecánico de baja carga pero de larga duración. La alteración metabólica en términos de niveles altos de lactato, pH bajo del músculo y un desequilibrio energético masivo (es decir, niveles de AMP elevados) persiste durante largos periodos de tiempo.



**Figure 6.** Primary muscle stressors (from Flück 2003)

**Figura 6.** Estímulos (estresores) musculares primarios (de Flück 2003)

AMP levels) persist over long time periods. These different stress patterns can be detected by the muscle fibers and are the reason for the distinct phenotypic plasticity we have described for these training modalities (see Hoppeler, Baum, Lurman, & Mueller, 2011 for details).

*Endurance type exercise results in immediate and protracted signaling in skeletal muscles. Muscle fibers have a complex signaling network with multiple entry points. Signaling results essentially in a coordinated transcriptional up-regulation of a multitude of genes involved in the endurance response. This coordinated transcriptional up-regulation of structure genes leads to accretion of specific muscle proteins and enables muscle to perform better under endurance conditions. Exercise associated  $Ca^{2+}$  signaling as well as an altered skeletal muscle energy status, sensed by the AMPK (adenosine-5'-monophosphate-activated protein kinase) system seem to be the major input determinants for the signaling network. ROS/redox signaling as well as hypoxia sensing can modify and fine tune the muscle endurance response according to environmental cues and exercise intensities. The signaling process is further sensitive to substrate availability, whereby fatty acids use the PPAR system whereas muscle glycogen content can modulate AMPK signaling directly. Exercise related increases in circulating epinephrine levels seem to be important for the induction of angiogenesis. All regulatory pathways seem to converge on the transcriptional co-activator PGC-1 $\alpha$  which binds and activates multiple transcription factors and nuclear receptors. PGC-1 $\alpha$  helps chromatin remodeling thus facilitating transcription. PGC-1 $\alpha$  further interacts with the splicing machinery coordinating transcriptional as well as post-transcriptional processes. PGC-1 $\alpha$  can be seen as the major integrator of the transcriptional response of muscle tissue in response to endurance activity.*

*While phenotypic changes induced by endurance exercise training are mainly transcriptionally mediated, strength training mainly affects translation. The major integrator of multiple cascades used in strength training related signaling is mTOR (mammalian target of rapamycin). We can distinguish three major activators of mTOR. Growth factors such as insulin and growth hormone act through the IGF-R (insulin receptor) – Akt*

Estos diferentes patrones de estrés pueden ser detectados por las fibras musculares y son la razón de la plasticidad fenotípica distinta que hemos descrito para estas modalidades de entrenamiento (ver Hoppeler, Baum, Lurman, & Mueller, 2011 para más detalles).

El entrenamiento de alta resistencia resulta en la señalización inmediata y prolongada en los músculos esqueléticos. Las fibras musculares tienen una red de señalización compleja con múltiples puntos de entrada. La señalización resulta principalmente en una suprarregulación transcripcional coordinada con una multitud de genes implicados en la respuesta a este tipo de entrenamiento. Esta regulación coordinada transcripcional de los genes estructurales conduce a la acumulación de proteínas musculares específicas y permite un mejor rendimiento del músculo cuando es sometido a condiciones de alta resistencia. La señalización de  $Ca^{2+}$ , asociada al ejercicio, así como el cambio del estado de energía del músculo, detectado por el sistema de la AMPK (adenosine-5'-protein monophosphate-activated kinase) parecen ser los principales determinantes de la red de señalización. La señalización ROS/redox y la detección de hipoxia pueden modificar y ajustar la respuesta del músculo a la resistencia en función de las señales ambientales y la intensidad del ejercicio. El proceso de señalización es además sensible a la disponibilidad del sustrato, por medio del cual, los ácidos grasos utilizan el sistema PPAR, mientras que el contenido de glucógeno muscular puede modular la señalización de AMPK directamente. El aumento de los niveles de adrenalina circulante relacionados con el ejercicio parecen ser importantes para la inducción de la angiogénesis. Todas las vías de regulación parecen converger hacia el co-activador transcripcional PGC-1 $\alpha$  que se une y activa distintos factores de transcripción y receptores nucleares. PGC-1 $\alpha$  ayuda la remodelación de la cromatina facilitando de este modo la transcripción. PGC-1 $\alpha$  interactúa además con los mecanismos de *splicing* coordinando los procesos de transcripción, así como los de post-transcripción. Podemos considerar el PGC-1 $\alpha$  como el principal integrador de la reacción transcripcional del tejido muscular, en respuesta a una actividad de resistencia. Mientras que los cambios fenotípicos provocados por el entrenamiento de resistencia, son principalmente mediados con la transcripción, el entrenamiento de fuerza afecta principalmente a la transformación. El principal integrador de las múltiples cascadas utilizadas en la señalización del entrenamiento de fuerza es mTOR (mammalian target of rapamycin). Podemos distinguir tres grandes activadores de mTOR. Los factores de crecimiento como la insulina y la hormona del crecimiento actúan a través de la vía IGF-R (receptor de insulina) – Akt (Protein kinase

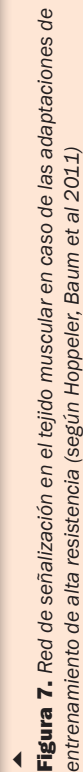
*(Protein kinase B, PKB) pathway. Mechanical stress signals activate Akt dependent and Akt independent pathways. Nutritional cues such as the presence of leucine and other amino acids are directly sensed by mTOR. mTOR increases protein synthesis, both through translation initiation and elongation. In strength signaling there are also negative regulators of mTOR. A low cellular energy status decreases mTOR activation. Myostatin as a major muscle pro-cachectic factor represses mTOR directly and indirectly. Protein synthesis dependent hypertrophic growth of skeletal muscle tissue is limited by nuclear domain size. Fiber growth beyond 20% is thus supported by recruitment of satellite cells. Satellite cells can be activated by a number of growth factors (i.e. FGF; HGF, BMP etc.) as well as the myogenic regulatory factors MyoG (myogenin) and MyoD (myogenic differentiation factor). Chronic low-level elevation of inflammatory cytokines such as TNF- $\alpha$  and IL-6 are strong repressors of the Akt-mTOR signaling cascade and of myogenic regulatory factors. Androgens seem to interfere with multiple signaling pathways and enhance muscle cellular metabolism as well as muscle growth. Overall muscle phenotypic plasticity with strength type exercise training is regulated mainly by mTOR and its effects on the translational machinery in muscle fiber as well as the activation of satellite cells; representing DNA recruitment to muscle cells.*

*Overall, the last 25 years of molecular research into the molecular mechanisms involved in producing the training response have been extremely productive. The regulatory networks for endurance and strength training have been explored and major players have been identified. We now know that endurance exercise works mainly through transcriptional modulation while strength training works through regulation of translation. Both networks are massively complex, with multiple entry points, with many parallel signaling strands, with interconnections as well as with feed-forward and feed-back loops. These signaling networks are extremely robust and difficult to experimentally tease apart. For the latter it is necessary to use model systems such as transgenic animals and cell cultures that can be appropriately modified. The sheer complexity of the regulatory network that control phenotype in muscle fibers is awe inspiring and we can be certain that we are far from having a complete grasp of it.*

*B, PKB). Las señales de estrés mecánico activan vías dependientes e independientes del Akt. Señales nutricionales, tales como la presencia de leucina y otros aminoácidos actúan directamente sobre mTOR. mTOR aumenta la síntesis de proteínas, mediante las fases de iniciación y elongación del proceso de traducción. En la señalización de la fuerza hay también reguladores negativos de la mTOR. Niveles celulares energéticos disminuyen la activación de mTOR. La miostatina como un importante factor procaquético del músculo reprime el mTOR directa e indirectamente. El crecimiento hipertrófico de tejido muscular que depende de la síntesis de las proteínas, está limitado por el tamaño de dominio nuclear. El crecimiento de la fibra más allá del 20 % es posible con la implicación de las células satélite. Las células satélite pueden ser activadas por numerosos factores de crecimiento (FGF, HGF, BMP, etc.), así como por factores de regulación miogénica MyoG (*myogenin*) y MyoD (factor de diferenciación miogénica). El aumento crónico de bajo nivel de citoquinas inflamatorias como la TNF- $\alpha$  y la IL-6 son fuertes represores de la cascada de señalización de Akt-mTOR y de los factores de regulación miogénica. Los andrógenos parecen interferir con las múltiples vías de señalización y mejorar el metabolismo celular del músculo y también el crecimiento muscular. Generalmente, la plasticidad muscular fenotípica con el entrenamiento de fuerza está regulada principalmente por la mTOR y sus efectos sobre la maquinaria de transformación en la fibra muscular, así como la activación de las células satélite que representa el reclutamiento de DNA a las células musculares.*

*En general, los últimos 25 años de investigación molecular de los mecanismos moleculares implicados en la respuesta al entrenamiento han sido muy productivos. Las vías reguladoras de la respuesta al entrenamiento de resistencia y de fuerza se han explorado y se han identificado los principales protagonistas. Ahora sabemos que el ejercicio de resistencia funciona principalmente a través de la modulación transcripcional, mientras que el entrenamiento de fuerza funciona a través de la regulación de la transformación. Ambas vías son extremadamente complejas, con múltiples puntos de entrada, con muchas cadenas de señalización paralelas, con interconexiones y también en circuitos de prealimentación y de retroalimentación. Estas redes de señalización son muy robustas y difíciles de distinguirlas experimentando. Para estos experimentos es necesario el uso de sistemas modelo tales como animales transgénicos y cultivos celulares que se pueden modificar adecuadamente. La enorme complejidad de la red de regulación que controla el fenotipo en las fibras musculares es imponente y es cierto, que estamos lejos de tener una comprensión completa de la misma.*





**Figure 7.** Signaling network in muscle tissue as relevant for endurance adaptations (after Hoppeler, Baum et al., 2011)

## Future of muscle research and exercise science

*I have personally lived the transition of exercise science from a descriptive study of functional (and structural) phenomena important for human exercise performance to a science that seeks mechanistic explanations for these very phenomena. Where do we go from here?*

*There are essentially unexplored levels of molecular control over phenotypic malleability that need investigation. One of the mechanisms of potential interest to exercise scientists is epigenetics i.e. the control of gene expression and thus phenotype beyond DNA. Epigenetic mechanism can modify the genome in a functionally relevant way without changes in the nucleotide sequence. This happens through mechanisms such as DNA methylation and de-methylation or histone modification which influence DNA usage through repressor proteins. Some of the epigenetic modifications of the genome are stable over long periods of time (cellular memory) or may even (rarely) be heritable (Ehlert, Simon, & Moser, 2013). The study of epigenetic changes of the genome with exercise might lead to a better understanding of how exercise at young age may change sport attitude and performance later in life. Epigenetic changes may also be responsible for long-term health effects of exercise, for training – re-training phenomena and for muscle dysfunctions related to diseases (Barreiro & Sznajder 2013; Kirchner, Osler, Krook, & Zierath, 2013).*

*Another area of major development of exercise science is the exploration of the mechanisms that link physical exercise to health and well-being. In this context Pedersen et al. (2003) published a ground-breaking paper providing evidence for muscle to produce anti-inflammatory substances during exercise. These authors coined the term of myokines for peptides released from muscle during activity. There are currently over 10 myokines identified that serve different functions, mainly tissue cross-talk between muscle, adipose tissue, brain etc. some of which having anti-inflammatory actions. With the concept of myokines the diverse health promoting effects of muscle activity can now be approached experimentally and have become amenable to mechanistic scientific scrutiny (Pedersen & Febbraio, 2012). Exercise science needs*

## El futuro de la investigación del músculo y de la ciencia del ejercicio

He vivido personalmente la transición de la ciencia del ejercicio desde un estudio descriptivo de los fenómenos funcionales (y estructurales) importantes para el rendimiento físico humano, al de una ciencia que busca explicaciones mecanicistas de estos mismos fenómenos. ¿A partir de aquí, cuál es el futuro?

En realidad, hay niveles inexplorados del control molecular sobre la adaptabilidad fenotípica que requieren investigación. Uno de los mecanismos de interés potencial de los científicos que investigan el ejercicio es la epigenética es decir, el control de la expresión génica y por lo tanto el fenotipo más allá del DNA. El mecanismo epigenético puede modificar el genoma de una manera relevante funcionalmente, sin producir cambios en la secuencia de nucleótidos. Esto ocurre a través de mecanismos como la metilación del DNA y la de-metilación o modificación de las histonas que influyen en el uso de DNA a través de las proteínas represoras. Algunas de las modificaciones epigenéticas del genoma son estables durante largos períodos de tiempo (memoria celular) o pueden incluso (raramente) ser heredables (Ehlert, Simon, & Moser, 2013). Estudiar los cambios epigenéticos del genoma a través del ejercicio físico puede conducir a una mejor comprensión de cómo el ejercicio a edad temprana puede cambiar la actitud deportiva y el rendimiento en una edad más avanzada. Los cambios epigenéticos también pueden ser responsables de los efectos del ejercicio a largo plazo, para la salud, para el fenómeno del entrenamiento-reentrenamiento y para las disfunciones musculares relacionadas con enfermedades (Barreiro & Sznajder 2013; Kirchner, Osler, Krook, & Zierath, 2013).

Otra área de gran desarrollo de la ciencia del ejercicio es la exploración de los mecanismos que vinculan el ejercicio físico a la salud y el bienestar. En este contexto Pedersen et al. (2003) publicaron un artículo innovador que comprueba el hecho que los músculos producen sustancias antiinflamatorias durante el ejercicio físico. Los autores dieron el término de *myokines* para los péptidos liberados por los músculos durante la actividad física. Actualmente hay más de 10 *myokines* identificados que cumplen diferentes funciones, principalmente tejidos que comunican entre sí, con el tejido adiposo, con el cerebro, etc. algunos de los cuales tienen efectos antiinflamatorios. Con la aparición del concepto de *myokines* la promoción diversa de los efectos de la actividad muscular sobre la salud, se puede abordar ahora de manera experimental, y son susceptibles a un escrutinio científico mecanicista (Pedersen & Febbraio 2012). La ciencia del ejercicio

to embrace these novel concepts as the science that first and foremost explores the conditions related the human being when physically active.

## References

- Abernethy, P. J., Jürimäe, J., Logan, P. A., Taylor A. W., & Thayer, R. E. (1994). Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Medicine*, 17(1), 22-38. doi:10.2165/00007256-199417010-00003
- Andersen, P. (1975). Capillary density in skeletal muscle of man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 95(2), 203-205. doi:10.1111/j.1748-1716.1975.tb10043.x
- Andersen, P., & Saltin, B. (1985). Maximal perfusion of skeletal muscle in man. *The Journal of Physiology*, 366(1), 233-249.
- Astrand, P. O. (1956). Human physical fitness with special reference to sex and age. *Physiological Reviews*, 36(3), 307-335.
- Barreiro, E., & Sznajder, J. I. (2013). Epigenetic regulation of muscle phenotype and adaptation: A potential role in COPD muscle dysfunction. *Journal of Applied Physiology*. Jan 10. [Epub ahead of print].
- Bergstrom, J. (1962). Muscle electrolytes in man determined by neutron activation analysis on needle biopsy specimens. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 14 (suppl. 68), 1-110.
- Brooks G. A., & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *Journal of Applied Physiology*, 76(6), 2253-2261.
- Conley, K. E., Kayar, S. R., & Rosler, K. (1987). Adaptive variation in the mammalian respiratory system in relation to energetic demand: IV. Capillaries and their relationship to oxidative capacity. *Respiration Physiology*, 69(1), 47-64. doi:10.1016/0034-5687(87)90100-9
- Ehlert, T., Simon, P., Moser, & D. A. (2012). Epigenetics in sports. *Sports Medicine*, 43(2), 93-110. doi:10.1007/s40279-012-0012-y
- Fitts, R. H., & Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 24(1), 427-473. doi:10.1249/00003677-199600240-00016
- Flück, M. (2003). Molekulare Mechanismen der muskulären Anpassung. *Therapeutische Umschau*, 60(7), 371-381. doi:10.1024/0040-5930.60.7.371
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-68. doi:10.2165/00007256-200737020-00004
- Gollnick, P. D., & King, D. W. (1969). Effect of exercise and training on mitochondria of rat skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 216(6), 1502-1509.
- Gollnick, P. D., & Saltin, B. (1982). Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clinical Physiology*, 2(1), 1-12.
- Gould, M. K., & Rawlinson, W. A. (1959). Biochemical adaptation as a response to exercise. Effect of swimming on the levels of lactic dehydrogenase, malic dehydrogenase and phosphorylase in muscles of 8-, 11- and 15-week-old rats. *Biochemical Journal*, 73(1), 41-44.
- Hearn, G. R., & Wainio, W. W. (1956). Succinic dehydrogenase activity of the heart and skeletal muscle of exercised rats. *American Journal of Physiology*, 185(2), 348-350
- Holloszy, J. O. (1967). Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *Journal of Biological Chemistry*, 242(9), 2278-2282.
- Hoppeler, H. (1986). Exercise-induced ultrastructural changes in skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 7(4), 187-204. doi:10.1055/s-2008-1025758
- Hoppeler, H. (1990). The different relationship of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  to muscle

debe adoptar estos nuevos conceptos como ciencia, que ante todo, explora las condiciones relacionadas con el bienestar del ser humano durante la actividad física.

## Referencias

- Abernethy, P. J., Jürimäe, J., Logan, P. A., Taylor A. W., & Thayer, R. E. (1994). Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Medicine*, 17(1), 22-38. doi:10.2165/00007256-199417010-00003
- Andersen, P. (1975). Capillary density in skeletal muscle of man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 95(2), 203-205. doi:10.1111/j.1748-1716.1975.tb10043.x
- Andersen, P., & Saltin, B. (1985). Maximal perfusion of skeletal muscle in man. *The Journal of Physiology*, 366(1), 233-249.
- Astrand, P. O. (1956). Human physical fitness with special reference to sex and age. *Physiological Reviews*, 36(3), 307-335.
- Barreiro, E., & Sznajder, J. I. (2013). Epigenetic regulation of muscle phenotype and adaptation: A potential role in COPD muscle dysfunction. *Journal of Applied Physiology*. Jan 10. [Epub previo a la impresión].
- Bergstrom, J. (1962). Muscle electrolytes in man determined by neutron activation analysis on needle biopsy specimens. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 14 (suppl. 68), 1-110.
- Brooks G. A., & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *Journal of Applied Physiology*, 76(6), 2253-2261.
- Conley, K. E., Kayar, S. R., & Rosler, K. (1987). Adaptive variation in the mammalian respiratory system in relation to energetic demand: IV. Capillaries and their relationship to oxidative capacity. *Respiration Physiology*, 69(1), 47-64. doi:10.1016/0034-5687(87)90100-9
- Ehlert, T., Simon, P., Moser, & D. A. (2012). Epigenetics in sports. *Sports Medicine*, 43(2), 93-110. doi:10.1007/s40279-012-0012-y
- Fitts, R. H., & Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 24(1), 427-473. doi:10.1249/00003677-199600240-00016
- Flück, M. (2003). Molekulare Mechanismen der muskulären Anpassung. *Therapeutische Umschau*, 60(7), 371-381. doi:10.1024/0040-5930.60.7.371
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-68. doi:10.2165/00007256-200737020-00004
- Gollnick, P. D., & King, D. W. (1969). Effect of exercise and training on mitochondria of rat skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 216(6), 1502-1509.
- Gollnick, P. D., & Saltin, B. (1982). Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clinical Physiology*, 2(1), 1-12.
- Gould, M. K., & Rawlinson, W. A. (1959). Biochemical adaptation as a response to exercise. Effect of swimming on the levels of lactic dehydrogenase, malic dehydrogenase and phosphorylase in muscles of 8-, 11- and 15-week-old rats. *Biochemical Journal*, 73(1), 41-44.
- Hearn, G. R., & Wainio, W. W. (1956). Succinic dehydrogenase activity of the heart and skeletal muscle of exercised rats. *American Journal of Physiology*, 185(2), 348-350
- Holloszy, J. O. (1967). Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *Journal of Biological Chemistry*, 242(9), 2278-2282.
- Hoppeler, H. (1986). Exercise-induced ultrastructural changes in skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 7(4), 187-204. doi:10.1055/s-2008-1025758
- Hoppeler, H. (1990). The different relationship of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  to muscle



- mitochondria in humans and quadrupedal animals. *Respiration Physiology*, 80(2-3):137-145. doi:10.1016/0034-5687(90)90077-C
- Hoppeler, H., Baum, O., Lurman, G., & Mueller, M. (2011). Molecular mechanisms of muscle plasticity with exercise. *Comprehensive Physiology*, 1(3), 1383-1412.
- Hoppeler, H., & Fluck, M. (2003). Plasticity of skeletal muscle mitochondria: structure and function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(1), 95-104. doi:10.1097/00005768-200301000-00016
- Hoppeler, H., Howald, H., Conley, K., Lindstedt, S. L., Claassen H., Vock, P., & Weibel, E. R. (1985). Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 59(2), 320-327.
- Hoppeler, H., Lindstedt, S. L., Uhlmann E., Niesel, A., Cruz-Orive, L. M., & Weibel, E. R. (1984). Oxygen consumption and the composition of skeletal muscle tissue after training and inactivation in the European woodmouse (*Apodemus sylvaticus*). *Journal of Comparative Physiology B*, 155(1), 51-61. doi:10.1007/BF00688791
- Hoppeler, H., & Lindstedt, S. L. (1985). Malleability of skeletal muscle in overcoming limitations: structural elements. *The Journal of Experimental Biology*, 115(1), 355-364.
- Hoppeler, H., Lüthi, P., Claassen, H., Weibel, E. R., & Howald, H. (1973). The ultrastructure of the normal human skeletal muscle. A morphometric analysis on untrained men, women, and well-trained orienteers. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 344(3), 217-232. doi:10.1007/BF00588462
- Howald, H., Hoppeler, H., Claassen, H., Mathieu, O., & Straub, R. (1985). Influences of endurance training on the ultrastructural composition of the different muscle fiber types in humans. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 403(4), 369-376. doi:10.1007/BF00589248
- Huxley H. E. (1957). The double array of filaments in cross-striated muscle. *Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, 3(5), 631-648. doi:10.1083/jcb.3.5.631
- Kay, S. R., Hoppeler, H., Armstrong, R. B., Laughlin, M. H., Lindstedt, S. L., Jones, J. H., ... Taylor, C. R. (1992). Estimating transit time for capillary blood in selected muscles of exercising animals. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 421(6), 578-584. doi:10.1007/BF00375054
- Kirchner, H., Osler, M. E., Krook, A., & Zierath, J. R. (2013). Epigenetic flexibility in metabolic regulation: disease cause and prevention? *Trends in Cell Biology*, 23(5), 203-209. doi:10.1016/j.tcb.2012.11.008
- Lindstedt, S. L., & Conley, K. E. (2001). Human aerobic performance: too much ado about limits to  $\text{VO}_2$ . *The Journal of Experimental Biology*, 204(18), 3195-3199.
- Lindstedt, S. L., Wells, D. J., Jones, J. H., Hoppeler, H., & Thronson, H. A. Jr. (1988). Limitations to aerobic performance in mammals: interaction of structure and demand. *International Journal of Sports Medicine*, 9(3), 210-217. doi:10.1055/s-2007-1025008
- Lüthi, J. M., Howald, H., Claassen, H., Rösler, K., Vock, P., & Hoppeler, H. (1986). Structural changes in skeletal muscle tissue with heavy-resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 123-127. doi:10.1055/s-2008-1025748
- Mathieu, O., Cruz-Orive, L. M., Hoppeler, H., & Weibel, E. R. (1983). Estimating length density and quantifying anisotropy in skeletal muscle capillaries. *Journal of Microscopy*, 131(2), 131-146. doi:10.1111/j.1365-2818.1983.tb04240.x
- Morgan, T. E., Cobb, L. A., Short, F. A., Ross, R., & Gunn, D.R. (1971). Effects of long-term exercise on human muscle mitochondria. In B. Pernow & B. Saltin (Eds.), *Muscle metabolism during exercise* (Vol. 11), New York: Plenum. doi:10.1007/978-1-4613-4609-8\_8
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews. Endocrinology*, 8(8), 457-465. doi:10.1038/nrendo.2012.49
- Pedersen, B. K., Steensberg, A., Fischer, C., Keller, C., Keller, P., Plomgaard, P., ... Saltin, B. (2003). Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 24(2-3), 113-119. doi:10.1023/A:1026070911202
- mitochondria in humans and quadrupedal animals. *Respiration Physiology*, 80(2-3):137-145. doi:10.1016/0034-5687(90)90077-C
- Hoppeler, H., Baum, O., Lurman, G., & Mueller, M. (2011). Molecular mechanisms of muscle plasticity with exercise. *Comprehensive Physiology*, 1(3), 1383-1412.
- Hoppeler, H., & Fluck, M. (2003). Plasticity of skeletal muscle mitochondria: structure and function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(1), 95-104. doi:10.1097/00005768-200301000-00016
- Hoppeler, H., Howald, H., Conley, K., Lindstedt, S. L., Claassen H., Vock, P., & Weibel, E. R. (1985). Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 59(2), 320-327.
- Hoppeler, H., Lindstedt, S. L., Uhlmann E., Niesel, A., Cruz-Orive, L. M., & Weibel, E. R. (1984). Oxygen consumption and the composition of skeletal muscle tissue after training and inactivation in the European woodmouse (*Apodemus sylvaticus*). *Journal of Comparative Physiology B*, 155(1), 51-61. doi:10.1007/BF00688791
- Hoppeler, H., & Lindstedt, S. L. (1985). Malleability of skeletal muscle in overcoming limitations: structural elements. *The Journal of Experimental Biology*, 115(1), 355-364.
- Hoppeler, H., Lüthi, P., Claassen, H., Weibel, E. R., & Howald, H. (1973). The ultrastructure of the normal human skeletal muscle. A morphometric analysis on untrained men, women, and well-trained orienteers. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 344(3), 217-232. doi:10.1007/BF00588462
- Howald, H., Hoppeler, H., Claassen, H., Mathieu, O., & Straub, R. (1985). Influences of endurance training on the ultrastructural composition of the different muscle fiber types in humans. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 403(4), 369-376. doi:10.1007/BF00589248
- Huxley H. E. (1957). The double array of filaments in cross-striated muscle. *Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, 3(5), 631-648. doi:10.1083/jcb.3.5.631
- Kay, S. R., Hoppeler, H., Armstrong, R. B., Laughlin, M. H., Lindstedt, S. L., Jones, J. H., ... Taylor, C. R. (1992). Estimating transit time for capillary blood in selected muscles of exercising animals. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 421(6), 578-584. doi:10.1007/BF00375054
- Kirchner, H., Osler, M. E., Krook, A., & Zierath, J. R. (2013). Epigenetic flexibility in metabolic regulation: disease cause and prevention? *Trends in Cell Biology*, 23(5), 203-209. doi:10.1016/j.tcb.2012.11.008
- Lindstedt, S. L., & Conley, K. E. (2001). Human aerobic performance: too much ado about limits to  $\text{VO}_2$ . *The Journal of Experimental Biology*, 204(18), 3195-3199.
- Lindstedt, S. L., Wells, D. J., Jones, J. H., Hoppeler, H., & Thronson, H. A. Jr. (1988). Limitations to aerobic performance in mammals: interaction of structure and demand. *International Journal of Sports Medicine*, 9(3), 210-217. doi:10.1055/s-2007-1025008
- Lüthi, J. M., Howald, H., Claassen, H., Rösler, K., Vock, P., & Hoppeler, H. (1986). Structural changes in skeletal muscle tissue with heavy-resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 123-127. doi:10.1055/s-2008-1025748
- Mathieu, O., Cruz-Orive, L. M., Hoppeler, H., & Weibel, E. R. (1983). Estimating length density and quantifying anisotropy in skeletal muscle capillaries. *Journal of Microscopy*, 131(2), 131-146. doi:10.1111/j.1365-2818.1983.tb04240.x
- Morgan, T. E., Cobb, L. A., Short, F. A., Ross, R., & Gunn, D.R. (1971). Effects of long-term exercise on human muscle mitochondria. In B. Pernow & B. Saltin (Eds.), *Muscle metabolism during exercise* (Vol. 11), New York: Plenum. doi:10.1007/978-1-4613-4609-8\_8
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews. Endocrinology*, 8(8), 457-465. doi:10.1038/nrendo.2012.49
- Pedersen, B. K., Steensberg, A., Fischer, C., Keller, C., Keller, P., Plomgaard, P., ... Saltin, B. (2003). Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 24(2-3), 113-119. doi:10.1023/A:1026070911202

- Richardson, R. S., & Saltin, B. (1998). Human muscle blood flow and metabolism studied in the isolated quadriceps muscles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(1), 28-33. doi:10.1097/00005768-199801000-00005
- Roberts, T. J., Weber, J. M., Hoppeler, H., Weibel, E. R., & Taylor C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. II. Defining the upper limits of carbohydrate and fat oxidation. *The Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1651-1658
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiology*, 265 (3 Pt 1), E380-391.
- Saltin, B., & Gollnick, P. D. (1983). Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In L. D. Peachy, R. H. Adrian & S. R. Geiger (Eds.), *Handbook of Physiology – Skeletal Muscle* (pp. 555-631). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Spriet, L. L., Gledhill, N., Froese, A. B., & Wilkes, D. L. (1986). Effect of graded erythrocythemia on cardiovascular and metabolic responses to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 61(5), 1942-1948.
- Taylor, C. R., Karas, R. H., Weibel, E. R., & Hoppeler, H. (1987). Adaptive variation in the mammalian respiratory system in relation to energetic demand. *Respiration Physiology*, 69(1), 1-127. doi:10.1016/0034-5687(87)90097-1
- Taylor, C. R., Weibel, E. R., Weber, J. M., Vock, R., Hoppeler, H., Roberts, T. J., & Brichon, G. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. I. Model and strategy to test symmorphosis in a network structure. *The Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1643-1649
- Turner, D. L., Hoppeler, H., Noti, C., Gurtner, H. P., Gerber, H., Schena, F., ... Ferretti, G. (1993). Limitations to  $\dot{V}O_{2\max}$  in humans after blood retransfusion. *Respiration Physiology*, 92(3), 329-341. doi:10.1016/0034-5687(93)90017-5
- Vock, R., Hoppeler, H., Claassen, H., Wu, D. X., Billeter, R., Weber, J. M., ... Weibel, E. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. VI. Structural basis of intracellular substrate supply to mitochondria in muscle cells. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1689-1697.
- Vock, R., Weibel, E. R., Hoppeler, H., Ordway, G., Weber, J. M., & Taylor, C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. V. Structural basis of vascular substrate supply to muscle cells. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1675-1688.
- Vogt, M., Puntchart, A., Howald, H., Mueller, B., Mannhart, C., Gfeller-Tuescher, L., ... Hoppeler, H. (2003). Effects of dietary fat on muscle substrates, metabolism, and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 952-960. doi:10.1249/01.MSS.0000069336.30649.BD
- Weber, J. M., Brichon, G., Zwingelstein, G., McClelland, G., Saucedo, C., Weibel, E. R., & Taylor, C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. IV. Partitioning energy provision from fatty acids. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1667-1674.
- Weber, J. M., Roberts, T. J., Vock, R., Weibel, E. R., & Taylor, C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. III. Partitioning energy provision from carbohydrates. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1659-1666.
- Weibel, E. R., Taylor, C. R., Hoppeler, H. (1991). The concept of symmorphosis: A testable hypothesis of structure-function relationship. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(22), 10357-10361. doi:10.1073/pnas.88.22.10357
- Yakovlev, N. N., Krasnova, A. F., Chagovets, N. R. (1963). The influence of muscle activity on muscle proteins. In E. Gutmann & P. Hnik (Eds.), *The effect of use and disuse on neuromuscular functions* (pp. 461-470). Prague: Czech Acad Sci.
- Zumstein, A., Mathieu, O., Howald, H., & Hoppeler, H. (1983). Morphometric analysis of the capillary supply in skeletal muscles of trained and untrained subjects--its limitations in muscle biopsies. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 397(4), 277-283. doi:10.1007/BF00580261
- Richardson, R. S., & Saltin, B. (1998). Human muscle blood flow and metabolism studied in the isolated quadriceps muscles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(1), 28-33. doi:10.1097/00005768-199801000-00005
- Roberts, T. J., Weber, J. M., Hoppeler, H., Weibel, E. R., & Taylor C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. II. Defining the upper limits of carbohydrate and fat oxidation. *The Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1651-1658
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiology*, 265 (3 Pt 1), E380-391.
- Saltin, B., & Gollnick, P. D. (1983). Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. En L. D. Peachy, R. H. Adrian & S. R. Geiger (Eds.), *Handbook of Physiology – Skeletal Muscle* (pp. 555-631). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Spriet, L. L., Gledhill, N., Froese, A. B., & Wilkes, D. L. (1986). Effect of graded erythrocythemia on cardiovascular and metabolic responses to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 61(5), 1942-1948.
- Taylor, C. R., Karas, R. H., Weibel, E. R., & Hoppeler, H. (1987). Adaptive variation in the mammalian respiratory system in relation to energetic demand. *Respiration Physiology*, 69(1), 1-127. doi:10.1016/0034-5687(87)90097-1
- Taylor, C. R., Weibel, E. R., Weber, J. M., Vock, R., Hoppeler, H., Roberts, T. J., & Brichon, G. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. I. Model and strategy to test symmorphosis in a network structure. *The Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1643-1649
- Turner, D. L., Hoppeler, H., Noti, C., Gurtner, H. P., Gerber, H., Schena, F., ... Ferretti, G. (1993). Limitations to  $\dot{V}O_{2\max}$  in humans after blood retransfusion. *Respiration Physiology*, 92(3), 329-341. doi:10.1016/0034-5687(93)90017-5
- Vock, R., Hoppeler, H., Claassen, H., Wu, D. X., Billeter, R., Weber, J. M., ... Weibel, E. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. VI. Structural basis of intracellular substrate supply to mitochondria in muscle cells. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1689-1697.
- Vock, R., Weibel, E. R., Hoppeler, H., Ordway, G., Weber, J. M., & Taylor, C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. V. Structural basis of vascular substrate supply to muscle cells. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1675-1688.
- Vogt, M., Puntchart, A., Howald, H., Mueller, B., Mannhart, C., Gfeller-Tuescher, L., ... Hoppeler, H. (2003). Effects of dietary fat on muscle substrates, metabolism, and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 952-960. doi:10.1249/01.MSS.0000069336.30649.BD
- Weber, J. M., Brichon, G., Zwingelstein, G., McClelland, G., Saucedo, C., Weibel, E. R., & Taylor, C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. IV. Partitioning energy provision from fatty acids. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1667-1674.
- Weber, J. M., Roberts, T. J., Vock, R., Weibel, E. R., & Taylor, C. R. (1996). Design of the oxygen and substrate pathways. III. Partitioning energy provision from carbohydrates. *Journal of Experimental Biology*, 199(8), 1659-1666.
- Weibel, E. R., Taylor, C. R., Hoppeler, H. (1991). The concept of symmorphosis: A testable hypothesis of structure-function relationship. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(22), 10357-10361. doi:10.1073/pnas.88.22.10357
- Yakovlev, N. N., Krasnova, A. F., Chagovets, N. R. (1963). The influence of muscle activity on muscle proteins. En E. Gutmann & P. Hnik (Eds.), *The effect of use and disuse on neuromuscular functions* (pp. 461-470). Prague: Czech Acad Sci.
- Zumstein, A., Mathieu, O., Howald, H., & Hoppeler, H. (1983). Morphometric analysis of the capillary supply in skeletal muscles of trained and untrained subjects--its limitations in muscle biopsies. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 397(4), 277-283. doi:10.1007/BF00580261

# Métodos mixtos en la investigación de las ciencias de la actividad física y el deporte

## *Mixed Methods in the Research of Sciences of Physical Activity and Sport*

**MARTA CASTAÑER BALCELLS**

**OLEGUER CAMERINO FOGUET**

Laboratorio de Observación de la Motricidad

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centro de Lleida (España)

**M. TERESA ANGUERA ARGILAGA**

Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento

Facultad de Psicología

Universidad de Barcelona (España)

**Correspondencia con autor**

**Oleguer Camerino Foguet**

[ocamerino@inefc.es](mailto:ocamerino@inefc.es)

<http://lom.observesport.com/>

### Resumen

La investigación en las ciencias de la actividad física y el deporte ha estado influenciada prioritariamente por procedimientos cuantitativos adaptados de otras áreas del conocimiento. La aparición de nuevos paradigmas, métodos y procedimientos de investigación nos ofrecen mayor número de posibilidades de combinación de instrumentos para el análisis de la actividad física y el deporte que puede enriquecer todo el proceso investigador. En este artículo presentamos, mediante ejemplos de investigaciones, los métodos mixtos (*Mixed Method Approach*) que proponen conjugar datos de naturaleza cuantitativa y cualitativa en el mismo estudio. Esta nueva perspectiva metodológica se está afianzando con fuerza en la última década acorde con la necesidad actual de planteamientos más integrados en la investigación de la motricidad humana.

**Palabras clave:** metodología mixta, investigación en actividad física y deporte

### Abstract

#### *Mixed Methods in the Research of Sciences of Physical Activity and Sport*

*Research in Science of Physical Activity and Sport has been influenced primarily by quantitative procedures adapted from other areas of knowledge. The emergence of new paradigms, research methods and procedures offers us as more possible combinations of tools for the analysis of physical activity and sport that can enrich the entire research process. This paper introduces the mixed methods (Mixed Method Approach) using examples of various studies. These methods combine quantitative and qualitative data in the same study. This new methodological approach has taken hold strongly in the past decade given the current need for a more integrated approach to the investigation of human movement.*

**Keywords:** mixed methodology, research in physical activity and sport

### Introducción

La investigación en las ciencias de la actividad física y el deporte es muy reciente y ha sido habitualmente influenciada por procedimientos de corte cuantitativo (e.g., test de condición física); pero en las últimas décadas, la balanza a favor de la metodología cualitativa (e.g., entrevistas de opinión), se ha equilibrado (Heinemann, 2003). Hoy en día empieza a superarse la poca reciprocidad entre los enfoques cualitativos y los cuantitativos para buscar la complementariedad e integración en un mismo estudio (Camerino, 1995). El camino a seguir es la nueva perspectiva metodológica denominada métodos mixtos, *Mixed Method* (Creswell & Pla-

no Clark, 2007; Tashakkori & Creswell, 2007, 2008; Teddlie & Tashakkori, 2006) que empieza a ser aplicada en la investigación de deportes, la actividad física y la danza dentro de las ciencias de la actividad física y el deporte (Camerino, Castañer, & Anguera, 2012).

### Nuevas perspectivas de investigación

La aparición de los métodos mixtos se ha denominado la “revolución silenciosa” (Johnson, Onwuegbuzie, & Turner, 2007; O’Cathain, 2009) puesto que no se limitan a la simple recogida de datos de diferente naturaleza, sino que implica: combinar la lógica inductiva con la



deductiva (Bergman, 2010) de forma mixta a lo largo de todo el proceso investigador, abarcando: el planteamiento del problema, la recogida-análisis de datos, la interpretación de resultados y en el informe final (Wolcott, 2009).

Esta nueva perspectiva requiere:

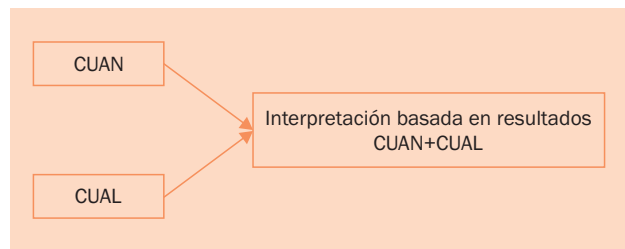
- Acotar el objeto de estudio con mayor amplitud para abarcar toda su complejidad.
- Utilizar de forma conjunta instrumentos de recopilación de datos (e.g., entrevistas de opinión del deportista con observación sistemática de su entrenamiento)
- Conjuguar los resultados de estas técnicas mediante procedimientos de análisis integrados (e.g., combinar el resultado de las entrevistas de satisfacción de los padres con la observación sistemática del deporte escolar).

A continuación desarrollaremos los métodos mixtos con ejemplos de estudios sobre el deporte y actividad física (Camerino et al., 2012) aplicando esta nomenclatura:

- **CUAN:** cuando los datos de orden cuantitativo son preeminentes.
- **CUAL:** cuando los datos de orden cualitativo son preeminentes.
- **Cuan:** cuando los datos de orden cuantitativo son complementarios.
- **Cual:** cuando los datos de orden cualitativo son complementarios.

### Características de los métodos mixtos

Greene y Caracelli (2003) definen cinco características de los métodos mixtos:



**Figura 1**

Diseño de triangulación (adaptado de Creswell & Plano Clark, 2007, p. 63)

- Triangulación* o búsqueda de convergencia de resultados;
- Complementariedad* o examen del solapamiento en las facetas de un fenómeno;
- Iniciación* o descubrimiento de paradojas o contradicciones;
- Desarrollo* secuencial de los instrumentos entre sí;
- Expansión* o extensión del proyecto a medida que avanza.

### EJEMPLO 1

**Las actividades físicas femeninas** (Moreno, Martínez, & Alonso, 2006): observación de tipos de prácticas femeninas (CUAL); cuestionarios de satisfacción (CUAN) y entrevista a mujeres practicantes de diferentes edades (CUAL).

- *Triangulación de resultados:* de los tres instrumentos (CUAL/CUAN/CUAL).
- *Complementariedad:* comparar la observación con la entrevista (CUAL/CUAL).
- *Iniciación:* contraste entre el cuestionario y la entrevista (CUAN/CUAL).
- *Desarrollo:* a partir de la observación se desarrolla la entrevista (CUAL/CUAL).
- *Expansión:* programar nuevas ofertas de actividades en un municipio.

## Diseños de investigación en métodos mixtos

Con estas características se pueden derivar diferentes tipos de *diseños* (Tashakkori & Teddlie, 2003), que responden a las características anteriores y que seguidamente ejemplificaremos. Los cuatro principales diseños son de: triangulación, incrustación de dominancia, exploración secuencial y explicación secuencial.

### Diseños de triangulación

La triangulación es el procedimiento más utilizado (Creswell & Plano Clark, 2007; Creswell, Plano Clark, Gutmann, & Hanson, 2003), y su finalidad consiste en la confrontación de informaciones complementarias sobre el mismo episodio (Morse, 1991; Riba, 2007), con el propósito de comprenderlo mejor (ver *fig. 1*).

Aunque pueden coexistir, los diseños de triangulación se distinguen en cuatro tipos:

**Triangulación de datos.** Partimos de diferentes fuentes de datos en un mismo estudio y distinguiendo los métodos que los producen para ser armonizados.

#### EJEMPLO 2

**Nivel inicial de un equipo de balonmano durante la pretemporada** (Gil, Capafons, & Labrador, 1993) basado en parámetros de la condición física del Test de Bosco (CUAN) y efectividad táctica con observaciones sistemáticas del ataque organizado (CUAL).

**Triangulación de investigadores.** Participan diferentes investigadores en un mismo estudio para minimizar las desviaciones derivadas de los factores humanos, comparando todos los resultados de la investigación.

#### EJEMPLO 3

**La actividad física extraescolar en un colegio** (Luengo, 2007) a partir de: una encuesta de satisfacción pasada a los padres (CUAN), una entrevista a los educadores (CUAL), y una encuesta a los participantes en competiciones escolares (CUAN) (Camerino, et al, 2012).

**Triangulación de teorías.** Múltiples perspectivas para interpretar los resultados de un estudio, extendiendo las posibilidades de producir conocimiento.

#### EJEMPLO 4

**Las actividades físicas practicadas por las mujeres jóvenes** (Alfaro, 2008) desde diferentes perspectivas conceptuales: sociológica (roles sociales y género), psicológica (la teoría de las metas), y antropológica (teoría psicoanalítica).

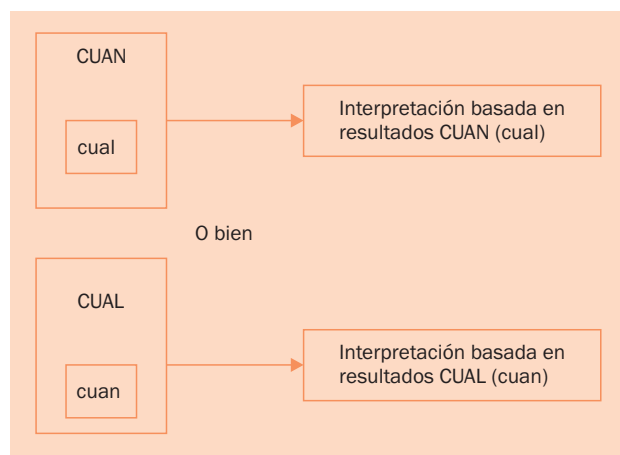
**Triangulación metodológica.** Se utilizan distintos métodos e instrumentos para un mismo problema de investigación.

#### EJEMPLO 5

**La eficacia comunicativa de un entrenador** (Torregrosa, Sousa, Viladrich, Vilamarín, & Cruz, 2008) en competición con: observaciones sistemáticas de grabaciones en vídeo de su comunicación verbal en los partidos (CUAN) y entrevistas de opinión realizadas a los jugadores sobre la eficacia de la comunicación del entrenador.

### Diseños incrustados de dominancia

En esta ocasión trabajamos con un tipo de datos dominantes (CUAN o CUAL) y buscamos otros da-



**Figura 2**

Diseño incrustado de dominancia (extraído de Creswell & Plano Clark, 2007, p. 68)

tos de naturaleza variada como un soporte secundario (Cuan o Cual) que desempeñan un papel complementario y que están supeditados a los primeros (ver fig. 2). Estos diseños son adecuados para estudios complejos y longitudinales, como los realizados sobre la condición física de grandes muestras de población.

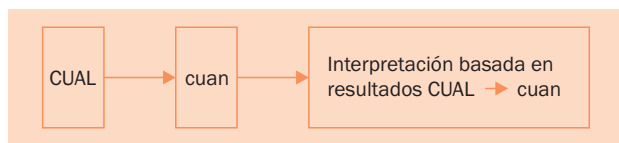
#### EJEMPLO 6

**Estudio del efecto de un programa de mantenimiento físico** a partir de medidas antropométricas del índice de masa corporal midiendo la altura y el peso (CUAN), y después de las sesiones entrevistas en profundidad del cambio de hábitos alimenticios y de actividad física de los participantes en su vida cotidiana (cual).

### Diseños exploratorios secuenciales

En este caso los resultados del primer método cualitativo permiten ayudar a desarrollar o informar el segundo método cuantitativo (Greene & Caracelli, 2003). La condición básica de este diseño radica en que se precisa la exploración previa, ya que no se dispone de instrumentos o medidas, se desconocen las variables, y tampoco existe marco teórico.

Este diseño se inicia con la obtención de datos cualitativos para explorar el fenómeno, construyéndose después una etapa cuantitativa, y cuyos resultados se conectarán



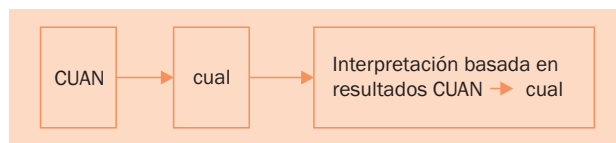
**Figura 3**

*Diseño exploratorio secuencial* (adaptado de Creswell & Plano Clark, 2007, p. 76)

con la fase cualitativa (ver *fig. 3*). A pesar de este carácter exploratorio inicial, es el diseño que mejor se acomoda al estudio de fenómenos inconcretos e intangibles donde las variables aún son desconocidas (Creswell, 1999; Creswell & Plano Clark, 2007; Creswell et al., 2003).

#### EJEMPLO 7

**Las conductas no verbales de los profesores de educación física** según su experiencia. Con un sistema de observación de la conducta gestual categorizamos profesionales de diferentes años de desempeño (cuan), después de observaciones exploratorias cualitativas iniciales (CUAL) sobre la comunicación paraverbal de diferentes docentes (Castañer, Camerino, Anguera, & Jonsson, 2011).



**Figura 4**

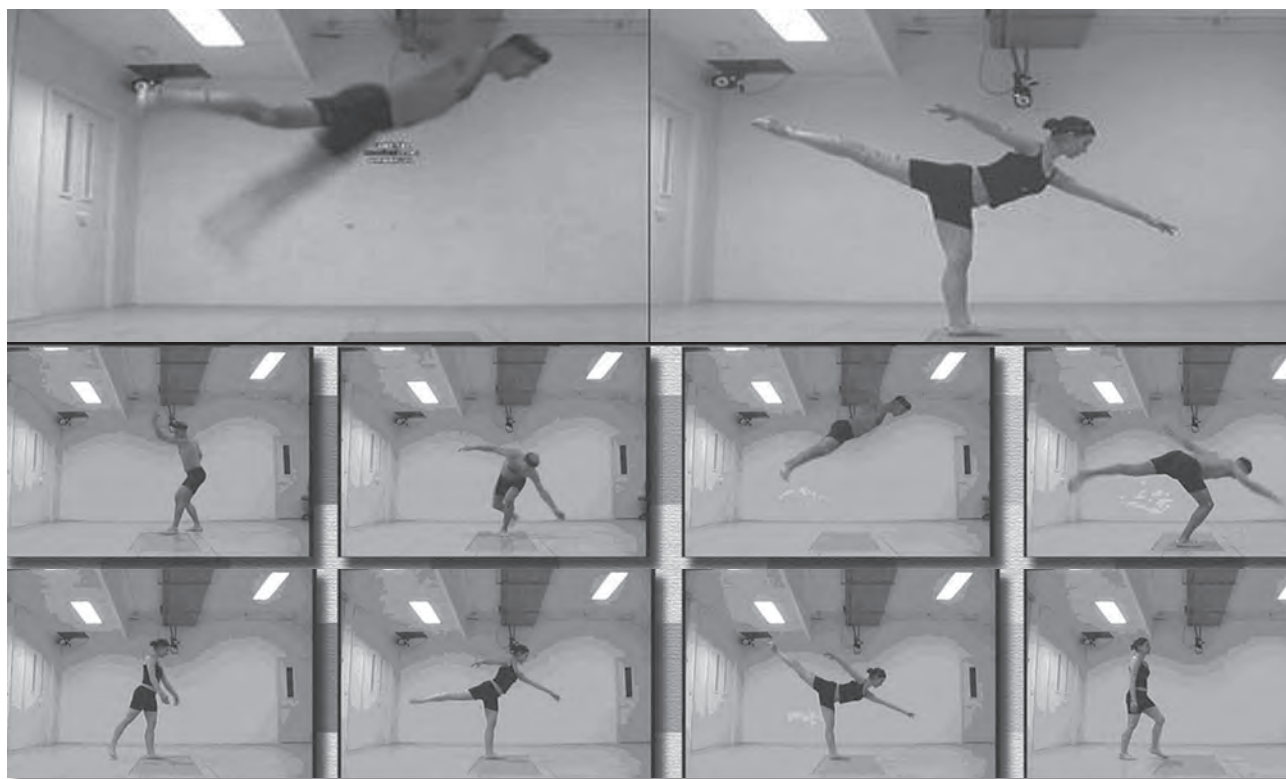
*Diseño explicativo secuencial* (adaptado de Creswell & Plano Clark, 2007, p. 73)

#### Diseños explicativos secuenciales

Se trata de un diseño de dos etapas en donde se pretende que los datos cualitativos ayuden a explicar los resultados cuantitativos obtenidos inicialmente y así poder desarrollar más los resultados cuantitativos (Creswell, 1999; Creswell & Plano Clark, 2007; Creswell et al., 2003) (ver *fig. 4*).

#### EJEMPLO 8

**Apreciación estética de la danza** con dos instrumentos: captura inicial de parámetros cinemáticos por medio del *body motion capture* (*fig. 5*) (CUAN) de técnicas de danza contemporánea y cuestionarios de preguntas abiertas (cual) a estudiantes de Ciencias de la Actividad Física y Deportes sobre



**Figura 5**

*Captura de imágenes (body motion capture) de técnicas de danza contemporánea* (Castañer, Torrents, Morey, & Jofre, 2012)



la percepción estética de dichas técnicas visualizadas en imágenes reales de la captura del movimiento (Castañer et al., 2012).

A pesar de que este diseño se inicia cuantitativamente, los investigadores generalmente ponen mayor énfasis en el método cualitativo que en el cuantitativo. Dentro de la actividad física se utiliza en estudios con bastante muestra, especialmente cuando el investigador desea primero tomar datos cuantitativos y formar grupos basados en resultados cuantitativos para después efectuar un estudio cualitativo con dichos grupos determinando que las características cuantitativas de los participantes guíen un muestreo en la fase cualitativa (Morgan, 1998; Tashakkori & Teddlie, 2003).

## Discusión y conclusiones finales

Tras exponer el desarrollo de los diseños que se derivan de los métodos mixtos resulta necesario efectuar un balance objetivo de beneficios que reportan, así como de las dificultades y retos de futuro.

Las principales ventajas han sido comentados ampliamente por diversos autores (Todd, Nerlich, & McKeown, 2004), y se concretan en los siguientes aspectos:

- La perspectiva es más completa, integral y holística, explorándose diversos niveles o dimensiones del problema de estudio.
- Se facilita la formulación del problema y su encuadre conceptual (Brannen, 1992).
- La riqueza de los datos es mucho mayor, dado que no existe limitación en cuanto a la diversidad de las fuentes de procedencia y a la naturaleza de la información.
- Se potencia la creatividad teórica, con numerosos procedimientos críticos de valoración (Clarke, 2004).
- Al combinar métodos, aumentan las posibilidades de ampliar las dimensiones de un estudio (Morse, 2003; Newman, Ridenour, Newman, & De Marco, 2003).
- Se consigue una mayor y mejor exploración y explotación de los datos así como una presentación más sugerente de resultados (Todd et al., 2004), al no constar únicamente de tablas numéricas.

Indudablemente, se trata de aspectos positivos de diverso calado, que, individualmente y en conjunto, mues-

tran las grandes ventajas de los diseños de los métodos mixtos. Sin embargo, quedan pendientes grandes retos, que esperamos que con algunos años se logren resolver satisfactoriamente:

- Se requiere una formación metodológica tanto en metodología cualitativa como cuantitativa, lo cual no es habitual, dada la tradición investigadora de las últimas décadas (Todd & Nerlich, 2004).
- Deben establecerse criterios claros para la evaluación de estudios realizados con métodos mixtos (Onwuegbuzie & Johnson, 2006).
- Deben desmitificarse aspectos que han sido considerados tabú o polémicos, para aceptarlos con normalidad, modificando la perspectiva desde la cual se han enjuiciado para resolver dilemas de investigación de forma global (Yardley, 2000).

La extrema dificultad del estudio de la actividad física y el deporte puede ser mejor abordada, teniendo en cuenta las relaciones dinámicas que se establecen entre sus elementos mediante los métodos mixtos que nos aproximen a ellas (Camerino et al., 2012).

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de las investigaciones:

- *Grup de recerca i innovació en dissenys (GRID). Tecnologia i aplicació multimèdia i digital als dissenys observacionals* que ha sido subvencionado por la Generalidad de Cataluña durante el periodo 2009-2013.
- Observación de la interacción en deporte y actividad física: Avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos, que ha sido subvencionado por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Educación y Ciencia (DEP2012-32124), durante el periodo 2012-2016.

## Referencias

- Bergman, M. M. (2010). On concepts and paradigms in mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 4(3), 171-175. doi:10.1177/1558689810376950
- Brannen, J. (Ed.). (1992). *Mixing methods: Qualitative and quantitative research*. Aldershot: Avebury.
- Camerino, O. (1995). *Integració metodològica en la investigació de l'educació física*. Lleida: Generalitat de Catalunya-INEFC.

- Camerino, O., Castañer, M., & Anguera, M. T. (Eds.). (2012). *Mixed Methods Research in the Movement Sciences: Case studies in sport, physical education and dance*. London: Routledge.
- Castañer, M., Camerino, O., Anguera, M. T., & Jonsson, G. K. (2011). Kinesics and proxemics communication of expert and novice PE teachers. *Quality & Quantity*. doi:10.1007/s11135-011-9628-5
- Castañer, M., Torrents, C., Morey, G., & Jofre, T. (2012). Appraising motor creativity, aesthetics and the complexity of motor responses in dance. En O. Camerino, M. Castañer & M. T. Anguera (Eds.), *Mixed Methods Research in the Movement Sciences: Case studies in sport, physical education and dance* (pp. 146-176). London: Routledge.
- Clarke, D. (2004). Structured judgement methods. En Z. Todd, B. Nerlich, S. McKeown & D. Clarke (Eds.), *Mixing methods in psychology* (pp. 81-100). Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.
- Creswell, J. W. (1999). Mixed-method research: Introduction and application. En G. J. Cizek (Ed.), *Handbook of educational policy* (pp. 455-472). San Diego, CA: Academic Press.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and conducting Mixed Methods research*. Thousand Oaks, CA: Sage. doi:10.1177/1558689807306132
- Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Gutmann, M. L., & Hanson, W. E. (2003). Advanced Mixed Methods research designs. En A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of Mixed Methods in social and behavioral research* (pp. 209-240). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Gil, J., Capafons, A., & Labrador, F. (1993). Variables físicas y psicológicas predictoras del rendimiento deportivo y del cambio terapéutico. *Psicothema*, 5(1), 97-110.
- Greene, J. C., & Caracelli, V. J. (2003). Making paradigmatic sense of Mixed Methods practice. En A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook Mixed Methods in social and behavioral research* (pp. 91-110). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la metodología de la investigación empírica en las ciencias del deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of Mixed Methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112-133. doi:10.1177/1558689806298224
- Luengo, C. (2007). Actividad físico-deportiva extraescolar en alumnos de primaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 7(27), 174-184.
- Moreno, J. A., Martínez, C., & Alonso, N. (2006). Actitudes hacia la práctica físico-deportiva según el sexo del practicante. *International Journal of Sport Science*, 2(3), 21-43.
- Morgan, A. (1998). Practical strategies for combining qualitative and qualitative methods: Application to health research. *Qualitative Health Research*, 8(3), 362-376. doi:10.1177/104973239800800307
- Morse, J. M. (1991). Approaches to qualitative-quantitative methodological triangulation. *Nursing Research*, 40(2), 120-123.
- Morse, J. M. (2003). Principles of Mixed Methods and multimethod research design. En A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of Mixed Methods in social and behavioural research* (pp. 189-208). Thousand Oaks, CA: Sage. doi:10.1097/00006199-199103000-00014
- Newman, I., Ridenour, C. S., Newman, C., & De Marco, G. M. (2003). A typology of research purposes and its relationship to mixed methods. En A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social and behavioural research* (pp. 167-188). Thousand Oaks, CA: Sage.
- O’Cathain, A. (2009). Mixed methods research in health sciences: A quiet revolution. *Journal of Mixed Methods Research*, 3(3), 3-6. doi:10.1177/1558689808326272
- Onwuegbuzie, A. J., & Johnson, R. B. (2006). The validity issue in mixed research. *Research in the Schools*, 13(1), 48-63.
- Riba, C. E. (2007). *La metodología qualitativa en l’estudi del comportament*. Barcelona: UOC.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (Eds.). (2003). *Handbook of Mixed Methods in social and behavioural research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Tashakkori, A., & Creswell, J. W. (2007). The new era of mixed methods. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 3-7. doi:10.1177/2345678906293042
- Tashakkori, A., & Creswell, J. W. (2008). Mixed methodology across disciplines. *Journal of Mixed Methods Research*, 2(1), 3-6. doi:10.1177/1558689807309913
- Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2006). A general typology of research designs featuring mixed methods. *Research in the Schools*, 13(1), 12-28.
- Todd, Z., & Nerlich, B. (2004). Future directions. En Z. Todd, B. Nerlich, S. McKeown & D. Clarke (Eds.), *Mixing methods in psychology* (pp. 231-237). Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.
- Todd, Z., Nerlich, B., & McKeown, S. (2004). Introduction. En Z. Todd, B. Nerlich, S. McKeown & D. Clarke (Eds.), *Mixing methods in psychology* (pp. 3-16). Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.
- Torregrosa, M., Sousa, C., Viladrich, M. C., Vilamarín, F., & Cruz, J. (2008). El clima motivacional y el estilo de comunicación del entrenador como predictores del compromiso en futbolistas jóvenes. *Psicothema*, 20(2), 254-259.
- Wolcott, H. F. (2009). *Writing up qualitative research*. Los Angeles, CA: Sage.
- Yardley, L. (2000). Dilemmas of qualitative research. *Psychology and Health*, 15(2), 215-228. doi:10.1080/08870440008400302

# Procedimiento de actuación ante la inclusión de alumnado con discapacidad en el área de educación física (PAIADEF)\*

*Process Performance facing the Inclusion of Students with Disabilities in the Area of Physical Education (PAIADEF)*

**NÚRIA CAUS PERTEGAZ**

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas  
Facultad de Educación  
Universidad de Alicante (España)

**ESTHER SANTOS ORTEGA**

Institut de Camarles (España)

**JOSEFA BLASCO MIRA**

**LILYAN VEGA RAMÍREZ**

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas  
Facultad de Educación  
Universidad de Alicante (España)

**SANTIAGO MENGUAL ANDRÉS**

Departamento de Educación Comparada e Historia de la Educación  
Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación  
Universidad de Valencia (España)

**EMILIO YANGÜEZ LUQUE**

Institut Haygón (Sant Vicent del Raspeig - España)

**Correspondencia con autora**

Núria Caus Pertegaz  
[nuria.caus@ua.es](mailto:nuria.caus@ua.es)

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue establecer el procedimiento de actuación del profesorado ante la detección de una necesidad educativa específica en el área de educación física. Para ello se diseñó una investigación basada en el método Delphi, concretamente de tres rondas, en el que intervinieron un primer grupo de 5 docentes universitarios con un elevado grado de conocimiento teórico sobre la inclusión de alumnado con discapacidad en el área de educación física, y un segundo grupo de 11 docentes con experiencia práctica en dicha área y con alumnado con discapacidad en el aula. Sus aportaciones permitieron concluir el estudio con el diseño definitivo del Procedimiento de actuación ante la inclusión de alumnado con discapacidad en el área de educación física (PAIADEF).

**Palabras clave:** educación física, discapacidad, inclusión, método Delphi

## Abstract

*Process Performance facing the Inclusion of Students with Disabilities in the Area of Physical Education (PAIADEF)*

*The aim of this study was to establish the action procedure for teachers when faced with a specific educational need in the area of physical education. We designed an investigation based on the Delphi method of three rounds. The first group of participants included five university professors with a high degree of theoretical knowledge about the inclusion of students with disabilities in the area of physical education. The second group consisted of 11 teachers with practical experience in the area of physical education and students with disabilities in the classroom. Their contributions helped conclude the study with a final design of the Action Procedure facing the Inclusion of students with disabilities in the area of Physical Education (PAIADEF).*

**Keywords:** physical education, disability, inclusion, Delphi method

\* Estudio financiado por la FUNDACIÓN ESTUDIO.



## Introducción

La educación inclusiva se basa en el proceso de incrementar y mantener la participación de todas las personas en su entorno, escuela o comunidad de forma simultánea procurando disminuir y eliminar todo tipo de aspectos que conduzcan a la exclusión (Barton, 2009).

La inclusión de alumnado con discapacidad en el aula está determinada por la dependencia multifactorial de las decisiones determinada por el docente y por el hecho de ser la enseñanza un campo de acción donde se deben tener presentes las características del contexto y del sistema educativo (Echeita, 2011).

Vlachou, Didaskalou y Voudouri (2009) nos señalan que los problemas surgen por causas como la mediocre implementación destinada a la inclusión; la falta de estrategias inclusivas del profesorado y la institución educativa y, sobre todo, por la falta de información y transmisión de la información de las adaptaciones que realiza el profesorado.

Es necesario acortar la distancia entre los valores y principios declarados a favor de la inclusión educativa y la realidad cotidiana de lo que dicho proceso significa para las personas con discapacidad; el profesorado; el alumnado en general, en definitiva, para la comunidad de la que forman parte (Echeita, 2011).

A tal fin, se planteó como objetivo principal diseñar una herramienta útil para el profesorado de Educación Física, que facilite la labor de programación y transmisión del trabajo realizado con el alumnado con discapacidad y, por tanto, posibilite el acceso y el flujo de la información.

## Material y métodos

El método Delphi es un procedimiento estructurado para la consecución de información y el establecimiento de consenso de los expertos, ampliamente aceptado en las ciencias de la educación y utilizado

recientemente en numerosas investigaciones para la construcción de instrumentos de evaluación (Rice, 2009; Ortega, 2008). Posibilita la obtención de información de grupos de diferentes localizaciones geográficas, promueve la libre opinión y se concibe como un método de estructuración del proceso de comunicación grupal efectivo a la hora de tratar un tema complejo por parte de un panel de expertos (Landeta, 2006).

El presente estudio utilizó una muestra no probabilística de 20 sujetos (jueces expertos) de los cuales 15 finalizaron el proceso. La muestra fue intencionada a fin de que representara el conocimiento teórico y práctico del objeto de estudio.

### Selección del panel de expertos

El grupo de expertos se conformó por dos grupos A y B. La capacidad predictiva del grupo A se basó en el grado de conocimiento teórico sobre la inclusión de alumnado con discapacidad en el área de educación física. En el grupo B, el criterio fue su experiencia práctica como docentes de educación física en general, y como docentes con alumnado con discapacidad en el aula de forma particular.

#### Características del grupo A. Expertos especialistas

El grupo coordinador propuso inicialmente a 8 personas de las cuales 5 concluyeron todas las fases del estudio. El perfil del panel de expertos especialistas que concluyeron el proceso se muestra en la *tabla 1*.

#### Características del grupo B. Expertos afectados o expertos prácticos

El grupo de prácticos lo formaron 12 docentes, de los cuales concluyeron 11.

Experto especialista	Grado académico	Años de docencia universitaria	Área de conocimientos	Conocimiento de las NE del alumnado en EF	Conocimiento de las NE del profesorado de EF en materia de inclusión
Especialista 1	Doctor	18	AFA	Alto	Alto
Especialista 2	Doctor	11	AFA	Alto	Alto
Especialista 3	Doctor	8	AFA	Alto	Alto
Especialista 4	Doctor	5	Didáctica	Medio	Medio
Especialista 5	Doctor	20	Didáctica	Alto	Medio

AF: Actividad Física Adaptada; EF: Educación Física; NE: necesidades educativas.

**Tabla 1**

Perfil de los expertos especialistas

Experto práctico	Grado académico	Nivel en el que imparte docencia	Años de docencia	Conocimiento NE del alumnado EF	Conocimiento de las ne del profesorado de EF en materia de inclusión
Afectado 1	Ldo. EF	Secundaria	18	Alto	Alto
Afectado 2	Maestro en EF	Primaria	15	Alto	Alto
Afectado 3	Doctora en EF	Primaria/Secundaria	9	Medio	Medio
Afectado 4	Ldo. EF	Primaria	10	Medio	Bajo
Afectado 5	Licenciado	Secundaria	21	Bajo	Bajo
Afectado 6	Ldo. EF	Secundaria	21	Medio	Bajo
Afectado 7	Maestro en EF	Secundaria	17	Bajo	Bajo
Afectado 8	Ldo. EF	Secundaria	11	Medio	Medio
Afectado 9	Ldo. EF	Secundaria	13	Medio	Bajo
Afectado 10	Ldo. EF	Secundaria	5	Medio	Bajo
Afectado 11	Maestro en EF	Primaria	12	Medio	Medio

Ldo.: Licenciado; EF: Educación Física; NE: necesidades educativas.

**Tabla 2**

Perfil de los expertos afectados

## Procedimiento

El grupo coordinador contactó con cada experto, explicando el propósito del estudio y preguntándole su disposición a participar. Después se remitió un documento en el que se reiteraba el objetivo, junto con una explicación del proceso Delphi y la primera ronda del cuestionario. El contacto se realizó por correo electrónico exceptuando aquellos casos en los que la localización geográfica permitía un contacto directo.

La dinámica a seguir en el proceso Delphi fue la propuesta por Landeta (1999). En referencia a la finalización del proceso, se debe tener presente que en esta investigación los temas de la encuesta fueron obtenidos a través de una extensa búsqueda bibliográfica y de la realización de un grupo de discusión. Las categorías resultantes permitieron la confección de la primera versión del Procedimiento de actuación ante la inclusión de alumnado con discapacidad en el área de educación física (PAIADEF).

Por este motivo, y ante el riesgo de perder muestra por su diferente localización geográfica, el grupo coor-

dinador determinó la necesidad de cubrir tres rondas para dar por finalizado el proceso de obtención y transmisión de la información.

### Primera ronda del Cuestionario Delphi

El documento remitido en la primera ronda constaba de dos partes: (A) solicitud de información sociodemográfica a los participantes; (B) PAIADEF-I estructurado como un cuestionario de respuesta dicotómica. En cada cuestión se animó a los participantes a aportar sus propias realidades tratando de recabar una información cualitativa que complementara la cuantitativa.

El PAIADEF-I estaba formado por 2 grandes apartados: Búsqueda de información y Programación didáctica.

El apartado 1, *Búsqueda de información*, se apoyaba en la presentación de dos situaciones prácticas, casos A y B, para dirigir al profesorado (ver fig. 1).

El segundo apartado del PAIADEF, denominado *Programación didáctica*, trataba de guiar al profesorado

#### APARTADO 1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

Caso A. Alumnado ya escolarizado en el centro y que presenta necesidades educativas (NE) en educación física.

Caso B. Alumnado nuevo en el centro o en el que por primera vez se detectan NE en educación física; o alumnado del Caso A del que no se ha localizado la información o ésta debe ser actualizada.

- Informe general de salud.
- Informe de actividades de la vida diaria (AVD).
- Informe de comunicación.
- Informe de socialización.



**Figura 1**  
Estructura del  
Apartado 1.  
*Búsqueda de  
Información*

**APARTADO 2. PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA**

- ¿Qué tipo de atención precisa tu alumno/a en el área de educación física?
- ¿Qué grado de atención precisa tu alumno/a en el área de educación física?

**Figura 2***Estructura del apartado 2. Programación didáctica*

en la forma de trasladar las necesidades de su alumnado a la programación de aula. A tal fin, se confeccionaron dos preguntas a responder por el docente recogidas en la figura 2.

Por último, se incluía, dentro de un subapartado denominado *Recomendaciones*, las aportaciones dadas por el grupo de discusión que abordaban aspectos referidos a la organización del centro.

En esta primera ronda sólo se remitió el documento a los expertos especialistas, a fin de recoger su opinión sobre la idoneidad del instrumento, de forma previa a la consulta al grupo de expertos prácticos.

**Segunda ronda del Cuestionario Delphi**

Obtenida la primera información del panel de especialistas se realizó la primera revisión del PAIADEF-I y se cambió la escala dicotómica por una tipo Likert de 5 puntos en la que los participantes debían responder sobre el grado de adecuación de la incorporación del ítem en cuestión en el procedimiento. Además, en cada ítem se solicitaba una valoración cualitativa de su idoneidad.

El PAIADEF-II fue remitido a la totalidad del panel. A los expertos prácticos, además, se les solicitó la información sociodemográfica.

**Tercera ronda del Cuestionario Delphi**

Recibidos los cuestionarios de la Ronda 2 y atendiendo a los resultados estadísticos y cualitativos, se procedió a confeccionar la versión III del PAIADEF preparándolo para la 3.<sup>a</sup> ronda. Se introdujeron modificaciones en la información inicial en cuanto a la explicación del objetivo del cuestionario y consideraciones sobre la forma de cumplimentar el mismo; y se simplificó la estructura revisando la redacción y presentación de los ítems.

**Análisis de datos**

El método iterativo de consulta de expertos requiere de la interpretación de los resultados para la toma de decisiones. Para este fin, se valoraron los datos cuantitativos y cualitativos extraídos de los cuestionarios empleados en las sucesivas rondas (Hung, Altschuld, & Lee, 2008).

De acuerdo con Landeta (1999), el tratamiento estadístico de cada ítem durante las diferentes rondas se realizó a través de las medidas de tendencia central e índices de dispersión, utilizando para ello el paquete estadístico Excel 2007.

**Resultados****Definición de consenso**

El grupo coordinador consideró alcanzado el consenso en un ítem cuando el 80 % de la muestra de expertos daba un valor igual o superior a 3 en la escala Likert (Ulschak, 1983; Green, 1982). Además de valorar las medidas de tendencia central y de dispersión, se optó por tomar en consideración las observaciones cualitativas emitidas por los expertos a fin de determinar su idoneidad.

**Análisis de los datos para la construcción del PAIADEF a través del método Delphi**

La ronda 1 buscaba recabar la opinión de los expertos especialistas sobre la idoneidad del PAIADEF-I de forma previa a la consulta al grupo de expertos prácticos. Las aportaciones destacaron por su interés por mejorar la información a transmitir o la corrección de aspectos de redacción y nomenclatura más idónea.

Del análisis de los datos aportados por los participantes se deduce un alto grado de valoración de la idoneidad del instrumento inicial. No obstante, el grupo coordinador, a raíz de las aportaciones recogidas, consideró necesario: cambiar la escala dicotómica por una tipo Likert de 5 puntos que valoraba la adecuación de las preguntas para su incorporación al instrumento final; corregir los errores de forma detectados, así como adecuar la nomenclatura a las indicaciones dadas por los expertos; y, por último, mantener en el instrumento las cuestiones que habían suscitado duda, sometiéndolas a valoración del grupo de expertos prácticos.



**Aspectos de forma:**

- Unificar las preguntas dándoles un sentido de unidad.
- Incorporar un glosario con los acrónimos utilizados de la nomenclatura específica.

**Aspectos de contenido:**

- Valorar la incorporación de las matizaciones referidas a las adaptaciones curriculares significativas en un anexo al documento, extrayéndolas del cuerpo del mismo.
- Eliminar el ítem 11 por considerar que su contenido está incluido en el ítem 10.
- Incorporar una pregunta relativa al formato de presentación del PAIADEF-III al docente.

**Figura 3**

Cambios propuestos por el grupo coordinador en la 2ª Ronda

Además se incorporaron en la parte final del documento dos preguntas que animaban a aportar aspectos que consideraban de interés.

En la segunda ronda, en referencia al apartado 1, *Búsqueda de información, caso A*, en general, la valoración de los ítems fue positiva ( $M = 4,38$ ;  $Mdn = 4,4$ ;  $SD = ,82$ ). En el estudio de las frecuencias un 4 % ( $n = 2$ ) consideró alguno de los ítems “no adecuados” o “poco adecuados”. Un 96 % ( $n = 53$ ) de las puntuaciones otorgó un valor igual o mayor a 3 (“adecuado”, “bastante adecuado” y “muy adecuado”). Por tanto, se alcanzó el nivel de consenso.

En referencia al apartado 1, *Búsqueda de información, caso B*, se observó una alta valoración de los ítems ( $M = 4,46$ ;  $Mdn = 4,75$ ;  $SD = ,77$ ). También los resultados del estudio de las frecuencias reflejaron valores positivos, ya que el 100 % ( $n = 117$ ) de las puntuaciones se otorgaron a una puntuación igual o superior a 3. Del análisis de los 28 ítems correspondientes a este caso B, el 100 % de los mismos fueron aceptados por cumplir con los criterios de consenso especificados.

En lo que respecta al apartado 2, *Programación didáctica*, el análisis de la valoración global denotó un consenso elevado ( $M = 4,33$ ,  $Mdn = 4,78$  y  $SD = ,97$ ). En este caso, el estudio de las frecuencias indicó valores positivos en general, pero negativos en algunos de los casos. Globalmente, un 5,55 % ( $n = 11$ ) de las puntuaciones valoraron los ítems planteados con 1 o 2, es decir “no adecuados” o “poco adecuados”. Y un 94,44 % ( $n = 187$ ) de las puntuaciones fueron igual o superior a 3.

Del análisis de los 18 ítems correspondientes al apartado 2, *Programación didáctica*, 14 fueron aceptados. Sin embargo, los referidos a adaptaciones curriculares, no pudieron aceptarse al no alcanzarse el consenso.

Complementando los datos cuantitativos se tomaron las opiniones de los expertos prácticos. Estas presentaban un marcado matiz práctico derivado de la experiencia docente. En general, se referían a la necesidad de revisar los aspectos de forma, además de apuntar y dejar ver las diferencias de trato de la asignatura en los centros.

Ante los resultados cuantitativos y cualitativos, el grupo coordinador consideró necesario realizar los cambios recogidos en el *figura 3* antes de someterlo a la tercera y última ronda de valoración.

Por último, en la ronda 3, a raíz del análisis de los resultados se consideró alcanzado un nivel alto de consenso. Los datos recogidos de la aportación de los expertos presentaban algunos problemas de interpretación derivados del hecho de que tres expertos especialistas dieron como válido el instrumento aportando sólo algunas matizaciones cualitativas.

En el caso del apartado 1, *Búsqueda de información, caso A*, se alcanzó el consenso al considerar, más del 80 % de los expertos, la adecuación de los ítems para su incorporación al documento guía para el profesorado de educación física.

En referencia al caso B del mismo apartado anterior, se consideró alcanzado el consenso en cada ítem dado que el 100 % de las respuestas de los expertos valoraron como adecuado o muy adecuado la incorporación de los ítems propuestos en el PAIADEF-III. En la misma situación se encontraron los ítems referidos al apartado 2, *Programación didáctica* (ver *tabla 3*).

A raíz de los resultados, el grupo coordinador consideró alcanzado el consenso sobre la idoneidad de cada uno de los ítems para su incorporación al Procedimiento de actuación ante la inclusión de alumnado con discapacidad en el área de educación física (PAIADEF).

ÍTEM	GC (%)
<b>APARTADO 1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN</b>	
<b>A1.</b> Revisar el apartado de atención a la diversidad de la programación del curso anterior.	100
<b>A2.</b> Acudir al expediente del alumno/a en búsqueda de información relevante para el área de educación física (ej. informe médico; adaptaciones realizadas; etc.).	100
<b>A3.</b> Acudir al Departamento de Orientación o SPES en búsqueda de información general y específica para el área de educación física.	91
<b>A4.</b> Reunirse con los diferentes profesionales (educador; fisioterapeuta; logopeda, etc.) que atienden al discente. En caso de estar atendido por profesionales externos (ej.: CRE ONCE) solicitar información al profesional de apoyo de educación física.	100
<b>A5.</b> Solicitar la PGA y la memoria del curso anterior.	91
<b>B1.</b> ¿El alumno/a presenta una disfunción que significa la modificación de contenidos respecto al grupo o la necesidad de unas consideraciones específicas para la práctica de actividad física? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ (solicita la siguiente información): <ul style="list-style-type: none"> <li>Informe médico, con o sin contraindicaciones, a la práctica de actividad física. En caso de indicar contraindicaciones, estas deberían ser específicas al tipo de actividad.</li> <li>Informe del fisioterapeuta escolar (si se dispone de él) y acordar las necesidades de material para la realización de actividad física (sillas de ruedas; canaletas, etc.); normas de seguridad; actitud postural, etc.</li> </ul>	100
<b>B2.</b> ¿El alumno/a debe asistir a fisioterapia escolar? NO; SÍ (solicita una reunión con el fisioterapeuta al objeto de): <ul style="list-style-type: none"> <li>Consensuar la línea de trabajo a desarrollar en cada área de forma que se pueda establecer un trabajo conjunto del área motora.</li> <li>Recordar la necesidad de NO suplantar la asignatura de educación física por fisioterapia.</li> </ul>	91
<b>B3.</b> ¿El alumno/a toma medicación de forma regular? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ (se necesitan conocer los siguientes aspectos): <ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo de medicación y latencia de la misma.</li> <li>Efectos secundarios de la medicación y su incidencia en el área motriz y de relación social.</li> </ul>	100
<b>B4.</b> ¿El alumno/a puede presentar episodios esporádicos (ej: epilepsia; diabetes) que requieran del suministro de medicación por parte del personal del Centro? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ: <ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer un protocolo de actuación, consensuado con la familia, que responda a: quién, cómo y cuándo suministrar la medicación al alumno; y a quién informar en caso de producirse una crisis. El acuerdo debe plasmarse en un escrito firmado por la familia.</li> </ul>	100
<b>B6.</b> ¿El alumno/a precisa ayuda en las AVD? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ (solicita una reunión con el educador y/o la familia al objeto de): <ul style="list-style-type: none"> <li>Consensuar con la familia, el educador y el alumno/a la pauta de funcionamiento en el área de educación física atendiendo a las particularidades de esta (ej. Cambio de ropa al finalizar la sesión).</li> <li>Establecer los apoyos (profesionales o de alumnado) para la autonomía personal durante la sesión de educación física.</li> </ul>	100
<b>B7.</b> ¿El alumno/a precisa apoyo en la orientación espacial en las instalaciones del área de educación física (ej. alumno/a con ceguera)? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ (solicita una reunión con el profesional de apoyo y/o la familia al objeto de): <ul style="list-style-type: none"> <li>Consensuar con la familia, el alumno/a y el profesional de apoyo la forma de crear las referencias de orientación para el alumno/a y la pauta de adecuación de la instalación (ej. plano de situación).</li> </ul>	100
<b>B8.</b> ¿El alumno/a presenta necesidades en la comunicación? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ (solicita una reunión con el Departamento de Orientación o Gabinete Psicopedagógico; familia; alumno/a, en la que abordar): <ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema de comunicación que emplea el alumno/a (información; formación; uso).</li> <li>Establecer con el alumno/a la forma de comunicarse con él durante el desarrollo de las sesiones de educación física.</li> <li>Establecer con el alumno/a la forma de transmitirle los documentos escritos referidos al área.</li> </ul>	100
<b>B9.</b> ¿Es necesario que el grupo-clase conozca las características de comunicación del alumno/a? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ (solicita una reunión con la tutora y acuerda una tutoría con el grupo-clase en la que): <ul style="list-style-type: none"> <li>Informar y consensuar con el grupo la forma de comunicarse en el área de educación física atendiendo a la casuística de las diferentes instalaciones y actividades.</li> </ul>	100
<b>B10.</b> ¿El alumno/a presenta una patología conductual que interfiere en la forma de relacionarse? NO (pasa a la siguiente pregunta); SÍ (solicita una reunión con el Departamento de Orientación o Gabinete Psicopedagógico; familia; alumno/a, al objeto de): <ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar información de cómo afrontar los comportamientos disruptivos que puede presentar el alumno/a.</li> <li>Pactar con el alumno/a y su familia la forma de proceder en el área de educación física. Adoptar como normas de clase aquellos aspectos generales a considerar de forma específica para el alumno/a (ej.: normas de funcionamiento).</li> </ul>	100

**Tabla 3**

Resultados de la tercera ronda del estudio Delphi: ítems y porcentaje de grado de consenso (GC)

ÍTEM	GC (%)
<b>APARTADO 2. PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA</b>	
<b>1.</b> ¿Qué tipo de atención precisa tu alumno/a en el área de educación física?	100
<b>2.</b> ¿Qué grado de atención precisa tu alumno/a en el área de educación física? • Adaptación Curricular Individual Significativa (ACIS). • Adaptación de Acceso.	100
<b>ACIS</b> Si has elegido ACIS debes recordar que: • La ACIS es una medida extraordinaria que solo se aplica al alumnado con necesidades educativas especiales (NEE) cuando se concluya que NO son suficientes las otras medidas ordinarias previstas. • La decisión de que un alumno/a continúe su enseñanza con ACIS sólo se adopta después de determinar que presenta unas NEE, permanentes o temporales, por medio de la evaluación psicopedagógica y a propuesta del profesorado. • Se considera ACIS cuando la distancia entre el currículum ordinario del grupo-clase y el adaptado para ese alumno/a sea como mínimo de un ciclo. • Se adopta en el primer curso de cada ciclo, aunque es posible proponerla a partir del segundo curso pero sólo con la duración de ese curso. • Existe un documento específico para crear una ACIS y un procedimiento para su determinación. Contacta con el Departamento de Orientación o Gabinete psicopedagógico para más información.	100
<b>Acceso</b> Si has elegido Adaptación de Acceso debes recordar que: • Se produce cuando las NEE del alumnado derivan de condiciones personales de discapacidad motora, sensorial o psíquica que le impiden la utilización de los medios ordinarios de acceso al sistema educativo. • Consiste en la dotación extraordinaria de recursos técnicos o materiales o en la intervención de profesionales especializados (audición y lenguaje; fisioterapia; educador de educación especial, etc.) que le posibilite acceder al aprendizaje. • Para más información, consulta la Orden de 18 de junio de 1999, de la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència (DOCV núm. 3527, de 29.6.1999). • Existe un documento específico para crear una Adaptación de Acceso y un procedimiento para su determinación. Contacta con el Departamento de Orientación o Gabinete psicopedagógico para más información.	100
<b>Recuerda:</b> • Incorporar todas tus actuaciones en el expediente del alumno. • No existe la exención completa de la asignatura.	100
<b>Recomendación 1.</b> REUNIÓN INICIAL. Reunión interdisciplinar de inicio de curso por grupo-clase. En ella intervienen todos los profesionales implicados en la atención al alumno con NEE. Objetivo: Informar de las NEE y concluir una acción conjunta. Las conclusiones se añadirán a los documentos correspondientes y se tendrán en cuenta en la elaboración de la programación de aula.  REUNIÓN DE EVALUACIÓN 0. Reunión del equipo de evaluación en la que se proponen los casos de atención educativa especial del grupo. Objetivo: dar a conocer el alumnado con nee detectado en el área de educación física y las posibles actuaciones a realizar.  REUNIONES DE ACCIÓN. Reunión del equipo de evaluación y profesionales de apoyo. Objetivo: atender los problemas puntuales que puedan surgir referidos al alumno con nee y en los que es necesaria una actuación interdisciplinar.	100
<b>Recomendación 2.</b> PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN. Actuaciones que se realizan con el grupo-clase; profesorado; alumnado en general. En ellas se dan a conocer las particularidades de un colectivo o alumno. Permiten, a través del conocimiento, una ruptura de las barreras sociales. Niveles de actuación: tutoría; ciclo en el que cursa el alumno/a; alumnado en general; profesorado del alumno/a; profesorado en general; la comunidad escolar.	100

**Tabla 3** (continuación)

Resultados de la tercera ronda del estudio Delphi: ítems y porcentaje de grado de consenso (GC)



## Discusión y conclusiones

La atención al alumnado con capacidades diferentes es una realidad en el área de educación física. Diversos estudios han demostrado la necesidad de repensar la escuela e ir un paso más allá para avanzar en pro de la inclusión y de una enseñanza de calidad que abarque a todos (Echeita, 2011; Puigdemívol, 2009).

Esta investigación tenía como objetivo crear un instrumento que permitiera guiar la labor docente en la fase de programación de la atención al alumnado con discapacidad en el área de educación física. A tal fin se sometió a la valoración de expertos los ítems extraídos de la discusión de un grupo de profesionales implicados en el área en cuestión.

Utilizando la técnica Delphi se alcanzó un amplio consenso en la estructura y los ítems que conformaron el Procedimiento de actuación ante la inclusión de alumnado con discapacidad en el área de educación física (PAIADEF).

La estructura del instrumento inicial fue considerada como idónea por el panel de expertos. De tal forma que tras la tercera ronda se alcanzó un consenso superior al 91 % en cada uno de los ítems que forman el PAIADEF.

El PAIADEF refleja la interdependencia y dinamismo que deben tener los componentes educativos en el tratamiento a la diversidad. Además, como nos indica Echeita (2011), centra la atención en los aspectos relativos a la organización y al funcionamiento escolar como inhibidores o facilitadores de la participación del alumnado con discapacidad.

La disposición de la información necesaria para afrontar la programación de las respuestas a las necesidades del alumnado con capacidades diferentes es considerado como un elemento esencial en los manuales de atención a la diversidad consultados (Mendoza, 2009; Rios, 2003).

### Apartado 1. Búsqueda de información

El 80 % de los expertos consideró que el Caso A de este apartado y los diferentes pasos a seguir por el docente eran adecuados para su incorporación al PAIADEF. En él se recogían los diferentes estamentos y documentos oficiales del centro donde se debían recoger las necesidades del alumnado y la atención realizada.

De igual forma, el 100 % de los panelistas apreciaron que el caso B y sus diferentes cuestiones eran

idóneos. Esta parte del documento se estructuró finalmente a través de cuatro bloques iniciales: informe general de salud; informe del área de autonomía personal; informe de comunicación, e informe de socialización. Las áreas contempladas permiten una búsqueda de la información viendo a la persona de forma integral.

### Apartado 2. Programación didáctica

El 100 % de la muestra consideró adecuados los ítems. En este apartado se fusionan las particularidades de los contenidos y las tareas didácticas de la asignatura con las características del alumno o alumna. El guiado mediante preguntas permite orientar al docente en función del grado de necesidades de su alumno.

Por otro lado, en referencia a las recomendaciones, el consenso obtenido desde la primera ronda hizo que se incorporara una propuesta de actuaciones que centran la atención en el trabajo interdisciplinar para la atención a la diversidad.

A tenor de los resultados concluimos que el PAIADEF se muestra como un instrumento adecuado para la guía del profesorado en el proceso de atención a un alumno con discapacidad en el área de educación física. Sin embargo, el tamaño de la muestra y su localización geográfica permite apuntar la necesidad de validarlo en una futura fase de investigación.

Por otro lado, en referencia al formato de presentación del PAIADEF ante el docente, los expertos optaron por el uso de un medio digital interactivo.

De igual forma, con la finalidad de seguir acortando las distancias entre lo que Echeita (2011) denominaba los valores y principios teóricos de la inclusión educativa y la realidad de las aulas, de las aportaciones de los expertos se deriva la necesidad de ahondar en la valoración de las capacidades del alumnado y la conversión de éstas en necesidades en función de los contenidos y actividades.

## Referencias

- Barton, L. (2009). Estudios sobre discapacidad y la búsqueda de la inclusividad. Observaciones. *Revista de Educación* (349), 137-152.
- Echeita, G. (2011). De los derechos a la política. Ámbitos de intervención y procesos de cambio para avanzar hacia una educación de calidad para todos (Máster en integración de personas con discapacidad). Universidad de Salamanca, Salamanca.

- Green, B. F. (1954). Attitude measurement. En G. Lindzey (Ed.). *Handbook of Social Psychology* (Vol. I, pp. 335-369). Reading, MA: Adison-Wesley.
- Hung, H. L., Altschuld, J. W., & Lee, Y. F. (2008). Methodological and conceptual issues confronting a cross-country Delphi study of educational program evaluation. *Evaluations and Program Planning*, 31(2), 191-198. doi:10.1016/j.evalprogplan.2008.02.005
- Landeta, J. (1999). *El método Delphi*. Barcelona: Ariel Practicum.
- Landeta, J. (2006). Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological Forecasting & Social Change*, 73(5), 467-482. doi:10.1016/j.techfore.2005.09.002
- Mendoza, N. (2009). *Propuestas prácticas de educación física inclusiva para la etapa de secundaria*. Madrid: INDE.
- Ortega, F. (2008). El método Delphi, prospectiva en Ciencias Sociales. *Revista EAN* (64), 31-54.
- Puigdemívol, I. (Junio, 2009). La Escuela Inclusiva como marco de referencia. En *I Jornadas Educación Física, Inclusión y Alumnado con Discapacidad*. Barcelona.
- Rice, K. (2009). Priorities in K-12 distance education: A Delphi study examining multiple perspectives on policy, practice, and research. *Educational Technology & Society*, 12(3), 163-177.
- Ríos, M. (2003). *Manual de educación física adaptada al alumnado con discapacidad*. Barcelona: Paidotribo.
- Ulschak, F. L. (1983). *Human resource development: The theory and practice of needs assessment*. Reston, VA: Reston Publishing Company, Inc.
- Vlachou, A., Didaskalou, E., & Voudouri, E. (2009). Adaptaciones en la enseñanza de los maestros de Educación General: repercusiones de las respuestas de inclusión. *Revista de Educación* (349), 179-202.

# Importancia del autoconcepto físico y la autoeficacia general en la predicción de la conducta de práctica física

*Importance of the Physical Self-concept and the General Self-efficacy in Predicting the Behaviour of Physical Practice*

**RAFAEL E. REIGAL GARRIDO**

Grupo Investigación CTS-642, IDAFISAD  
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte  
Universidad de Granada (España)

**ANTONIO VIDERA GARCÍA**

Departamento de Psicología Social, Antropología Social, Trabajo Social y Servicios Sociales  
Facultad de Psicología  
Universidad de Málaga (España)

**IGNACIO MARTÍN TAMAYO**

Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento  
Facultad de Psicología  
Universidad de Granada (España)

**ROCÍO JUÁREZ RUIZ DE MIER**

Hospital Xanit Internacional (Benalmádena, Málaga - España)

**Correspondencia con autor**

Rafael E. Reigal Garrido  
[rafareigal@gmail.com](mailto:rafareigal@gmail.com)

## Resumen

El propósito de este trabajo es examinar la importancia que tiene el autoconcepto físico y la autoeficacia general en la predicción de la conducta de práctica física en una muestra de adolescentes. El número de participantes es de 1588, pertenecientes a la ciudad de Málaga (España), con edades comprendidas entre los 14 y 16 años ( $M = 15,11$ ;  $DT = 0,78$ ). Se trata de un estudio transversal en el que se usa la encuesta para obtener los datos. Además de recoger información sobre la actividad fisicodeportiva realizada y el sexo, se han utilizado diversos instrumentos para medir los constructos objeto de estudio, como el *Cuestionario de Autoconcepto Físico* (CAF) y la *Escala de Autoeficacia General* (EAG). Los análisis de regresión logística binaria efectuados indican que ambos constructos predicen de forma significativa la conducta de práctica física para el total de la muestra, teniendo en cuenta que el modelo incluye las dimensiones condición física, habilidad física y fuerza, así como la autoeficacia general. Sin embargo, cuando se analiza en función del sexo, la percepción de eficacia general queda también excluida en el caso de las chicas.

**Palabras clave:** adolescencia, autoconcepto físico, autoeficacia general, práctica física

## Abstract

### *Importance of the Physical Self-concept and the General Self-efficacy in Predicting the Behaviour of Physical Practice*

*The purpose of this paper is to examine the importance of physical self-concept and self-efficacy in predicting the overall behaviour of physical practice in a sample of adolescents. The number of participants is 1588, all of them from Málaga (Spain), aged between 14 and 16 years ( $M = 15.11$ ,  $SD = 0.78$ ). This is a cross-sectional study in which the survey is used to obtain the data. In addition to collecting information on physical activity and sport and gender, different tools were used to measure the constructs under study, such as a physical self-concept Questionnaire (CAF) and the General Self-Efficacy Scale (EAG). The binary logistic regression analysis carried out indicates that both constructs significantly predict the behaviour of physical exercise for the whole sample, given that the model includes dimensions such as fitness, physical ability and strength, and overall self-efficacy. However, when analysed according to gender, the perception of overall effectiveness is also excluded in the case of girls.*

**Keywords:** adolescence, physical self-concept, general self-efficacy, physical practice



## Introducción

El incremento de los automatismos y el cambio de tendencias en el tiempo de ocio ha contribuido al aumento del sedentarismo y los riesgos que conlleva (Buhring, Oliva, & Bravo, 2009; Niñerola, Capdevila, & Pintanel, 2006). La adquisición y consolidación de hábitos de vida es el resultado de un proceso de socialización y motivación, en el que interaccionan múltiples factores, tanto personales como de carácter externo (Esteve, Musitu, & Lila, 2005; Fernández, Contreras, García & González, 2010). En las últimas décadas, han surgido diversos modelos teóricos que intentan explicar las vías mediante las cuales las personas inician y mantienen una actividad física, como la teoría de la atribución (Weiner, 1986), autoeficacia (Bandura, 1986), autodeterminación (Deci & Ryan, 1985) o metas de logro (Nicholls, 1989).

En la adolescencia, uno de los elementos más importantes para un desarrollo equilibrado es el autoconcepto, estando relacionado con el correcto funcionamiento personal y social (Esnaola, Goñi & Madariaga, 2008; Garaigordobil & Berruero, 2007). Este constructo hace referencia al conjunto de percepciones que una persona tiene de sí misma, generándose a partir de la experiencia y las interpretaciones que se hacen del contexto ambiental (Esnaola, 2005a). Se considera que el autoconcepto condiciona la conducta, puesto que aquellos que se sientan más competentes actuarán con mayor determinación y seguridad ante diferentes tareas (Oñate, 1989; Saura, 1996). En esta etapa, cuando se tiene un autoconcepto negativo se pierde el sentido de la identidad propia, siendo más fácil caer en depresión, drogas o alcohol, acercándose a conductas más saludables cuando éste es positivo (Esnaola, 2005b; Pastor, Balaguer, & García, 2000).

Actualmente, el modelo explicativo que predomina es aquel que interpreta su naturaleza múltiple, existiendo un nivel de rango general y otros más específicos, como el físico (Shavelson, Hubner & Stanton, 1976). Éste se puede definir como el conjunto de percepciones que tienen los individuos de sus habilidades y apariencia física, diferenciándose, dentro de él, otros factores más específicos (Esnaola, Rodríguez, & Goñi, 2011; Fox & Corbin, 1989). Es de gran importancia en la adolescencia, estando implicado en la relación con el entorno y el rendimiento en ámbitos tan importantes como el académico, social o deportivo (Guillén & Ramírez, 2011; Slutzky & Simpkins,

2009). En esta línea, varios trabajos han puesto de manifiesto que niveles más elevados de este constructo aumentan las probabilidades de iniciar o mantener conductas de práctica física (Esnaola & Revuelta, 2009; Infante & Goñi, 2009).

Por otro lado, la Teoría de la Autoeficacia señala que los aspectos cognitivos de cada persona son fundamentales en el proceso de determinación de su conducta. La autoeficacia se puede definir como los juicios que posee cada individuo sobre sus propias competencias, considerándolos fundamentales en la organización y ejecución de sus actuaciones. Se construye a través de un complejo proceso en el que influyen aspectos como el éxito previo, la experiencia vicaria, la persuasión verbal o los estados fisiológicos (Bandura, 1986; Weinberg & Stockham, 2000). Incide en la motivación de las personas ante una acción determinada, de forma que una percepción de eficacia más elevada aumentará el esfuerzo y persistencia con la que se afronta. Por otro lado, una percepción pobre disminuirá la posibilidad de acometer una tarea y se cesará en el empeño si esta se considera difícil (Bandura, 1997).

Aunque la autoeficacia se ha valorado en numerosas ocasiones de forma específica, diversos autores defienden el uso de una medida más general para valorar el sentimiento de eficacia en un conjunto amplio de situaciones (Luszczynska, Scholz, & Schwarzer, 2005; Schwarzer, 1992; Schwarzer & Jerusalem, 1995), lo que significa que una persona tiene la capacidad para transferir sentimientos negativos o positivos de eficacia a un amplio espectro de tareas. De esta forma, independientemente de la percepción específica ante un problema, existe una sensación de eficacia general que impregna gran parte de sus actuaciones (Sanjuán, Pérez & Bermúdez, 2000). En cualquier caso, aunque ambas concepciones difieran en el grado de generalidad, coinciden en su importancia como determinantes de la adaptaciones ante nuevos acontecimientos (Martín et al., 2002).

Varios estudios y teorías analizan la relación de la autoeficacia con las conductas vinculadas a la salud. Uno de los argumentos sobre los que se basan es que si una persona se siente capaz de emprender un hábito saludable, la probabilidad de persistir será mayor al inicio. De igual forma, a medida que un individuo va observando que es eficaz para acometer una tarea, la seguridad para seguir manteniéndola se reforzará

(Landro & González, 2003; Ruiz, Berrocal, López, & Rivas, 2003). En concreto, la práctica de actividad física es uno de los hábitos que se ha estudiado con relación a la autoeficacia, obteniéndose datos que indican la existencia de niveles más elevados de autoeficacia en aquellas personas que la realizan regularmente (Olivari & Urra, 2007; Ortega, 2005).

En función de las evidencias existentes en la bibliografía consultada, este estudio pretende determinar la relación entre las percepciones de autoconcepto físico y autoeficacia general con la conducta de práctica física. La hipótesis de esta investigación señala que el autoconcepto físico y la percepción de eficacia general predicen la conducta de práctica física en la muestra estudiada.

## Método

### Participantes

Los participantes de este estudio son 1588 adolescentes de la ciudad de Málaga (España), siendo el 47,36 % chicos ( $n = 752$ ) y el 52,64 % chicas ( $n = 836$ ), con edades comprendidas entre los 14 y 16 años ( $M = 15,11$ ;  $DT = 0,78$ ). De la muestra total, el 59,76 % practica actividad física regular ( $n = 949$ ), así como el 78,46 % de los chicos ( $n = 590$ ) y el 42,96 % de las chicas ( $n = 359$ ). La muestra ha sido seleccionada mediante proceso aleatorio por conglomerados, polietápico estratificado (Ramos, Catena, & Trujillo, 2004). Las unidades de primera etapa son los centros escolares, las de segunda etapa las aulas y las de tercera etapa los alumnos.

### Instrumentos

a) *Cuestionario Sociodemográfico*. Se han incluido varios ítems con cuestiones relativas al sexo, la edad y la práctica física realizada, para situar la muestra objeto de estudio.

b) *Cuestionario de Autoconcepto Físico* (CAF) (Goñi, Ruiz de Azúa, & Rodríguez, 2006). Se divide en la siguientes dimensiones: habilidad física (HF), condición física (CF), atractivo físico (AF), fuerza (F), incluyendo dos subescalas gracias a las que se obtienen medidas complementarias de autoconcepto físico general (AFG) y autoconcepto general (AG). Está formado por 36 ítems, 20 redactados de manera directa y 16 de forma inversa. Se contesta mediante una escala del 1

al 5, siendo 1 un grado de desacuerdo alto con el ítem y 5, muy de acuerdo. Los análisis de fiabilidad (Alfa de Cronbach) originales, sobre población adolescente española, indican valores que oscilan entre 0,79 y 0,88, estando en este trabajo entre 0,71 y 0,82.

c) *Escala de Autoeficacia General* (AEG) de Schwarzer y Jerusalem (1995), en la versión en castellano de Baessler y Schwarzer (1996). Formada por 10 ítems, mide el sentimiento estable de competencia para manejar diversas situaciones. Ha sido utilizada con población española en varias ocasiones, siendo adecuadas sus propiedades psicométricas (Martín et al., 2002; Sanjuán et al., 2000). Se responde mediante una escala del 1 al 4, siendo 1 un grado de desacuerdo alto con el ítem y 4, muy de acuerdo. En el estudio realizado por Sanjuán et al. (2000) se obtiene una consistencia interna de 0,87 (Alfa de Cronbach), siendo para este trabajo de 0,82.

### Procedimiento

Se ha empleado una metodología correlacional de tipo transversal, utilizando la encuesta como herramienta para la toma de datos (Ramos et al., 2004; Salkind, 1999). La muestra se ha obtenido de los centros escolares, solicitando consentimiento previo a los padres e indicando que la participación sería anónima y voluntaria. Los cuestionarios son autoadministrables, estando presente un responsable de estos para explicarlos adecuadamente, y resolver posibles dudas.

### Análisis de los datos

Se han realizado en este trabajo análisis descriptivos e inferenciales. Para observar la capacidad del autoconcepto físico y autoeficacia general en la predicción de la conducta de práctica física se ha realizado un análisis de regresión logística binaria. Para el tratamiento informático se ha usado el paquete estadístico SPSS en su versión 15.0.

## Resultados

### Análisis descriptivos

En las tablas 1 y 2 se reflejan las medias obtenidas por los participantes del estudio en las diferentes medidas del autoconcepto y autoeficacia.

	Muestra total M (DT)	No practica M (DT)	Practica M (DT)
Habilidad física	3,48 (0,84)	3,09 (0,80)	3,75 (0,76)
Condición física	3,29 (0,94)	2,79 (0,82)	3,62 (0,86)
Atractivo físico	3,39 (0,90)	3,25 (0,89)	3,49 (0,90)
Fuerza	3,05 (0,85)	2,68 (0,73)	3,30 (0,84)
Autoconcepto físico general	3,65 (0,88)	3,43 (0,87)	3,80 (0,85)
Autoconcepto general	3,96 (0,74)	3,84 (0,73)	4,04 (0,72)
Autoeficacia general	2,95 (0,47)	2,84 (0,46)	3,02 (0,47)

**Tabla 1**  
Estadísticos descriptivos para la muestra total y en función de la práctica física

	Chicos		Chicas	
	No M (DT)	Sí M (DT)	No M (DT)	Sí M (DT)
Habilidad física	3,24 (0,78)	3,86 (0,71)	3,04 (0,81)	3,56 (0,81)
Condición física	3,06 (0,83)	3,82 (0,80)	2,70 (0,79)	3,29 (0,87)
Atractivo físico	3,23 (0,81)	3,61 (0,80)	3,26 (0,92)	3,30 (1,01)
Fuerza	2,98 (0,73)	3,54 (0,77)	2,58 (0,70)	2,91 (0,80)
Autoconcepto físico general	3,42 (0,82)	3,93 (0,76)	3,44 (0,88)	3,57 (0,94)
Autoconcepto general	3,74 (0,68)	4,07 (0,73)	3,87 (0,75)	3,99 (0,71)
Autoeficacia general	2,80 (0,47)	3,06 (0,47)	2,86 (0,46)	2,97 (0,46)

**Tabla 2**  
Estadísticos descriptivos en función de la práctica física para chicos y chicas

### Modelo de regresión logística

Los valores de asimetría (entre -0,73 y 0,12) y curtosis (entre -0,77 y 0,68) cumplen con el criterio de normalidad propuesto por Curran, West y Finch (1996). Se han efectuado análisis de regresión logística (tabla 3) para determinar la conducta de práctica física a partir del autoconcepto y la autoeficacia general. El modelo, que incluye habilidad física, condición física, fuerza y autoeficacia general, explica el 30 % de la varianza ( $R^2$  Nagelkerke = 0,30), clasificando correctamente al 71,42 % de los casos, con un valor en la prueba ómnibus significativo ( $p < 0,001$ ) y de la prueba de Hosmer y Lemeshow no significativo ( $p > 0,05$ ). Los valores más altos los obtienen las subescalas condición física ( $\text{Exp}(B) = 2,02$ ) y fuerza ( $\text{Exp}(B) = 1,64$ ).

Para los chicos, el modelo incluye habilidad física, condición física, fuerza y autoeficacia general, explicando el 26 % de la varianza ( $R^2$  Nagelkerke = 0,26), clasificando correctamente al 80,19 % de los casos, con un valor de la prueba ómnibus significativo ( $p < 0,001$ ) y de la prueba

de Hosmer y Lemeshow no significativo ( $p > 0,05$ ). Los valores más altos los obtienen la condición física ( $\text{Exp}(B) = 1,89$ ) y la autoeficacia general ( $\text{Exp}(B) = 1,76$ ).

Para las chicas, el modelo incluye habilidad física, condición física y fuerza, explicando el 18 % de la varianza ( $R^2$  Nagelkerke = 0,20), clasificando correctamente al 68,27 % de los casos, con un valor de la prueba ómnibus significativo ( $p < 0,001$ ) y de la prueba de Hosmer y Lemeshow no significativo ( $p > 0,05$ ). Los valores más altos los obtiene la subescala condición física ( $\text{Exp}(B) = 1,78$ ).

### Discusión y conclusiones

Al revisar la bibliografía existente, vinculada con el fenómeno analizado, se puede observar que los esfuerzos realizados por los investigadores para determinar la relación entre la práctica de actividad física y los constructos estudiados indican que esta se produce de manera bidireccional. Por un lado, tener percepciones positivas del

Variable criterio	Variables predictoras	B	E.T.	Wald	Sig.	Exp(B)
Práctica física (Muestra total)	Habilidad física	0,354	0,10	14,66	0,000	1,43
	Condición física	0,702	0,09	68,15	0,000	2,02
	Fuerza	0,496	0,08	35,28	0,000	1,64
	Autoeficacia general	0,284	0,13	4,57	0,033	1,33
Práctica física (Chicos)	Habilidad física	0,446	0,15	8,48	0,004	1,56
	Condición física	0,637	0,14	21,87	0,000	1,89
	Fuerza	0,445	0,14	9,68	0,002	1,56
	Autoeficacia general	0,564	0,22	6,63	0,010	1,76
Práctica física (Chicas)	Habilidad física	0,362	0,12	8,82	0,003	1,44
	Condición física	0,576	0,11	25,45	0,000	1,78
	Fuerza	0,228	0,11	4,13	0,042	1,26

**Tabla 3**  
Análisis de regresión logística (adelante-condicional)

concepto y la eficacia personal puede favorecer el acceso a este tipo de tareas. Por otro, la práctica regular de actividad física conlleva el aumento en la valoración de dichas autoevaluaciones (Fox, 2000; Lindgren, Baigi, Apitzsch, & Bergh, 2011; Ortega, 2005). Los resultados encontrados ponen de relieve la relación existente entre las autopercepciones objeto de estudio y la práctica regular de actividad física, lo que se encuentra en consonancia con los hallazgos puestos de relieve en la bibliografía.

Además, otras investigaciones y teorías han señalado que estas percepciones pueden predecir el compromiso y, por tanto, la continuidad en muchas de las tareas desarrolladas por el ser humano. Por ejemplo, se considera que, mediante la evaluación de la autoeficacia, es posible señalar el esfuerzo que una persona empleará para llevar a cabo una acción, así como mantenerla, aunque existan circunstancias adversas. Todo ello, estando asociado con los patrones de pensamiento y las reacciones emocionales que se experimentan (Bandura, 1982; Olaz, 2004). En esta línea, y concretando en el autoconcepto, Moreno, Moreno y Cervelló (2007) han efectuado un estudio sobre una muestra de adolescentes españoles, encontrando que el autoconcepto físico predice la intención de seguir siendo físicamente activo, en el que la competencia percibida es el principal predictor.

No obstante, en este trabajo no se puede vincular el efecto de una variable sobre otra, dado el diseño transversal del mismo, por lo que hay que ser cautos a la hora de valorar los resultados. En cualquier caso, son diversos los estudios que han utilizado este mismo diseño en poblaciones de edades similares, obteniendo resultados parecidos, tanto en el total de la muestra como por sexo. En algunos casos, incluso se ha usado el mismo instrumento para las medidas específicas del autoconcepto físico y las más generales (Esnaola & Zulaica, 2009; Goñi, Ruiz de Azúa & Rodríguez, 2004; Infante & Goñi, 2009; Revuelta & Esnaola, 2011). Igualmente, otros trabajos han señalado la relación existente entre la autoeficacia, tanto específica como general, y la práctica de actividad física en la adolescencia (Hernández-Álvarez, Velázquez-Buendía, Martínez-Gorroño, & Garoz-Puerta, 2009; Luszczynska, Gibbons, Piko, & Tekozel, 2004).

Las diversas fuentes consultadas han demostrado, ampliamente, que este tipo de variables tienen una alta implicación en el comportamiento de los niños y adolescentes en aspectos relacionados con la salud, existiendo evidencias que muestran la capacidad predictiva que poseen, como, por ejemplo, la autoeficacia (Klein-Hessling, Lohaus, & Ball, 2005). Se considera que las percepciones generales de este constructo son válidas para valorar estas situacio-

nes, empleándose cuestionarios de autoeficacia general en numerosos estudios que abordan este fenómeno (Cid, Orellana, & Barriga, 2010). Por otro lado, el autoconcepto es otro de los factores que se han utilizado para predecir conductas de salud. Por ejemplo, Moreno, Moreno y Cervelló (2009) investigaron a un grupo de adolescentes y observaron que la conducta de beber, fumar y practicar actividad física tenía relación y podían ser predichas mediante la valoración de autoconcepto físico percibido.

En el presente estudio, la condición física, habilidad física y fuerza, han sido dimensiones del autoconcepto físico que han quedado incluidas en el modelo de regresión. Sin embargo, y en la línea de lo planteado por otros estudios, la condición física ha tenido valores ligeramente superiores, indicando su alto valor predictivo (Fox & Corbin, 1989; Sonstroem, Speliotis, & Java, 1992). El atractivo físico ha quedado excluido de los análisis, coincidiendo con otros trabajos que señalan la poca relación existente entre dicha percepción y la práctica de actividad física (Esnaola, 2005a; Goñi et al., 2004). La percepción de autoeficacia general se ha incluido en todos los análisis, lo que revela la importancia de esta percepción en la predicción de la conducta de práctica física en la muestra de esta investigación, tal y como señala el modelo cognitivo social de práctica física indicado por Bandura (2004).

Los resultados del modelo de regresión logística indican que el autoconcepto físico y la percepción de eficacia general son variables válidas para predecir la conducta de práctica física. Al no tratarse de un estudio en el que se puedan establecer relaciones causales es difícil determinar el sentido de las relaciones aunque se ponen de manifiesto las relaciones existentes entre dichos constructos y la práctica regular de actividad física, lo que pone de relieve que deben considerarse cuando se quiere valorar el impacto de la actividad física sobre la salud y cuando se proyectan programas de promoción de la actividad física, dada la implicación de estos factores (Olivari & Urra, 2007).

## Referencias

- Baessler, J., & Schwarzer, R. (1996). Evaluación de la Autoeficacia: Adaptación Española de la Escala de Autoeficacia General. *Ansiedad y Estrés*, 2(1), 1-8.
- Bandura, A. (1982). Self-efficacy in human agency. *American Psychologist*, 37(2), 122-147. doi:10.1037/0003-066X.37.2.122
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of Control*. New York: Freeman.
- Bandura, A. (2004). Health promotion by social cognitive means. *Health Education and Behavior*, 31(2), 143-164. doi:10.1177/1090198104263660



- Buhring, K., Oliva, P., & Bravo, C. (2009). Determinación no experimental de la conducta sedentaria en escolares. *Revista Chilena de Nutrición*, 1(36), 23-29.
- Cid, P., Orellana, A., & Barriga, O. (2010). Validación de la escala de autoeficacia general en Chile. *Revista Médica de Chile*, 138(5), 551-557.
- Curran, P. J., West, S. G., & Finch, J. F. (1996). The robustness of the test statistics to nonnormality and specification error in confirmatory factor analysis. *Psychological Methods*, 1(1), 16-29. doi:10.1037/1082-989X.1.1.16
- Deci, E., & Ryan, R. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behaviour*. New York: Plenum Press.
- Esnaola, I. (2005a). Autoconcepto físico y satisfacción corporal en mujeres adolescentes según el tipo de deporte practicado. *Apunts. Educación Física y Deportes* (80), 5-12.
- Esnaola, I. (2005b). Desarrollo del autoconcepto durante la adolescencia y principio de la juventud. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 58(2), 265-277.
- Esnaola, I., Goñi, A., & Madariaga, J. M. (2008). El autoconcepto: perspectivas de investigación. *Revista de Psicodidáctica*, 13(1), 179-194.
- Esnaola, I., Rodríguez, A., & Goñi, E. (2011). Propiedades psicométricas del cuestionario de Autoconcepto AF5. *Anales de Psicología*, 27(1), 109-117.
- Esnaola, I., & Revuelta, L. (2009). Relaciones entre la actividad física, autoconcepto físico, expectativas, valor percibido y dificultad percibida. *Acción Psicológica*, 6(2), 31-43. doi:10.5944/ap.6.2.219
- Esnaola, I., & Zulaika, L. M. (2009). Physical activity and physical self-concept in a sample of middle-aged Basque adults. *Perceptual and Motor Skills*, 108(2), 479-490. doi:10.2466/pms.108.2.479-490
- Esteve, J. V., Musitu, G., & Lila, M. (2005). Autoconcepto físico y motivación deportiva en chicos y chicas adolescentes. La influencia de la familia y los iguales. *Escritos de Psicología* (7), 82-90.
- Fernández, J. G., Contreras, O. R., García, L. M., & González, S. (2010). Autoconcepto físico según la actividad físicodeportiva realizada y la motivación hacia ésta. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 42(2), 251-263.
- Fox, K. R., & Corbin, C. B. (1989). The physical self-perception profile: Development and preliminary validation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(4), 408-430.
- Fox, K. R. (2000). The effects of exercise on self-perceptions and self-esteem. En S. J. H. Biddle, K. R. Fox & S. H. Boutcher (Eds.), *Physical activity and psychological well-being* (pp. 88-118). London: Routledge and Kegan Paul.
- Garaigordobil, M., & Berrueto, L. (2007). Autoconcepto en niños y niñas de 5 años: relaciones con inteligencia, madurez neuropsicológica, creatividad, altruismo y empatía. *Infancia y Aprendizaje*, 30(4), 551-564. doi:10.1174/021037007782334337
- Goñi, A., Ruiz de Azúa, S., & Rodríguez, A. (2004). Deporte y autoconcepto físico en la preadolescencia. *Apunts. Educación Física y Deportes* (77), 18-24.
- Goñi, A., Ruiz de Azúa, S., & Rodríguez, A. (2006). *Cuestionario de Autoconcepto Físico (CAF). Manual*. Madrid: EOS.
- Guillén, F., & Ramírez, M. (2011). Relación entre el autoconcepto y la condición física en alumnos del Tercer Ciclo de Primaria. *Revista de Psicología del Deporte*, 20(1), 45-59.
- Hernández-Álvarez, J. L., Velázquez-Buendía, R., Martínez-Gorroño, M. E., & Garoz-Puerta, I. (2009). Lifestyle and physical activity in Spanish children and teenagers: The impact of psychosocial and biological factors. *Journal of Applied Biobehavioral Research*, 14(2), 55-69. doi:10.1111/j.1751-9861.2009.00040.x
- Infante, G., & Goñi, E. (2009). Actividad físico-deportiva y autoconcepto físico en la edad adulta. *Revista de Psicodidáctica*, 14(1), 49-61.
- Klein-Hessling, J., Lohaus, A., & Ball, J. (2005). Psychological predictors of health-related behaviour in children. *Psychology, Health & Medicine*, 10(1) 31-43. doi:10.1080/13548500512331315343
- Landero, R., & González, M. T. (2003). Autoeficacia y escolaridad como predictores de la información sobre VIH/SIDA en mujeres. *Revista de Psicología Social*, 18(1), 61-70. doi:10.1174/02134740360521787
- Lindgren, E., Baigi, A., Apitzsch, E., & Bergh, H. (2011). Impact of a six-month empowerment-based exercise intervention programme in non-physically active adolescent Swedish girls. *Health Education Journal*, 70(1), 9-20. doi:10.1177/0017896910379366
- Luszczynska, A., Gibbons, R. X., Piko, B., & Tekozel, M. (2004). Self-regulatory cognitions, social comparison, perceived peers' behaviors as predictors of nutrition and physical activity: A comparison among adolescents in Hungary, Poland, Turkey, and USA. *Psychology and Health*, 19(5), 577-593. doi:10.1080/0887044042000205844
- Luszczynska, A., Scholz, U., & Schwarzer, R. (2005). The general self-efficacy scale: Multicultural validation studies. *The Journal of Psychology*, 139(5), 439-457. doi:10.3200/JRLP.139.5.439-457
- Martín, M., Pastor, M. A., Castejón, J., Lledó, A., López, S., Terol, M. C., & Rodríguez-Marín, J. (2002). Valoración preliminar de la escala de Autoeficacia General en una muestra española. *Revista de Psicología Social Aplicada*, 12(2), 53-65.
- Moreno, J. A., Moreno, R., & Cervelló, E. (2007). El autoconcepto físico como predictor de la intención de ser físicamente activo. *Revista de Psicología y Salud*, 17(2), 261-267.
- Moreno, J. A., Moreno, R., & Cervelló, E. (2009). Relación del autoconcepto físico con las conductas de consumo de alcohol y tabaco en adolescentes. *Adicciones*, 21(2), 147-154.
- Niñerola, J., Capdevila, L., & Pintanel, M. (2006). Barreras percibidas y actividad física: el autoinforme de barreras para la práctica de ejercicio físico. *Revista de Psicología del Deporte*, 15(1), 53-69.
- Nicholls, J. G. (1989). *The Competitive Ethos and Democratic Education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Olaz, F. O. (2004). Aportes del meta-análisis a la teoría de la autoeficacia para el desarrollo de la carrera. *Estudios de Psicología*, 25(1), 57-72. doi:10.1174/021093904773487015
- Olivari, C., & Urrea, E. (2007). Autoeficacia y conductas de salud. *Ciencia y Enfermería*, 13(1), 9-15.
- Oñate, M. P. (1989). *El autoconcepto. Formación, medida e implicaciones en la personalidad*. Madrid: Narcea.
- Ortega, E. (2005). *Autoeficacia y deporte*. Sevilla: Wanceulen.
- Pastor, Y., Balaguer, I., & García, M. L. (2000). Influence of multidimensional self-concept on health related lifestyle. *International Journal of Psychology*, 35(3/4), 169.
- Ramos, M. M., Catena, A., & Trujillo, H. M. (2004). *Manual de métodos y técnicas de investigación en ciencias del comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Revuelta, L., & Esnaola, I. (2011). Clima familiar y autoconcepto físico en la adolescencia. *European Journal of Education and Psychology*, 4(1), 19-31.
- Ruiz, V. M., Berrocal, C., López, A. E., & Rivas, T. (2003). Autoeficacia en el control de la conducta de ingesta. Adaptación al castellano de la Eating Self-Efficacy Scale. *Psicothema*, 15(1), 36-40.
- Salkind, N. J. (1999). *Métodos de investigación*. México: Prentice Hall.
- Sanjuán, P., Pérez, A. M., & Bermúdez, J. (2000). Escala de autoeficacia general: datos psicométricos de la adaptación para población española. *Psicothema*, 12(supl. 2), 509-513.
- Saura, P. (1996). *La educación del autoconcepto: cuestiones y propuestas*. Murcia: Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia.
- Schwarzer, R. (1992). *Self-Efficacy: Thought Control of Action*. Berlín: Universidad de Berlín.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. En J. Weinman, S. Wright & M. Johnston (Eds.), *Measures in health psychology: A user's portfolio. Casual and control beliefs* (pp. 35-37). Windsor, UK: NFER-Nelson.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, J. C. (1976). Self-concept: validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46(3), 407-441. doi:10.2307/1170010
- Slutzky, C. B., & Simpkins, S. D. (2009). The link between children's sport participation and self-esteem: Exploring the mediating role of sport self-concept. *Psychology of Sport and Exercise*, 10(3), 381-389. doi:10.1016/j.psychsport.2008.09.006
- Sonström, R. J., Speliotis, E. D., & Fava, J. L. (1992). Perceived physical competence in adults: An examination of the physical self-perception profile. *Journal of Sports and Exercise Psychology*, 14(2), 207-221.
- Weinberg, R. S., & Stockham, J. (2000). The importance of analyzing position-specific self-efficacy. *Journal of Sport Behaviour*, 23(1), 60-69.
- Weiner, B. (1986). *An attribution theory of motivation and emotion*. New York: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-1-4612-4948-1

# Valoración de la condición física en el contexto de la educación infantil: aplicaciones prácticas

## *Fitness Evaluation in the Context of Early Childhood Education: Practical Applications*

**CARLOS AYÁN PÉREZ**

Facultad de Ciencias de la Educación y el Deporte  
Universidad de Vigo (España)

**Correspondencia con autor**

Carlos Ayán Pérez  
[cayan@uvigo.es](mailto:cayan@uvigo.es)

### Resumen

La valoración de la condición física en población escolar por medio de test de campo es un tema ampliamente estudiado en el campo de las ciencias de la salud y el deporte. Sin embargo, muy poco se sabe acerca de qué tipo de pruebas pueden ser consideradas como de mayor utilidad en el contexto del segundo ciclo de la educación infantil (3-6 años). Esta revisión bibliográfica trata de aportar información sobre los test de campo considerados como más aconsejables para valorar la condición física en niños y niñas en edad preescolar, basándose en el estudio de sus propiedades psicométricas, facilidad y sencillez de aplicación, necesidad de recursos materiales y posibilidad de localizar valores medios orientativos que permitan conocer el nivel de competencia del evaluado. Los resultados obtenidos apuntan a que, a pesar de que existen diferentes pruebas para cada componente de la condición física, son escasos los test que cumplen todos los requisitos anteriormente mencionados.

**Palabras clave:** condición física, educación infantil, fiabilidad, validez, test

### Abstract

#### *Fitness Evaluation in the Context of Early Childhood Education: Practical Applications*

*The assessment of the physical condition of school population through field tests is a widely studied topic in the field of health sciences and sport. However, very little is known about what kind of evidence can be considered as the most useful one in the context of the second cycle of primary education (3-6 years). This literature review aims to provide information about the field test considered more desirable to assess the physical condition in children in preschool, based on the study of its psychometric properties, ease and simplicity of implementation, need for material resources and chances of locating and guiding values which show the assessed level of competence. The results suggest that, although there are different tests for each component of physical fitness, there are few tests that meet all the above requirements.*

**Keywords:** physical condition, children's education, reliability, validity, test

### Introducción

El sedentarismo ha sido señalado como una de las principales causas por la que los niños/as en edad preescolar (3-6 años) comienzan a presentar ciertos problemas de salud, principalmente sobrepeso y obesidad (Klein et al., 2010). Como consecuencia, una de las estrategias más acertadas que se han venido desarrollando últimamente para solventar esta situación ha sido la promoción de la práctica de actividad física dentro del contexto de la educación infantil (Tucker, 2008; Ward, Vaughn, McWilliams, Hales, 2010). Al objeto de determinar la efectividad de dichas estrategias, se suele

recurrir a la realización de pruebas de campo (test) diseñadas para valorar el nivel de condición física, dado que se considera que ésta guarda una estrecha relación con el nivel de actividad física realizado a estas edades (Hands & Larkin, 2006). Es por ello que los profesionales de la educación y la salud que desarrollan su labor específicamente con este tipo de poblaciones deberían saber identificar qué tipo de test físicos son los más adecuados para este propósito.

En la bibliografía científica se pueden encontrar distintos estudios que han puesto de manifiesto la utilidad y validez de este tipo de pruebas en niños de educación

primaria y secundaria (Castro-Piñero et al., 2010; Suni et al., 1996), adultos e incluso en la tercera edad (Varela, Ayán, & Cancela, 2008). Sin embargo no parecen existir estudios similares sobre la aplicación de las mismas en el contexto de la educación infantil. A este respecto es importante remarcar que si bien se han publicado tres revisiones científicas sobre el estudio del empleo de distintos test físicos con este tipo de poblaciones (Cools, De Martelaer, Samaey, & Andries, 2008; Slater, Hillier, & Civetta, 2010; Wiart & Darrah, 2001), las mismas se han centrado en la valoración de la competencia motriz, (determinada principalmente por aspectos psicomotrices ligados al nivel de evolución y desarrollo del/la niño/a), concepto bien distinto al de la condición física (determinada por expresiones de rendimiento motor definidas como capacidades físicas: resistencia aeróbica, fuerza muscular, flexibilidad, agilidad, equilibrio, coordinación, y velocidad) (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985). Es decir, no hay una guía clara de referencia acerca de las pruebas que pueden ser consideradas más apropiadas para poder valorar la condición física en niños/as menores de 6 años.

La elección de este tipo de pruebas se complica aún más dado que su eficacia y utilidad muestran una gran dependencia de diversos factores, entre los que destacan las propiedades psicométricas (principalmente validez y fiabilidad), la facilidad de administración (determinada por la complejidad del test, y por si su aplicación y valoración necesita de un adiestramiento específico), el coste económico (en función de los recursos materiales existentes y de la necesidad de adquirir un manual oficial para su aplicación) y la calidad de la información obtenida (existencia de valores normativos de aplicación y comparación).

Bajo estas circunstancias y atendiendo a los criterios básicos anteriormente mencionados, este trabajo pretende presentar los test entendidos como más adecuados para valorar los componentes de la condición física en niños/as en edad preescolar, al objeto de que los profesionales de la educación y la salud puedan hacer un uso apropiado de los mismos en su contexto laboral.

## Pruebas para la valoración de la resistencia aeróbica

El determinar hasta qué punto los niños/as en edad preescolar son capaces de soportar o retrasar la aparición de la fatiga mediante el empleo de un test físico es una tarea ciertamente complicada, dado que la motivación y la capacidad de sufrimiento son aspectos fundamenta-

les que determinan el éxito en este tipo de pruebas, y que no se encuentran suficientemente desarrolladas en estas edades. Sin embargo, la resistencia aeróbica es un aspecto que ha demostrado ser objetivamente evaluable mediante pruebas de laboratorio con niños y niñas menores de 6 años (Van der Cammen-Van Zijp et al., 2010), por lo que la aplicación de pruebas de campo parece ser factible. A este respecto, la realización de pruebas tipo Course-Navette (Léger & Boucher, 1980), en el que se propone llevar a cabo carreras de ida y vuelta sobre una distancia de 20 m al ritmo de una señal sonora que incrementa su frecuencia a una velocidad de 0,5 km/h, ha sido utilizada con niños/as de 5 años de edad con el propósito de valorar su nivel de resistencia (Hands, 2008). Sin embargo, ésta y otro tipo de pruebas muy similares, como el *PACER* de la batería Fitnessgram (Welk, Morrow, & Falls, 2002) exigen la adquisición de recursos materiales específicos y conllevan cierta dificultad de comprensión y de aplicación por parte de los niños/as más pequeños. Tal es así, que la guía de la Fitnessgram indica que no se han establecido valores normativos de estas pruebas para niños menores de 8 años, dado que el sistema cardiovascular todavía está en desarrollo y consideran que esta prueba debe hacerse sin fatiga ni estrés, orientándola por el contrario de una manera lúdica.

A este respecto, otros autores han aconsejado el empleo de la prueba conocida como *1/2 mile run/walk* debido a sus elevados niveles de validez y fiabilidad (Rikli, 1992), consistente en recorrer 800 metros en el menor tiempo posible, o incluso han propuesto la realización de un *mini-Cooper test*, recogiendo la distancia recorrida en 6 minutos (Fjørtoft, Pedersen, Sigmundsson, & Vereijken, 2011). Este tipo de pruebas requieren de un amplio espacio para su realización y sobre el que se pueda tener total control visual. Por otra parte, su resultado depende en gran medida del grado de familiarización que los niños/as tengan con lo que se conoce como “ritmo de carrera”, patrón de movimiento que no está suficientemente desarrollado en esa edad. Bajo estas circunstancias, quizás la prueba de resistencia aeróbica más asequible en el campo de la educación infantil sea la conocida como *3 minutes-shuttle run test*, que no presenta gran parte de los problemas anteriormente comentados y que ha demostrado ser un modo útil y eficaz para valorar esta capacidad física en niños/as de 4-5 años (Oja & Juerimae, 1997). Como principal inconveniente, destaca el hecho de que su validez no ha sido suficientemente estudiada y que a penas se emplea en el contexto educativo (tabla 1).

## Pruebas para la valoración de la fuerza muscular

El test de campo más recurrido para valorar la fuerza de un modo objetivo, sencillo y eficaz es la dinamometría, la cual también se aplica en el contexto de la educación infantil (Lee-Valkov, Aaron, Eladounikdachi, Thornby, & Netscher, 2003). Sin embargo, el niño/a a estas edades presenta distintas manifestaciones de la fuerza que pueden ser perfectamente valoradas mediante pruebas más sencillas, económicas e igualmente efectivas, dirigidas además a distintos grupos musculares. De este modo, se pueden distinguir algunos tests que proponen situaciones en las que se deben realizar repetidas contracciones musculares hasta la fatiga (fuerza-resistencia) y otros que permiten evaluar la capacidad para realizar la mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible (fuerza-explosiva).

- *Valoración de la fuerza-resistencia.* Dos de las pruebas más empleadas para valorar esta manifestación a nivel de miembro superior, se realizan en una barra suspendida a cierta altura, en la que o bien hay que ejecutar una serie de repeticiones en las que el niño/a debe sobrepasar la misma, situándola por debajo de la barbilla mediante sucesivas flexiones y extensiones de brazos (*pull-up test*) (Ergun, Tunay, & Baltacı, 2006) o bien se debe aguantar suspendido en la misma el mayor tiempo posible (*hanging from a bar test*) (Watanabe, Kajitani, Yamaguchi, & Kaga, 2009). También se debe considerar como útil la prueba conocida como *chair push-up test* (Arnheim & Sinclair, 1975) y que propone la realización de flexo-extensiones de brazos sobre una silla, estando los pies juntos y apoyados sobre el suelo. De todos modos, atendiendo a criterios de sencillez, facilidad de aplicación y exigencia condicional, podría pensarse que la prueba más aconsejable sea la conocida como *modified push-ups test*, consistente en realizar flexiones en el suelo facilitadas (con rodillas apoyadas en el mismo). Dicha prueba se encuentra en la segunda versión de la batería de desarrollo motor *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* (BOTMPT), actualizada en su momento para mejorar sus propiedades psicométricas en niños/as de 4 y 5 años (Bruininks, 2005). Sin embargo, esta batería presenta la dificultad de que es muy complicado el encontrar valores normativos para una prueba en concreto en este intervalo de edad, debido a que los resultados de la batería suelen informarse en función de una puntuación global y por lo general se aplica a poblaciones con un espectro de edad más amplio y de las que se sospecha puedan presentar problemas de desarrollo motor. Todo esto supone el te-

ner que adquirir el manual de aplicación de la BOTMPT, lo que significa un desembolso económico no del todo necesario, si el objetivo es simplemente valorar la condición física. Bajo estas circunstancias, parece que la mejor opción es la realización de flexiones de brazos en el suelo que propone la prueba *90° push-up test (Fitnessgram)*, ampliamente estudiada y aplicada a poblaciones infantiles y que incluye valores medios orientativos de cara a la valoración de la condición física (conocidos como *Fitnessgram Healthy Fitness Zone*) disponibles (California Department of Education, 2012). Por la misma razón, para valorar la fuerza-resistencia a nivel del tronco, es aconsejable la realización de la prueba de encogimientos (abdominales) mediante la aplicación del *curl-up test*, de dicha batería. Como factores a tener en cuenta, conviene reseñar que algunos autores han criticado las propiedades psicométricas de la *Fitnessgram* por haber sido establecidas a través de pequeñas muestras seleccionadas convenientemente (Morrow, James, Martin, & Jackson, 2010), mientras que otros han comprobado que el protocolo de la prueba *90° push-up test* debería modificarse para mejorar el nivel de las mismas (Baumgartner, Oh, Chung, & Hales, 2002). De todos modos los sucesivos estudios que se vienen publicando acerca de la validez y fiabilidad de estas y otras pruebas de esta batería no se realizan con niños/as menores de 6 años, por lo que no es posible obtener información a este respecto.

En el caso de la valoración de la fuerza-resistencia a nivel de miembros inferiores, la elección es mucho más sencilla, dado que la prueba por excelencia es la realización de saltos de manera continuada hasta la fatiga. Así podría ser de utilidad la prueba *sideways jump*, consistente en realizar saltos laterales sobre unas planchas de contrachapado, separadas por una barra de madera con unas dimensiones determinadas (Kiphard & Shilling, 2007), sino fuese por la especificidad de los recursos materiales necesarios para su aplicación. Igualmente, también podría considerarse de interés el empleo de la prueba *continuous single leg hopping* (The Taipei Nanhai Experimental Kindergarten, 2009) consistente en desplazarse a lo largo de una superficie llana realizando saltos sobre una pierna hasta la fatiga. Sin embargo, en dicha prueba hay una clara influencia de la coordinación que dificulta el desarrollo de la misma, y las propiedades psicométricas de la batería no han sido informadas. Por todo ello, la prueba *lateral jumping* (Bos, Bappert, Tittlbach, & Woll, 2004) consistente en realizar saltos laterales hasta la fatiga parece la opción más acertada. Sus



necesidades materiales pueden ser fácilmente imitadas, sus propiedades psicométricas han sido analizadas y la batería se emplea con bastante asiduidad para valorar la condición física con poblaciones infantiles (Klein et al., 2010). Las características de las tres pruebas entendidas como más útiles para valorar esta manifestación de la fuerza se pueden observar en la *tabla 1*.

La elección de pruebas que valoren la fuerza explosiva es mucho más sencilla, dado que no son muy numerosas y se ciñen a la realización de lanzamientos (miembro superior) y saltos (miembro inferior). En el primer caso, es común encontrarse pruebas como el *Throwing distant tennis ball* (Macau Sport Development, 2003), cuya ejecución puede verse excesivamente afectada por aspectos relativos a la coordinación oculomanual, derivados de la ligereza del objeto a emplear y a la unilateralidad del lanzamiento. Tal es así, que otros autores han desarrollado baterías de test en las que proponen pruebas similares para la valoración de habilidades coordinativas en niños/as de corta edad (Folio & Fewell, 2000; Ulrich, 2000). Por ello, quizás la prueba más útil sea el *medicine ball throw test*, consistente en lanzar un balón medicinal y que ha sido validada en población preescolar (Davis et al., 2008). Aunque este test requiere la adquisición de ciertos recursos materiales, no son excesivamente caros y si fáciles de encontrar, si bien su validez debe ser estudiada más en profundidad.

En lo referente a la valoración de la fuerza explosiva a nivel de miembro inferior, la prueba de salto horizontal, principalmente “a dos pies”, es sin lugar a dudas la más empleada con población en edad preescolar (Arnheim & Sinclair, 1975; Bruininks, 2005; Macau Sport Development, 2002; Tittlbach, Kolb, Woll, & Bös, 2005). En la *tabla 1* se recogen las características de todas las pruebas mencionadas en este apartado.

## Pruebas para la valoración de la flexibilidad

El test físico mayormente empleado para valorar la flexibilidad a nivel de miembros inferiores (musculatura isquiosural), tanto con población adulta (Miñarro, Andújar, García, & Toro, 2007), como con los niños/as más pequeños (Murase & Demura, 2005), es el *sit and reach*, o “test del cajón” (Wells & Dillon, 1952). Existen distintas variaciones realizadas a partir de este test como el *v sit and reach* (President’s Council on Physical Fitness and Sports, 1990) o el *back saver sit and reach*, válido para emplear con niños/as en edad preescolar (Welk et al.,

2002). A este respecto, el test *back and hamstring stretch* (Arnheim & Sinclair, 1975), de origen previo y estructura muy similar al *v sit and reach*, puede ser considerado como una opción muy interesante. Su debilidad radica en que es complicado encontrar valores normativos, dado que su uso es poco frecuente y más bien se emplea en el contexto de la educación especial. Sin embargo, atendiendo a criterios de sencillez de aplicación y disponibilidad de recursos materiales parece una muy buena elección para valorar la flexibilidad en el contexto de la educación infantil (*tabla 1*).

En lo que concierne a la valoración de la flexibilidad a nivel del miembro superior, aparentemente la única prueba que pudiera ser de aplicación es el *shoulder stretch test* (Welk et al., 2002). Sin embargo y a pesar de que dicha prueba, conocida también como *back scratch test* (Rikli & Jones, 2001), es ampliamente empleada con la tercera edad, no existen resultados sobre sus propiedades psicométricas, lo que delimita su validez y fiabilidad (*tabla 1*).

## Pruebas para la valoración de la agilidad

Como capacidad motriz de aplicación, la valoración de la agilidad supone el realizar pruebas que combinen las distintas manifestaciones de movimiento que influyen en esta, principalmente velocidad, equilibrio y coordinación, introduciendo también rápidos cambios de dirección (Sekulic, Spasic, Mirkov, Cavar, & Sattler, 2012). Por ello, los test de agilidad que se han venido aplicando en el contexto de la educación infantil han sido circuitos de obstáculos (Bala, Popović, & Sabo, 2006; Roth et al., 2010), carreras en zig-zag (Arnheim & Sinclair, 1975), realización de saltos con distintos apoyos (Bruininks, 2005) y muy especialmente los test de carreras de ida y vuelta, conocidos como “carrera pendular” (Haag & Dassel, 1995), originalmente concebidos para valorar la velocidad y la agilidad en niños/as de educación primaria (Hunsicker y Reiff, 1976). Existen distintas adaptaciones de esta prueba al contexto de la educación infantil, como el *shuttle run test* (Bos et al., 2004), que plantean el recoger y depositar pequeños elementos de medidas específicas sobre dos líneas separadas 4 m, el *10-m shuttle run test* (Macau Sport Development, 2002; The Taipei Nanhai experimental kindergarten, 2009), que consiste en recorrer una distancia de 10 m, tocar un objeto en una pared y regresar lo más rápido posible, o el *10 × 5 m shuttle run test* (Fjortoft, 2000) que pudiera considerarse como

la opción más apropiada, debido a la escasez de recursos materiales que plantea su aplicación y sus adecuadas características psicométricas (*tabla 1*).

## Pruebas para la valoración del equilibrio

La valoración del equilibrio va dirigida a determinar tanto el nivel estático como dinámico de esta capacidad en los niños/as. En el primer caso, la prueba generalmente más empleada es el equilibrio sobre un pie que propone el *flamingo balance test*, que pese a haber sido originalmente creado para ser empleado con poblaciones de mayor edad, su utilidad con niños en edad preescolar ha sido también confirmada (Ergun et al., 2006). Dado que este test requiere el empleo de una pequeña plataforma de madera con dimensiones específicas, pudiera pensarse que el *squat balance test*, consistente en cronometrar el tiempo que el niño/a se mantiene en posición de sentadilla profunda, con talones pegados al suelo y ojos cerrados (Ikeda & Aoyagi, 2008), sería una prueba mucho más apropiada. Sin embargo, es complicado encontrar valores medios obtenidos en la misma, por lo que la mejor opción es emplear el *flamingo test* modificado, pues no requiere material auxiliar y existe información suficiente para poder ser aplicado de manera efectiva en el contexto de la educación infantil (Fjortoft, 2000), tal y cómo se muestra en la *tabla 1*. En el caso del equilibrio dinámico, por lo general las pruebas proponen desplazamientos sobre superficies de distinta altura (Kiphard & Shilling, 2007), saltos sobre aros (Zimmer & Volkamer, 1987), pero sobre todo emplean barras de equilibrio tales como *balance beam* (Bruininks, 2005; Macau Sport Development, 2002) o de *Gesell* (Cabedo & Roca, 2008) y que bien pudieran ser sustituidas por bancos suecos (Da Fonseca, 1998). De todos modos, si se pretende la menor dependencia de recursos materiales, una elección *a priori* bastante acertada parece ser la prueba de equilibrio dinámico *heel toe walking* (McCarron, 1997), en la que se debe caminar hacia delante y hacia atrás sobre una línea dibujada en el suelo, manteniendo en contacto el talón de un pie con la punta del otro alternativamente. Sin embargo, esta prueba generalmente se aplica con poblaciones que presentan problemas de desarrollo motriz, por lo es muy complicado encontrar valores medios de referencia aplicables en otros contextos. Por todo ello, el test *walking heel raised* (Henderson, Sugden, & Barnett, 2007), prueba de similares características pero aplicada a un espectro de población preescolar mucho más amplio y con

aceptables propiedades psicométricas, se erige como la mejor opción (*tabla 1*).

## Pruebas para la valoración de la coordinación

Los primeros fitness-test de aplicación específica en la edad preescolar tenían como objetivo el identificar a niños/as con posibles problemas de coordinación (Slater et al., 2010), desarrollándose incluso baterías específicas para tal efecto (Kiphard & Shilling, 2007) por lo que en principio, existe un amplio abanico de opciones para decidir como valorar esta capacidad. Sin embargo, hay toda una serie de cuestiones que deben ser consideradas antes de optar por una u otra prueba en concreto. En primer lugar, por lo general estas baterías se suelen aplicar para valorar el nivel coordinativo de poblaciones que presentan problemas de desarrollo motor (Folio & Fewell, 2000; Kroes et al., 2004; McCarron, 1997; Zimmer & Volamer, 1987), dificultando el encontrar valores de aplicación en poblaciones consideradas *a priori* como normales, desde un punto de vista motriz. Además, el tipo de pruebas que proponen suelen ser valoradas subjetivamente, en función de la calidad del movimiento ejecutado por el evaluado (Largo, Fischer, & Rousson, 2003; Ulrich, 2000; Williams et al., 2009), necesitándose entonces que el evaluador tenga cierta formación en el campo de la educación física y un nivel de experiencia apropiado. Por último, para puntuar la competencia motriz del evaluado, se suele recurrir a un cálculo ponderado empleando las puntuaciones obtenidas en cada prueba por separado (Bruininks, 2005; Folio & Fewell, 2000; Hughes & Riley, 1981). Esto dificulta el encontrar tanto valores medios orientativos, como estudios realizados sobre las propiedades psicométricas de cada prueba de manera aislada. A esto hay que añadir la dificultad que en cierto modo supone el valorar una capacidad tan compleja como la coordinación, que implica rapidez y calidad de movimiento, orientación espacio-temporal, control del esquema corporal, etc.

En base a esto, un test en principio funcional podría ser el *climbing up wall bars* (Fjortoft et al., 2011) consistente en subir, cruzar y descender un bloque de cuatro espalderas, si bien las necesidades materiales pueden ser un impedimento para su aplicación. A este respecto, una de las pruebas más sencillas de ejecutar es el *indian skip test*, en la que se contabiliza el número de veces que el niño/a toca su rodilla con la mano de su brazo contralateral y viceversa durante medio

minuto (Fjørtoft, 2001), si bien valora específicamente la coordinación cruzada, y no tanto la dinámica general. De este modo, las pruebas que proponen desplazamiento en cuadrupedia (*crawl*), parecen ser las más adecuadas, presentando valores medios orientativos y propiedades psicométricas aceptables (*tabla 1*).

Para realizar un estudio del nivel coordinativo más específico, se pueden proponer pruebas de valoración de la coordinación oculomanual y oculopédica. En el primer caso, muchos de los test exigen de un material de dimensiones determinadas y características especiales, que debe ser golpeado con distintos instrumentos como es el caso del test *two hand strike* (Ulrich, 2000), o lanzado/recogido de un modo determinado, como ocurre con las pruebas *target throwing test* (Hughes & Riley, 1981) y *catching and throwing a bean bag* (Henderson et al., 2007). Por ello, la prueba de mayor facilidad de aplicación sea el test *bouncing ball*, que requiere de recursos materiales económicos y generalmente disponibles en el ámbito de la educación infantil (Larkin & Revie, 1994), aunque su validez interna podría ser mejorable. Por el mismo motivo, el test *jumping over a cord* (Henderson & Sugden, 1992) podría valer perfectamente para valorar la coordinación oculopédica, si bien su correcta ejecución depende de otras factores directamente implicados, como la agilidad o más directamente el equilibrio. Ambas pruebas se muestran en la *tabla 1*.

## Pruebas para la valoración de la velocidad

El tratar de recorrer una distancia en el menor tiempo posible, es la propuesta más extendida a la hora de diseñar un test para valorar la velocidad, en este caso de desplazamiento. La principal dificultad que se puede encontrar para trasladar este tipo de pruebas al marco de la educación infantil es determinar cuál es la longitud ideal del tramo a cubrir, dado que se han propuesto distancias desde 10, 20, 25 o 50 hasta incluso 100 metros (Ikeda & Aoyagi, 2008). Ante esta situación, la mejor opción es decantarse por distancias no muy cortas para poder valorar la capacidad en toda su plenitud (no sólo reacción y aceleración) ni excesivamente largas (para eliminar la influencia de la fatiga). Por lo tanto, parece que la prueba *25 m dash test* (*tabla 1*), pudiera ser de gran utilidad. También se pueden proponer pruebas para valorar la velocidad gestual en las que se debe golpear una superficie de manera alternativa con un segmento corporal lo más rápido posible (*tapping test*) tanto de miembro superior

(Arnheim & Sinclair, 1975; Fjørtoft, 2000), como inferior (Bala et al., 2006). De todos modos, dada la poca frecuencia con la que se suele aplicar esta segunda prueba, se puede entender que con la valoración de la velocidad segmentaria a nivel de brazos pudiera ser suficiente, si bien este tipo de pruebas requieren cierta disponibilidad de recursos materiales y no parecen presentar un adecuado nivel de validez (*tabla 1*).

## Conclusiones

Existe un gran número de pruebas que permiten valorar la condición física en poblaciones menores de 6 años. Sin embargo, la necesidad de recursos materiales específicos, la ausencia de valores medios de referencia y la falta de información sobre las propiedades psicométricas reducen considerablemente las posibilidades de elección. De todos modos, las conclusiones de esta revisión apuntan a que atendiendo al cumplimiento de estos criterios, y teniendo en cuenta su facilidad de administración y aplicación al contexto de la educación infantil, algunas de estas pruebas parecen ser de gran utilidad. Así, para valorar la resistencia aeróbica, se aconseja el empleo del test *3 minutes-shuttle run* mientras que el conjunto de pruebas que forman los test *90° push-up*, *curl-up* y *lateral jumping* por un lado y los test *medicine ball throw* y *standing long jump* por otro, pueden ser de interés para valorar la fuerza-resistencia y la fuerza explosiva respectivamente. En esta línea, los test *v sit and reach* y *shoulder stretch* suponen una forma fácil y económica de determinar el nivel de flexibilidad de las extremidades inferiores y superiores, mientras que ciertas pruebas adaptadas de baterías de valoración de la condición física en poblaciones de mayor edad también pueden ser tenidas en cuenta para evaluar la agilidad, el equilibrio estático, y la velocidad gestual, como ocurre en el caso del *10 × 5 m shuttle run test*, del *modified flamingo balance test* y del *tapping test* respectivamente. Por último, pruebas básicas y de sencilla administración como el *25 m dash test*, que valoran la velocidad de desplazamiento o los test *walking heel raised*, *crawling*, *bouncing ball* y *jumping over a cord*, destinados a determinar el nivel de coordinación en sus distintas manifestaciones, deben ser también objeto de consideración. Pese a todo, es necesario que futuras investigaciones traten de estudiar la aplicabilidad y resultados de este tipo de pruebas en el marco de la educación infantil española.

Test	Capacidad Física Evaluada	Procedencia	Edad (años)	Material	Validez	Fiabilidad	Descripción	Valores medios orientativos
3 minutes Shuttle Run Test	Resistencia aeróbica	Adaptación del Shuttle Stamin test (kaneko & Fuchimoto, 1993 )	4-5	Superficie lisa y rec- ta de más de 10 m de largo; Cronóme- tro; Cinta métrica; Dos postes de 1,5 m de alto.	Necesita ser estudiada en el contexto de la educación infantil	$r = 0,74-0,80$ (niños 4-5 años) $r = 0,79-0,60$ (niñas 4-5 años) (Oja & Juermaee, 1997)	Separar 10 m entre sí dos postes, se valora la distancia en metros que el niño/a recorre durante tres minutos realizando sucesivas carreras de ida y vuelta alrededor de los mismos.	333-366 m (niños 4 y 5 años respectiva- mente) 324-349 m (niñas 4 y 5 años respectiva- mente) (Oja y Juermaee, 1997)
90° Push-up Test	Fuerza- Resistencia miembro superior	Fitnessgram (Welk et al., 2002)	5-17	No necesario	$r = 0,80$ (contrastada con ejecución de "press-banca" en alumnos/as universita- rios) (Welk et al., 2002)	$R = 0,90$ (niños/as 8-10 años) (Welk et al., 2002)	En posición prono, brazos separados a la al- tura de los hombros, y rodillas extendidas, se contabiliza el número de flexiones de brazos realizadas hasta la fatiga, con una cadencia de una repetición cada tres se- gundos aproximadamente. La espalda debe mantenerse recta y los brazos se flexionan 90° en cada repetición correctamente rea- lizada.	Realizar 3 o más repe- ticiones para acredi- tar una condición física saludable (niños/as de 5 años) (California De- partment of Education, 2012)
Curl-Up Test	Fuerza- Resistencia tronco	Fitnessgram	5-17	Colchoneta; Cinta para marcar	$r = 0,57$ (contrastada con ejecución de una repetición máxima de tronco en per- sonas entre 18-33 años) (Welk et al., 2002)	$r = 0,70$ (niños/as entre 6-10 años) (Welk et al., 2002)	Desde posición supina con rodillas flexio- nadas 140°, plantas de los pies apoyadas en el suelo y brazos extendidos a lo largo del cuerpo, con los dedos de las manos tocando el borde superior de una cinta situada bajo las piernas. Se debe flexio- nar el tronco de modo que las manos se sitúan por encima de la cinta y los dedos tocan el extremo inferior de la misma. Se cuenta el número de repeticiones realiza- das hasta la fatiga con una cadencia de una repetición cada tres segundos apro- ximadamente.	Realizar 2 o más repe- ticiones para acreditar una condición física saludable (niños/as de 5 años) (California De- partment of Educa- tion, 2012)
Lateral Jumping	Fuerza- Resistencia miembro inferior	Karlsruher Motor Screening Test (Bos et al., 2004)	3-6	Tiza; Barra de made- ra o similar (60,0 × 2,0 × 2,0 cm)	$r = 0,62$ (puntuación total de la batería al ser contras- tada frente a la batería M- ABC) (Cools, De Martelaer, Vandaele, Samaey, & An- dries, 2010)	$r = 0,80-0,90$ (niños/as 3-6 años) (Bos et al., 2004)	Dibujar en el suelo un rectángulo (60 x 96 cm), situando en la mitad del mismo una barra, cuerda o similar. Se cuenta el núme- ro de saltos laterales realizados durante 15" sobre cada una de las superficies resultan- tes. Existen dos intentos separados por un minuto de descanso, y se suma el resultado de ambos. Para que un salto sea correcto, la impulsión y la recepción deben ser ejecu- tadas con ambos pies.	20,5-22,8 rpts (niños/as 3-5 años) (Klein et al., 2010) 23,4-25,3 (niños/as 5-6 años) (Bayer et al., 2009)

▲ **Tabla 1**

Características de los test considerados más apropiados para valorar la condición física en el contexto de la educación infantil



Test	Capacidad Física Evaluada	Procedencia	Edad (años)	Material	Validez	Fiabilidad	Descripción	Valores medios orientativos
Medicine Ball Throw Test	Fuerza explosiva miembro superior	Adaptación del test Lanzamiento en longitud con balón medicinal (Haag & Dassel, 1995)	5-6	Balón medicinal (1 kg aprox.); Cinta métrica.	$r = 0,34$ (contrastada con tamaño corporal de niños/as 5-6 años). Necesita ser estudiada con pruebas más objetivas (Davis et al., 2008)	$r = 0,80$ (niños/as 5-6 años) (Davis et al., 2008)	Sentado, con piernas extendidas y espalda apoyada en una pared, se lanza el balón medicinal desde la altura del pecho con ambas manos. Se realizan dos lanzamientos a modo de calentamiento y se realizan tres intentos, registrándose la distancia alcanzada en el mejor de los mismos. La pelota debe caer dentro de los límites de un pasillo de 1 m de ancho	109,5-114 cm (niños/as 5-6 años) (Davis et al., 2008)
Standing Long Jump Test	Fuerza explosiva miembro inferior	Test of Gross Motor Development-2 (Ulrich, 2000)	3-10	Tiza; Cinta métrica	$r = 0,52$ (contrastada con plataforma vibratoria en niños entre 5-7 años) (Fjørtoft, 2000)	$r > 0,80$ (niños/as 3-6 años) (Bos et al., 2004)	Salto a dos pies desde una línea recta. Se permite balanceo previo de brazos y flexión de rodillas. Se debe aterrizar con ambos pies sin que las manos toquen el suelo. Se realizan dos intentos, se registra la mayor distancia alcanzada en uno de ellos.	45-60-81 cm (niños 3-4 y 5 años respectivamente) 41-63-78 (niñas 3-4 y 5 años respectivamente) (Macau Sport Development, 2002)
Back and Hamstring Stretch	Flexibilidad miembro superior	Sinclair Basic Motor Ability Test (Arnhem & Sinclair, 1975)	4-12	Tiza; Regla	$r = 0,85$ (contrastada con <i>sit and reach test</i> frente a estudiantes universitarios) (Miñanero, Andujar, García, & Toro, 2007)	$r = 0,89-0,98$ (valores obtenidos con el <i>sit and reach test</i> en estudiantes) (Hui & Yuen, 1998)	Sentado en el suelo con rodillas extendidas y talones separados unos 15 cm. Se sitúa la regla entre las piernas del evaluado, con la marca correspondiente a los 30 cm, a la altura de los mismos. Se realiza una flexión de tronco para tocar la regla con las manos lo más lejos posible, sin flexionar rodillas. Se registra en cm el resultado del mejor de 3 intentos.	9-18 cm (niños/as 5-7 años) (Conley, 2002)
Shoulder Stretch	Flexibilidad miembro inferior	Fitnessgram	5-17	No necesario	No ha sido informada	No ha sido informada	El evaluado eleva un brazo y flexiona el codo de modo que la palma de la mano se sitúa a la altura de la parte posterior del cuello, con la palma hacia dentro. El otro brazo se extiende a lo largo del cuerpo y se flexiona el codo, con el dorso de la mano a la altura de la columna dorsal.	Tocar ambos dedos índices entre sí para acreditar una condición física saludable (niños/as de 5 años) (Welk et al., 2002)
10 x 5 m Shuttle Run Test	Agilidad	Adaptación del shuttle run test (Hunsicker & Reiff, 1976)		Cinta métrica; Tiza; Cronómetro	$r = 0,90$ (contrastada frente a valoración del nivel de forma física por parte de profesor de Educación Física en niños 5-12 años). (Fjørtoft et al, 2011)	$r = 0,8$ (niños/as 5-12 años) (Fjørtoft et al., 2011)	Se dibujan dos líneas rectas (1 m aprox. de longitud) separadas 5 m entre sí. Partiendo de una de las mismas, se debe llegar a la otra con ambos pies y regresar al punto de partida (un ciclo). Se cronometra el tiempo que necesito para completar cinco ciclos. Ante cualquier error en la ejecución, la prueba se detiene y debe ser repetida.	32,5 s (niños/as de 5 años) (Fjørtoft, 2000)
Modified Flamingo Balance Test	Equilibrio estático	Flamingo balance test (Adam, Klossouras, Ravazolo, Renson, & Tuxworth, 1988)	5-7	Cronómetro	$r = 0,43$ (contrastada frente a plataforma de equilibrio en niños/as de 5-7 años) (Fjørtoft, 2000)	Coefficiente de Varianza = 67% (niños/as de 5-7 años) (Fjørtoft, 2000)	Apoyado sobre una pierna, la otra flexionada con el talón situada cerca del glúteo, pudiendo ser agarrado con la mano homolateral, se debe mantener la posición durante 30". Se anota el número de veces en el que dicha posición se ve modificada	5,5 (media de modificaciones de la posición corporal valoradas en niños/as de 5 años) (Fjørtoft, 2000)

Tabla 1 (continuación)

Características de los test considerados más apropiados para valorar la condición física en el contexto de la educación infantil

Test	Capacidad Física Evaluada	Procedencia	Edad (años)	Material	Validez	Fiabilidad	Descripción	Valores medios orientativos
Walking Heels Raised	Equilibrio dinámico	Batería Movement-ABC second edition (Band 1) (Henderson, Sugden, & Barnett, 2007)	3-6	Tiza	$T = 0,45$ ; $p < 0,01$ (Correlación obtenida al comparar la prueba con la puntuación total de la batería mediante la Tau de Kendall, en niños/as 3-5 años) (Ellinoudis et al., 2011)	Índice de Correlación Intraclass = 0,80 (niños/as 4-6 años) (Chow y Henderson, 2003)	Caminar de puntillas sobre una línea de 4,5 m de longitud. Se cuenta el número de pasos correctos (sin que el talón contacte con el suelo) necesarios para completar el recorrido.	13,4-14,2 pasos (niños/as de 4 y 5 años respectivamente) (Chow, Henderson, & Barnett, 2001)
Crawling	Coordinación dinámica general	Taipei Fitness Test (The Taipei Nanhai Experimental Kindergarten, 2009.)	5-6	Cronómetro; tiza; cono.	$p < 0,05$ (correlación obtenida con la altura, edad y valoración subjetiva de la ejecución en niños/as 2-6 años) (Ikeda & Aoyagi, 2008)	$r = 0,72$ (niños/as 2-6 años) (Ikeda y Aoyagi, 2008)	Desplazarse y rodear gateando un obstáculo que se encuentra a 5 m de la línea de partida y regresar a la misma. Se cronometra el tiempo empleado	27,5 s (niños 4-6 años) 31,2 s (niñas 4-6 años) (The Taipei Nanhai Experimental Kindergarten, 2009)
Bouncing ball	Coordinación oculomanual	Batería Stay in Step (Larkin & Revie, 1994)	4-6	Balón de voleibol; cronómetro.	No significativa al ser contrastada con las características antropométricas y valoración subjetiva de la ejecución en niños/as 2-6 años (Ikeda & Aoyagi, 2008)	$r = 0,74$ (niños/as 2-6 años) (Ikeda y Aoyagi, 2008)	De pie, se debe botar un balón de voleibol con las dos manos lo más rápido posible. Se cuenta el número de veces que el balón se recoge con las dos manos (Hands, 2008) o el número de botes durante 20' (Bueno, Ruiz, Graupera, & Sánchez, 2000).	15,9 botes (niños 4-6 años) 15,2 botes (niñas 4-6 años) (Bueno et al., 2000)
Jump Over a Cord	Coordinación oculoapédica	Batería Movement-ABC (Band 1) (Henderson & Sugden, 1992)	3-6	Cuerda	$p < 0,05$ (correlación obtenida con las pruebas de coordinación de la batería McCarron) (Brantner, Plek, & Smith, 2009)	$r = 0,84$ (niños/as 4-6 años) (Chow & Henderson, 2003)	Se debe saltar y superar una cuerda situada a la altura de las rodillas. Los niños/as de 5-6 años deben aterrizar con ambos pies. Se cuenta el número de intentos necesario para superar la cuerda (máximo de tres intentos)	1,1 intentos (niños/as 4-6 años) (Chow et al., 2001)
25 meter Dash	Velocidad de desplazamiento	Batería Mext (Watanabe et al., 2009)	4-6	Tiza; cronómetro	$p < 0,05$ (correlación obtenida con la altura y valoración subjetiva de la ejecución en niños/as 2-6 años) (Ikeda & Aoyagi, 2008)	$r = 0,73$ (niños/as 4-6 años) (Ikeda & Aoyagi, 2008)	Posición inicial de pie, se debe correr lo más rápido posible a lo largo de una superficie recta de 30 metros de longitud. Se cronometra el tiempo que se tarda en recorrer los primeros 25 metros. Es aconsejable realizar la prueba por parejas.	8,1-6,9-6,2 s (niños de 4, 5 y 6 años respectivamente) 8,3-7,1-6,4 s (niñas de 4, 5 y 6 años respectivamente) (Sugihara, Kondo, Mori, & Yoshida, 2006)
Tapping Test	Velocidad gestual	Eurofit (Adam et al., 1988)	4-12	Silla; mesa; lápiz	No significativa al ser contrastada con los resultados obtenidos en otros fitness tests (niños/as de 5-7 años) (Fjortoft, 2000)	Coefficiente de Varianza = 6% (niños/as de 5-7 años) (Fjortoft, 2000)	Se dibuja un rectángulo (30x20 cm), y ambos lados equidistantes, dos círculos (20 cm de diámetro) separados 60 cm entre sí. La mano no dominante se apoya en el rectángulo, la dominante golpea alternativamente los discos. Se anota el tiempo necesario para realizar 25 golpes (tocar ambos círculos equivale a un golpeo)	41,5-32 s (niños/as de 5 y 6 años respectivamente) (Fjortoft, 2000)

▲ **Tabla 1** (continuación)

Características de los test considerados más apropiados para valorar la condición física en el contexto de la educación infantil

## Referencias

- Adam, C., Klissouras, V., Ravazzolo, M., Renson, R., & Tuxworth, W. (1988). *Eurofit: European test of physical fitness*. Rome: Council of Europe, Committee for the Development of Sport.
- Arnheim, D. D., & Sinclair, W. A. (1975). *The clumsy child: A program of motor therapy*. Oxford, England: CV Mosby.
- Bala, G., Popović, B., & Sabo, E. (2006). Influence of the kindergarten period on the development of children's psychosomatic characteristics. *Kinesiology Slovenica*, 12(1), 14-25.
- Baumgartner, T. A., Oh, S., Chung, H., & Hales, D. (2002). Objectivity, reliability, and validity for a revised push-up test protocol. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 6(4), 225-242. doi:10.1207/S15327841MPEE0604\_2
- Bayer, O., Von Kries, R., Strauss, A., Mitschek, C., Toschke, A. M., Hose, A., & Koletzko, B. V. (2009). Short-and mid-term effects of a setting based prevention program to reduce obesity risk factors in children: A cluster-randomized trial. *Clinical Nutrition*, 28(2), 122-128. doi:10.1016/j.clnu.2009.01.001
- Bos, K., Bappert, S., Tittlbach, S., & Woll, A. (2004). Karlsruher motorik-screening für kindergartenkinder (KMS 3-6). *Sportunterricht*, 53(3), 79-87.
- Brantner, S., Piek, J. P., & Smith, L. M. (2009). Evaluation of the validity of the MAND in assessing motor impairment in young children. *Rehabilitation Psychology*, 54(4), 413. doi:10.1037/a0017315
- Bruininks, R. H. (2005). Bruininks-oseretsky test of motor proficiency, (BOT-2). Minneapolis, MN: Pearson Assessment.
- Bueno, M., Ruiz, L., Graupera, J., & Sánchez, F. (2000). *Análisis comparativo de diferentes procedimientos de detección de los problemas evolutivos de coordinación motriz en los escolares de 4 a 6 años*. Madrid: CIDE-Ministerio De Educación y Cultura.
- Cabedo, J. & Roca, J. (2008). Evolución del equilibrio estático y dinámico desde los 4 hasta los 74 años. *Apunts. Educación Física y Deportes* (92), 15-25.
- California Department of Education. (2012). *Fitnessgram healthy fitness zone chart*. Recuperado de [www.cde.ca.gov/ta/tg/pf/pf1112hfzchart2.pdf](http://www.cde.ca.gov/ta/tg/pf/pf1112hfzchart2.pdf)
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126.
- Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J., & Ruiz, J. R. (2010). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 44(13), 934-943. doi:10.1136/bjism.2009.058321
- Chow, S. M. K., & Henderson, S. E. (2003). Interrater and test-retest reliability of the movement assessment battery for chinese preschool children. *The American Journal of Occupational Therapy*, 57(5), 574-577. doi:10.5014/ajot.57.5.574
- Chow, S. M. K., Henderson, S. E., & Barnett, A. L. (2001). The movement assessment battery for children: A comparison of 4-year-old to 6-year-old children from hong kong and the united states. *The American Journal of Occupational Therapy*, 55(1), 55-61. doi:10.5014/ajot.55.1.55
- Conley, M. C. (2002). *Effect of Adapted Physical Education Programs on Student Performance of Basic Motor Ability Skills in Elementary School* (Tesis doctoral). The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee.
- Cools, W., De Martelaer, K., Samaey, C., & Andries, C. (2008). Movement skill assessment of typically developing preschool children: A review of seven movement skill assessment tools. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(2), 154-168.
- Cools, W., De Martelaer, K., Vandaele, B., Samaey, C., & Andries, C. (2010). Assessment of movement skill performance in preschool children: Convergent validity between MOT 4-6 and M-ABC. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(4), 597-604.
- Da Fonseca, V. (1998). *Manual de observación psicomotriz: Significación psiconeurológica de los factores psicomotores*. Barcelona: Inde.
- Davis, K. L., Kang, M., Boswell, B. B., DuBose, K. D., Altman, S. R., & Binkley, H. M. (2008). Validity and reliability of the medicine ball throw for kindergarten children. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1958-1963. doi:10.1519/JSC.0b013e3181821b20
- Ellinoudis, T., Evaggelidou, C., Kourtessis, T., Konstantinidou, Z., Venetsanou, F., & Kambas, A. (2011). Reliability and validity of age band 1 of the movement assessment battery for children. *Research in Developmental Disabilities*, 32(3), 1046-1051. doi:10.1016/j.ridd.2011.01.035
- Ergun, N., Tunay, V. B., & Baltacı, G. (2006). Health-related physical fitness levels of Turkish kindergarten children: A three-year follow up. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 17(3), 120-126
- Fjortoft, I. (2000). Motor fitness in pre-primary school children: The EUROFIT motor fitness test explored on 5-7-year-old children. *Pediatric Exercise Science*, 12(4), 424-436.
- Fjortoft, I. (2001). The natural environment as a playground for children: The impact of outdoor play activities in pre-primary school children. *Early Childhood Education Journal*, 29(2), 111-117. doi:10.1023/A:1012576913074
- Fjortoft, I., Pedersen, A. V., Sigmundsson, H., & Vereijken, B. (2011). Measuring physical fitness in children who are 5 to 12 years old with a test battery that is functional and easy to administer. *Physical Therapy*, 91(7), 1087-1095. doi:10.2522/ptj.20090350
- Folio, R., & Fewel, R. (2000). *Peabody developmental motor scales. Examiners manual*. Austin-Texas: Pro-ED. Inc.
- Haag, H., & Dassel, H. (1995). *Test de condición física en el ámbito escolar y la iniciación deportiva*. Barcelona: Hispano-Europea.
- Hands, B. (2008). Changes in motor skill and fitness measures among children with high and low motor competence: A five-year longitudinal study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(2), 155-162. doi:10.1016/j.jsams.2007.02.012
- Hands, B., & Larkin, D. (2006). Physical fitness differences in children with and without motor learning difficulties. *European Journal of Special Needs Education*, 21(4), 447-456. doi:10.1080/08856250600956410
- Henderson, S. E., & Sugden, D. A. (1992). *Movement assessment battery for children manual*. London: The Psychological Corporation Ltd.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2007). *Movement assessment battery for children-2* (2.ª ed.). London: The Psychological Corporation.
- Hughes, J. E., & Riley, A. (1981). Basic gross motor assessment. *Physical Therapy*, 61(4), 503-511.
- Hui, S. C., & Yuen, P. Y. (1998). Comparing the validity and reliability of the modified back saver sit-and reach test and four other protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), 320. doi:10.1097/00005768-199805001-01816
- Hunsicker, P. A., & Reiff, G. G. (1976). *AAPHER youth fitness test manual*. Washington: AAHPER Publications-Sales.
- Ikeda, T., & Aoyagi, O. (2008). Relationships between test characteristics and movement patterns, physical fitness, and measurement characteristics: Suggestions for developing new test items for 2-to 6-year-old children. *Human Performance Measurement*, 5, 9-22.
- Kaneko, M., & Fuchimoto, T. (1993). Endurance performance capacity of 7 to 18 year boys and girls assessed by the "shuttle stamina test (SST)". En A. Claessens, J. Lefevre & B. van den Eynde (Eds.), *World-wide variation in physical fitness*. Leuven: Institute of Physical education, Catholic University of Leuven (pp. 80-86).
- Kiphard, E. J., & Shilling, F. (2007). *Körperkoordinationstest für Kinder 2, überarbeitete und ergänzte Auflage*. Weinheim: Beltz test.
- Klein, D., De Toia, D., Weber, S., Wessely, N., Koch, B., Dordel, S., ... Graf, C. (2010). Effects of a low threshold health promotion intervention on the BMI in pre-school children under consideration of parental participation. *E-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 5(3), e125-e131. doi:10.1016/j.eclnm.2010.03.002
- Kroes, M., Vissers, Y., Sleijpen, F., Feron, F., Kessels, A., Bakker, E., ... Jolles, J. (2004). Reliability and validity of a qualitative and quantitative motor test for 5-to 6-year-old children. *European Journal of Paediatric Neurology*, 8(3), 135-143. doi:10.1016/j.ejpn.2004.01.007
- Largo, R. H., Fischer, J., & Rousson, V. (2003). Neuromotor development from kindergarten age to adolescence: Developmental

- course and variability. *Swiss Medical Weekly*, 133(13/14), 193-199.
- Larkin, D., & Revie, G. E. (Ed.). (1994). *Stay in step: A gross motor screening test for children K-2*. Australia: University of New South Wales
- Lee-Valkov, P. M., Aaron, D. H., Eladounmikhachi, F., Thornby, J., & Netscher, D. T. (2003). Measuring normal hand dexterity values in normal 3-, 4-, and 5-year-old children and their relationship with grip and pinch strength. *Journal of Hand Therapy*, 16(1), 22-28. doi:10.1016/S0894-1130(03)80020-0
- Léger, L., & Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: The universite de montreal track test. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences. Journal Canadien Des Sciences Appliquees Au Sport*, 5(2), 77-84.
- Macau Sport Development Board of Macau SAR Government. (2003). *Analysis on physical fitness of macao young children in 2002*. Recuperado de [www.sport.gov.mo/pt/macaiosport/type/show/id/581](http://www.sport.gov.mo/pt/macaiosport/type/show/id/581)
- McCarron, L. T. (1997). McCarron assessment of neuromuscular development: Fine and gross motor abilities (ed. revisada). Dallas, TX: Common Market Press.
- Miñarro, P. A. L., Andújar, P. S. B., García, P. L. R., & Toro, E. O. (2007). A comparison of the spine posture among several sit-and-reach test protocols. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 456-462. doi:10.1016/j.jsams.2006.10.003
- Morrow, J., James, R., Martin, S. B., & Jackson, A. W. (2010). Reliability and validity of the Fitnessgram: Quality of teacher-collected health-related fitness surveillance data. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(Suppl. 2), 24S-30S. doi:10.5641/027013610X13100547898077
- Murase, T., & Demura, S. (2005). Discussion on further studies to measure and evaluate fitness and motor performance for preschool children; summary and previous studies in japan and future consideration. *Human Performance Measurement*, 2, 10-21.
- Oja, L., & Juerimae, T. (1997). Assessment of motor ability of 4 and 5 year old children. *American Journal of Human Biology*, 9(5), 659-664. doi:10.1002/(SICI)1520-6300(1997)9:5<659::AID-AJHB12>3.0.CO;2-L
- President's Council on Physical Fitness and Sports. (1990). *President's challenge physical fitness test: Physical activity and fitness award program- "v sit and reach"*. Recuperado de <https://www.presidentchallenge.org/challenge/physical/activities/v-sit-reach.shtml>
- Rikli, R. E. (1992). The reliability of distance run tests for children in grades K-4. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(3), 270-276.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2001). *Senior fitness test manual*. Estados Unidos: Human Kinetics Publishers.
- Roth, K., Mauer, S., Obinger, M., Ruf, K., Graf, C., Kriemler, S., ... Hebestreit, H. (2010). Prevention through activity in kindergarten trial (PAKT): A cluster randomised controlled trial to assess the effects of an activity intervention in preschool children. *BMC Public Health*, 10(1), 410. doi:10.1186/1471-2458-10-410
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M., & Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed and power on agility performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3):802-811. doi:10.1519/JSC.0b013e31825c2cb0
- Slater, L. M., Hillier, S. L., & Civetta, L. R. (2010). The clinimetric properties of performance-based gross motor tests used for children with developmental coordination disorder: A systematic review. *Pediatric Physical Therapy*, 22(2), 170-179. doi:10.1097/PEP.0b013e3181dbef0
- Sugihara, T., Kondo, M., Mori, S., & Yoshida, I. (2006). Chronological change in preschool children's motor ability development in japan from the 1960s to the 2000s. *International Journal of Sport and Health Science*, 4(0), 49-56. doi:10.5432/ijshs.4.49
- Suni, J. H., Oja, P., Laukkanen, R. T., Mülunpalo, S. I., Pasanen, M. E., Vuori, I. M., ... Bös, K. (1996). Health-related fitness test battery for adults: Aspects of reliability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(4), 399-405. doi:10.1016/S0003-9993(96)90092-1
- The Taipei Nanhai experimental kindergarten. (2009). *The Taipei Nanhai experimental kindergarten fitness test*. Recuperado de [http://www.nhkg.tp.edu.tw/english/healthy\\_2.html](http://www.nhkg.tp.edu.tw/english/healthy_2.html)
- Tittlbach, S., Kolb, H., Woll, A., & Bös, K. (2005). Karlsruher gesundheitsorientierter fitnesstest (KGFT) health related fitness test battery (KGFT). *BuG*, 21(3), 109-115. doi:10.1055/s-2005-836560
- Tucker, P. (2008). The physical activity levels of preschool-aged children: A systematic review. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(4), 547-558. doi:10.1016/j.ecresq.2008.08.005
- Ulrich, D. A. (2000). *Test of gross motor development-2*. Austin, TX: Prod-Ed.
- Van der Cammen-Van Zijp, M.H.M., Ijsselstijn, H., Takken, T., Willemssen, S. P., Tibboel, D., Stam, H. J., & Van den Berg-Emons, R. J. G. (2010). Exercise testing of pre-school children using the bruce treadmill protocol: New reference values. *European Journal of Applied Physiology*, 108(2), 393-399. doi:10.1007/s00421-009-1236-x
- Varela, S., Ayán, C., & Cancela, J. (2008). Batteries assessing health related fitness in the elderly: A brief review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 5(2), 97-105. doi:10.1007/s11556-008-0037-2
- Ward, D. S., Vaughn, A., McWilliams, C., & Hales, D. (2010). Interventions for increasing physical activity at child care. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 526-534. doi:10.1249/MSS.0b013e3181cea406
- Watanabe, M., Kajitani, N., Yamaguchi, T., & Kaga, M. (2009). Relationships between the changes of physical fitness and motor ability and playing in kindergarten children-study on children in "A" kindergarten in okayama prefecture. *Human Performance*, 6, 10-16.
- Welk, G., Morrow, J., & Falls, H. (2002). *Fitnessgram reference guide*. Dallas TX: The Cooper Institute.
- Wells, K. F., & Dillon, E. K. (1952). The sit and reach: A test of back and leg flexibility. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 23, 115-118.
- Wiat, L., & Darrah, J. (2001). Review of four tests of gross motor development. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 43(4), 279-285. doi:10.1111/j.1469-8749.2001.tb00204.x
- Williams, H. G., Pfeiffer, K. A., Dowda, M., Jeter, C., Jones, S., & Pate, R. R. (2009). A field-based testing protocol for assessing gross motor skills in preschool children: The children's activity and movement in preschool study motor skills protocol. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 13(3), 151-165. doi:10.1080/10913670903048036
- Zimmer, R. & Volkamer M. (1987). *Motoriktest für vier- bis sechsjährige Kinder (manual)*. Weinheim: Beltztest.



# Estrategias para la enseñanza de competencias de vida a través del deporte en jóvenes en riesgo de exclusión social

*Strategies for Teaching Life Skills through Sport in Young People at Risk of Social Exclusion*

**MAURÍCIO MARQUES**

**CATARINA SOUSA**

**JAUME CRUZ FELIU**

Departamento de Psicología Básica, Evolutiva y de la Educación  
Universitat Autònoma de Barcelona (España)

Correspondencia con autor

Maurício Marques

[mauriciopmarques@gmail.com](mailto:mauriciopmarques@gmail.com)

## Resumen

El objetivo de este trabajo es investigar cuáles son las estrategias utilizadas por entrenadores de fútbol para la enseñanza de competencias de vida a jóvenes que viven en zonas de riesgo de exclusión social. Para eso entrevistamos cinco entrenadores de fútbol (cuatro hombres y una mujer) con edades entre 19 y 40 años. Se indagó sobre cómo gestionaban los entrenamientos de sus equipos, cuál era su filosofía de entrenamiento y sus métodos de trabajo. El análisis de contenido de las entrevistas se hizo en base a las dimensiones llamadas estrategias efectivas de entrenamiento y estrategias de desarrollo de jóvenes creadas en el estudio de Gould, Collins, Lauer y Chung (2007). Se han identificado dos categorías nuevas dentro de la primera dimensión: comunicación y actuación. Las estrategias de desarrollo de jóvenes se agruparon en las categorías: “estrategias de mejora de participación” y “enseñanza de competencias de vida”, igual que en el trabajo original de Gould, Collins et al. (2007). También se ha averiguado y agrupado cuáles son las competencias de vida facilitadas o desarrolladas por la práctica deportiva, que se pueden trasladar a otros ámbitos como el familiar, el educativo o el profesional.

**Palabras clave:** competencias de vida, estrategias de enseñanza, riesgo de exclusión; fútbol, desarrollo positivo de jóvenes

## Abstract

### *Strategies for Teaching Life Skills through Sport in Young People at Risk of Social Exclusion*

*The objective of this work is to investigate what strategies are used by soccer coaches to teach life skills to young people living in areas at risk of social exclusion. Five football coaches were interviewed (four men and one woman), aged between 19 and 40 years. Questions were asked about how they managed their teams' training sessions, what their training philosophy was and what methods of work they had. The content analysis of the interviews was based on the dimensions called effective training strategies and youth development strategies created in the study of Gould, Collins, Lauer and Chung (2007). We have identified two new categories in the first dimension: communication and action. The youth development strategies were grouped into these categories: strategies to improve participation and life skills education, as in the original work of Gould, Collins et al. (2007). It also found and grouped the life competencies provided or developed by sport, which can be transferred to other areas such as family, education or professional activity.*

**Keywords:** *life skills, teaching strategies, risk of exclusion, soccer, positive youth development*

## Introducción

Diferentes programas de intervención socioeducativos estimulan la práctica deportiva para la adquisición de competencias de vida, buscan la integración social de los jóvenes y la transmisión de valores intrínsecos al deporte (Danish, 1996; Danish, Nellen, & Owens, 1996; Gould & Carson, 2008; Papacharisis, Goudas, Danish, & Theodorakis, 2005; Petipas, Van Raalte, Cornelius, & Presbrey, 2004). Por competencias de vida se entienden las competencias físicas (e.g., tener una postura correcta); conductuales (e.g., comunicación efectiva); y cognitivas

(e.g., toma de decisiones), que pueden ser facilitadas o desarrolladas con la práctica deportiva y que pueden trasladarse a otros ámbitos de la vida como el familiar, educativo o profesional (Danish & Nellen, 1997; Danish, Petipas, & Hale, 1992; Gould, Chung, Smith, & White, 2006). Sin embargo, la psicología del deporte ha enfocado sus estudios más en conocer las estrategias utilizadas por entrenadores para optimizar el rendimiento de sus jugadores, que en analizar las estrategias empleadas para mejorar competencias de vida o para el desarrollo personal de los deportistas (Gould, Collins et al., 2007).

Para comprender mejor las estrategias de enseñanza de competencias de vida, Gould y Collins et al. (2007) realizaron un estudio en el que entrevistaron a diez entrenadores escolares premiados, por ser considerados exitosos en la formación del carácter de sus jugadores, a través de la enseñanza de competencias de vida. Los entrenadores hablaron de su trabajo a partir de un guión de entrevista creado por los investigadores en que se les preguntaba sobre sus experiencias, su filosofía de entrenamiento, sus metas, conductas, reacciones a los comportamientos, jugadas de sus deportistas y estilos de entrenamiento. A partir del análisis de las respuestas emergieron dos categorías generales: estrategias efectivas de entrenamiento y estrategias de desarrollo de jóvenes. Los resultados mostraron que los entrenadores llevaron a cabo la enseñanza de competencias de vida, conjuntamente con sus estrategias generales de entrenamiento y/o mejora de rendimiento. Goudas y Giannoudis (2008) complementaron estos resultados afirmando que las competencias de vida no se crean o mejoran solamente por la práctica deportiva, sino que hay que incluir como objetivo su desarrollo en los programas deportivos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1999) considera la enseñanza de competencias de vida esencial para la promoción de la salud en niños y adolescentes, para la calidad y eficiencia del sistema educacional, promoción de la paz, etc. La OMS conjuntamente con la UNICEF (2001), como la Organización Panamericana de la Salud (Mangrulkar, Whitman, & Posner, 2001) estimulan y promueven diferentes proyectos con este enfoque en países como Egipto, Uganda, Colombia y Estados Unidos, principalmente en zonas consideradas en riesgo de exclusión social.

La exclusión social no es considerada un estado sino un proceso que resulta de un conjunto de dificultades que afectan a individuos o grupos que son total o parcialmente excluidos de una participación plena en la sociedad en la que viven (para una revisión ver Gómez, Puig, & Maza, 2009). En España, se consideran zonas de riesgo de exclusión social aquellas donde hay un elevado porcentaje de personas: inmigrantes ajenos a la Unión Europea; minorías étnicas; familias con personas en situación de paro prolongado; y jóvenes que presentan absentismo o bajo rendimiento escolar (Subirats, Carmona, & Torruella, 2005). Como muchos de los jóvenes en ese contexto tienen problemas escolares y sociales, hay que buscar formas de ense-

ñarles competencias de vida en un ambiente donde estén motivados a participar. Autores como Bandeira, Koller, Hutz y Forter (1996) y Smith y Smoll (2002), sugirieron que programas deportivos son particularmente enriquecedores para estos jóvenes considerados en riesgo social.

Dado que la adolescencia es un período en que los jóvenes necesitan abandonar o cambiar los roles que tenían anteriormente, puede ser el principal momento para trabajar las competencias de vida (Dias, Cruz, & Danish, 2000). Pues en esa etapa los jóvenes adoptan nuevos y más complejos roles que implican nuevas tareas, como son tratar con emociones complejas, promover relaciones interpersonales más maduras y volverse autónomos. Dichas tareas exigen desarrollar nuevas competencias y adquirir recursos para que la adaptación a esta nueva fase sea vivida de manera saludable (Danish, Nellen et al., 1996; Dias et al., 2000).

En los equipos de fútbol que los jóvenes participan por voluntad propia, como en las escuelas y clubs, una de las figuras más importantes es el entrenador (Cruz, Torregrosa, Sousa, Mora, & Viladrich, 2011). El reconocimiento de su papel como referente en la educación de sus jugadores, y no solamente como alguien que enseña la técnica y táctica del juego, se ha investigado y comprobado en diversos estudios (Boixadós, Valiente, Mimbrero, Torregrosa, & Cruz, 1998; Cruz, 1994; Smith & Smoll, 2007). La Teoría de la Autodeterminación (SDT, en inglés *Self Determination Theory*; Deci & Ryan, 2000) está fundamentada en la creencia de que las bases de la motivación autodeterminada son la tendencia inherente de crecimiento personal y la satisfacción de tres necesidades básicas innatas (i.e., autonomía, competencia y relaciones). Lo que puede ser facilitado, o frustrado, dependiendo del entorno que se vive y de las personas con quien se establecen relaciones. El entrenador puede ser un actor importante en la satisfacción de las necesidades básicas y bienestar psicológico de sus deportistas, si les ofrece un ambiente de apoyo a la autonomía (Deci & Ryan, 1985) donde haya una comunicación correcta y efectiva además de la oportunidad para elegir y gestionar las tareas del equipo sin hacer o permitir demasiada presión externa (Balaquer, Castillo, & Duda, 2008; Black & Deci, 2000).

Así, el principal objetivo de este estudio es investigar cómo se enseñan y cuáles son las competencias de vida que los entrenadores de fútbol trabajan con jóvenes en riesgo de exclusión social.

## Método

### Participantes

Se entrevistó a cinco entrenadores de fútbol sala, cuatro de los participantes son hombres y entrenaban equipos masculinos, el entrenador 5 (E5) es mujer y entrenaba un equipo femenino. Los entrenadores tenían entre 19 y 40 años ( $M = 26,8$ ;  $DT = 7,3$ ), su experiencia en esta tarea iba de seis meses hasta seis años ( $M = 2,7$ ;  $DT = 2,0$ ), y todos habían participado en equipos deportivos a nivel amateur o incluso profesional (E4).

Los entrenadores fueron seleccionados por conveniencia por entrenar, en el momento de las entrevistas, equipos de fútbol sala, que forman parte de proyectos de educación a través del deporte, subvencionados por el ayuntamiento local de un mismo barrio de la periferia de una ciudad en Cataluña. El barrio elegido es reconocido localmente por tener altos índices de inmigración, paro, absentismo escolar y diversidad étnica, con una renta media familiar baja, lo que son indicadores importantes del riesgo de exclusión social.

Los entrenadores 1, 2, 3 y 4 tenían la educación secundaria completa y certificado de monitor de ocio o deportivo, la E5 tenía la educación secundaria y formación profesional en otra área ajena al deporte y larga experiencia con colectivos multiétnicos, además de seguir practicando el fútbol. El E3 tenía formación universitaria como psicólogo. Ninguno de los participantes había recibido formación específica para trabajar con jóvenes en riesgo de exclusión social. Todos ellos pasaban entre 7 y 11 horas semanales con sus jugadores, distribuidas entre entrenamientos y partidos.

Los equipos masculinos participantes tenían entre 8 y 13 jugadores fijos, con una distribución étnica bastante similar, siendo la mayoría autóctonos, de etnia gitana y pakistaníes, además de algunos jugadores de origen marroquí. En el equipo femenino, la mitad de jugadoras eran sudamericanas y la otra mitad autóctonas de etnia gitana. E1 y E4 entrenaban jugadores en la franja de edad de 8 a 12 años, y los otros tres entrenadores, jugadores entre 13 y 18 años. Los cinco equipos competían en la liga escolar local y jugaban contra equipos de escuelas formadas, en su gran mayoría por autóctonos, con menor diversidad étnica.

### Procedimiento

Se contactó con los entrenadores personalmente en el año 2011, y se realizó una reunión individual donde

se explicaban los objetivos generales de la investigación, y en qué consistía su participación en el estudio. Todos los entrenadores se mostraron dispuestos a participar y una vez obtenidos sus consentimientos se realizaron las entrevistas de manera individual. Después de una introducción general, los entrenadores tenían aseguradas la confidencialidad y anonimato, y garantizadas la libertad de contestar o no, cada pregunta de forma libre y con la duración deseada. El entrevistador era experto en psicología deportiva, entrenador de fútbol titulado y tenía dos años de experiencia en equipos similares en el mismo barrio. Se realizó una primera entrevista piloto con el objetivo de aplicar el guión de entrevista y realizar los cambios considerados necesarios para la versión final. Cada entrevista se realizó en horarios previos o posteriores a los entrenamientos y fueron grabadas y transcritas *verbatim*. La duración de las mismas osciló entre 36 y 81 minutos, con un promedio de 63 minutos por entrevista.

### Instrumento

El instrumento utilizado fue el guión de entrevista creado por Gould, Collins et al. (2007), traducido y adaptado al español por tres expertos en psicología del deporte (el guión se puede solicitar al primer autor por correo electrónico). A partir de la entrevista piloto, y tras su análisis, se hicieron pequeñas alteraciones de contexto (p. ej., cambiar “escuela” por “equipo” o “barrio”), se suprimió una pregunta sobre el porcentaje de victorias por no ser relevante en nuestro estudio, y se añadió una pregunta más (“Qué competencias de vida consideras fundamentales para trabajar en tu equipo aunque no lo hagas actualmente?”). El guión empezaba con una anamnesis sobre datos personales del entrenador como edad, experiencia dentro del deporte y formación general y específica. Posteriormente se pidió información sobre el equipo entrenado en el momento de la realización de la entrevista, sobre sus participantes y el contexto en que vivían. A continuación se pasaba a preguntas sobre estilo y filosofía de entrenamiento (e.g., ¿Cómo defines tu filosofía de entrenamiento?), estrategias para el desarrollo del carácter y enseñanza de competencias de vida (e.g., ¿Qué competencias de vida específicas desarrollas en tus jugadores?) y reacciones a distintos escenarios (e.g., jugador con problemas en la escuela) y obstáculos encontrados en la práctica cotidiana (e.g., ¿Tienes alguna estrategia para afrontar esos problemas?). Finalmente, se pedía una evaluación global sobre el éxito o fracaso en la enseñanza

**Tabla 1**  
Categorías y competencias  
de vida trabajadas por los  
entrenadores

Categorías	Competencias de vida
Competencia	Aprendizaje, esfuerzo, estudios, autoestima y empoderamiento
Relación	Compañerismo, cooperación, diversión e integración cultural
Educación	Civismo, compromiso, deportividad, higiene, humildad, respeto y responsabilidad

de las competencias de vida, recompensas personales por el trabajo con colectivos en riesgo social y sugerencias o consejos a otros entrenadores (e.g., ¿Qué consejos darías a otros entrenadores para ayudar al desarrollo personal de los jugadores?).

## Análisis

Siguiendo el método aplicado por Gould, Collins et al. (2007), basado en el modelo de investigación cualitativa en psicología del deporte utilizado por Scanlan, Steim y Ravizza (1989), se realizó un análisis de contenido de las entrevistas en dos pasos: a) En un primer momento cada entrevista fue transcrita y leída para tener una comprensión holística del perfil del entrenador y del trabajo desarrollado. Posteriormente, se hizo una relectura donde se buscó identificar todas las acciones referidas por los entrenadores sobre su forma de entrenar, al mismo tiempo en que se subrayaban las competencias de vida que pretendían enseñar. b) En una segunda etapa se identificaron y describieron patrones en las respuestas dentro de cada entrevista y entre las mismas. Se designó una etiqueta con el objetivo de nombrar cada respuesta dentro de una misma entrevista, cuando se trataba de un concepto que ya había sido comentado por el entrenador, elegíamos la frase que mejor ilustraba la idea en la entrevista. Si se entendía que una estrategia, acción, o competencia de vida, se repetía entre las diferentes entrevistas le dábamos el mismo nombre de la predecesora, aunque manteniendo un ejemplo para cada entrenador. Así se llegó a unas respuestas generales a las estrategias de enseñanza de competencias de vida. Se dividieron las respuestas obtenidas sobre las estrategias utilizadas en 21 subcategorías agrupadas en cuatro categorías mayores, a su vez agrupadas en las dos grandes dimensiones de Gould, Collins et al. (2007): “estrategias efectivas de entrenamiento” y “estrategias de desarrollo de jóvenes”. Cada una de las dos dimensiones contemplan dos categorías: a) Comunicación y actuación; b) Estrategias de mejora de participación y enseñanza de competencias de vida, respectivamente.

## Resultados

### Competencias de vida trabajadas

Las 66 repuestas distintas que reflejaban directa o indirectamente las competencias de vida que se trabajan en los cinco equipos de los entrenadores entrevistados fueron separadas en tres grandes categorías: competencia, relación y educación (ver *tabla 1*). El primer grupo se refiere a las competencias que, aunque puedan ser trabajadas grupalmente, tienen que ver con la forma que se siente cada uno, y se relaciona con una tarea o distintas situaciones. Las competencias de vida de relación tratan de la cohesión y sentimiento de pertinencia entre los participantes de cada equipo, temas que se desarrollan grupalmente en sesiones de entrenamiento, partidos, y salidas. Respecto a la educación se refiere a los valores pro sociales de educación que buscan ser inculcados por los entrenadores tras la participación, individual o grupal, de los jóvenes en sus equipos, en relación con urbanidad y cortesía.

### Estrategias para la enseñanza de competencias de vida

#### Estrategias efectivas de entrenamiento

Esta primera dimensión informa sobre la práctica de los entrenadores, de cómo entrenan los jugadores en su rutina de trabajo, en la parte deportiva, y está dividida en dos categorías, *comunicación* y *actuación*. La *actuación* se fragmenta en dos temas que son: relaciones y gestión de equipo. Ambas categorías no se presentan en el estudio original de Gould, Collins et al. (2007) y fueron creadas en base a los datos de esta investigación (*tabla 2*).

#### Comunicación

La primera de las dos categorías está formada por cinco subcategorías referentes a la manera cómo los entrenadores se comunican con los jóvenes que entrenan, incluyendo la importancia de hablar, tener un estilo relajado, criticar las malas conductas, dar *feedback* y hablar con sinceridad.



Estrategias	efectivas de entrenamiento	de desarrollo de jóvenes	
<b>Comunicación</b>	Importancia de hablar Tener un estilo relajado Criticar las malas conductas Dar feedback Hablar con sinceridad	<b>Mejora de participación</b>	Valorar el esfuerzo Animar/apoyar Apoyo emocional Crear vínculo Promover valores positivos Buscar la cooperación Promover la autonomía
<b>Actuación</b>	<i>Relación</i> Ser empático Utilizar roles familiares Ensayo y error <i>Gestión de equipo</i> Estimular el liderazgo de los capitanes Planificar entrenos Dar las mismas oportunidades	<b>Enseñanza de Competencias de Vida</b>	Incentivar los estudios Incentivar la diversión en el deporte Enseñar a vivir en sociedad

**Tabla 2**  
Estrategias de Entrenamiento para la Enseñanza de Competencias de Vida

*Importancia de hablar.* Todos los entrenadores subrayaron la importancia de comunicarse bastante con sus jugadores y estar disponibles para escucharles, como han ejemplificado los entrenadores 2 y 5. “[...] tanto antes de empezar el partido, como después del partido en sí. Hay una charla, sí que me gusta que haya unos mensajes claros para los jugadores” (E2). “[...] A mí sí que me gusta generar un espacio donde ellas puedan sentirse tranquilas para explicarse estas cosas, o bien entre ellas o bien a mí, o bien así como colectivo” (E5).

*Tener un estilo relajado.* Los entrenadores 1, 3 y 4 consideran que es importante tener un estilo menos directivo en los entrenamientos, como dijo el entrenador 1: “pero más que nada soy más relajado y dejo a los niños que fluyan, dejo que saquen sus destrezas, su trabajo, sus esfuerzos, que ellos mismos vayan demostrando, yo sólo lo veré y les iré corrigiendo, que esto está bien, esto está mal, pero el camino que busquen ellos mismos”.

*Criticar las malas conductas.* Las malas conductas en entrenamientos y partidos, como criticar a un compañero o al árbitro, no son consentidas por los entrenadores 1 y 5, como en el ejemplo del E1 “A las malas conductas de los jugadores suelo reaccionar muy negativamente, suelo criticar, es el único momento donde critico a los jugadores”.

*Dar feedback.* Dentro de la comunicación un componente importante es la retroalimentación (o en inglés *feedback*) que se da y recibe del grupo de jóvenes, y

que puede cambiar los entrenamientos, como resumió el entrenador 2 en dos oportunidades: “Siempre nos reunimos en el centro del campo e intentamos hablar sea de entrenamientos anteriores, cosas que les hayan gustado, cosas que no les hayan gustado”, “Que no sea una educación unidireccional sino que siempre haya un *feedback* de los participantes que te haga replantear los objetivos, la metodología”.

*Hablar con sinceridad.* Los entrenadores 4 y 5 consideran muy importante que los entrenadores sean siempre sinceros: “Yo le diría que todo lo que diga que lo diga de entraña, y lo diga de verdad, y lo diga creyéndoselo, porque si no, no tiene ningún sentido” (E5). “Y la simpatía la dulzura y con la verdad se va a todas partes. Nunca engañéis a un niño, nunca engañar a un jugador” (E4).

### Actuación

La segunda categoría en estrategias efectivas de entrenamiento es sobre la actuación de los entrenadores en los entrenamientos y partidos, las relaciones que mantiene con sus deportistas y cómo gestiona el equipo. Está formada por seis subcategorías divididas en dos temas relaciones y gestión de equipo.

*Relaciones* comprende tres subcategorías: ser empático, utilizar roles familiares y ensayo y error.

*Ser empático.* Esa subcategoría emergió a partir de lo mencionado por los entrenadores 2, 3 y 4, que creen que ponerse en el lugar del otro es la mejor forma de

evitar o resolver conflictos en el grupo: “Es un poquito digamos de eso, darse cuenta de que no hagas a los demás lo que no quieres que te hagan” (E3).

*Utilizar roles familiares.* Los entrenadores 1 y 4, que trabajan con los equipos más jóvenes, utilizan roles familiares para conectar mejor con sus jugadores: “tengo un trquito (en que intento identificar) de quien necesita el niño, a veces algún niño necesita un hermano, otro necesita un padre otro una madre, les suelo dar aquello (hacer el rol) de lo que él necesita” (E1).

*Ensayo y error.* Uno de los métodos de trabajo más citados sobre como trabajar con los jóvenes para desarrollar competencias de vida es actuar a partir de lo que se observa y se prueba en los entrenos, y no con ideas previamente establecidas e inflexibles. Como se percibe en dos respuestas distintas: “[...] sobre todo a través de la experiencia y a través del ensayo y error, para entendernos iba cambiando según qué aspecto de mi metodología para que los participantes para que fuera más eficaz la acción educativa” (E2). “De trabajar correctamente pero al mismo tiempo entender que no todos los jugadores son iguales, por lo tanto no todos te van a dar lo mismo. Habrá que apretar en ciertos casos y aflojar en otros” (E2).

Gestión de equipo, el segundo tema de Actuación, está formado a su vez por tres subcategorías: estimular el liderazgo de los capitanes, planificar entrenos y dar las mismas oportunidades.

*Estimular el liderazgo de los capitanes.* Los entrenadores 1 y 4 sugieren que aliarse con los capitanes del equipo por su liderazgo es una manera de estimular las buenas conductas: “Al ser el líder, tu coges el líder y dices al líder ‘soy tu entrenador’ Tu eres el líder, tu tienes la responsabilidad de todos tus compañeros, igual que tengo yo tu responsabilidad y de todos tus compañeros” (E4).

*Planificar entrenos.* Tener una estructura básica de entrenamiento es importante para tener credibilidad como entrenador y facilitar el aprendizaje en la opinión de los entrenadores 2, 3 y 4. “(aunque sea un proyecto social, hay que tener) una parte en serio de fútbol, [...] bien armada técnicamente y futbolísticamente para que el proyecto [...] a los ojos de las jugadoras avance deportivamente y tenga sentido” (E5).

*Dar las mismas oportunidades.* En equipos en que la prioridad no es ganar partidos, y si la diversión y las buenas conductas, se pueden utilizar estrategias que no se suelen utilizar en equipos demasiado competitivos, resaltaron los entrenadores 1, 4 y 5. Cómo dar muchos

minutos de juego a los jugadores con peor técnica, o entonces poner a los protagonistas en la defensa, son algunos ejemplos. El entrenador 1 explica como lo hace: “A veces lo que hago es hacer un cambio radical de defensas y delanteros, delanteros y defensas para que vean que todos pueden hacer todo”.

### Estrategias de desarrollo de jóvenes

En la segunda dimensión general emergieron dos categorías “*estrategias de mejora de participación* y “*enseñanza de competencias de vida*”. La primera, formada por siete subcategorías, que reflejan los métodos y filosofía que tienen los entrenadores para educar los jóvenes. La segunda categoría está formada por tres subcategorías, donde los entrenadores explican cómo perciben que enseñan competencias de vida.

*Estrategias de mejora de participación.* La primera gran categoría de Estrategias de desarrollo de jóvenes fue denominada así a partir de una adaptación de una categoría llamada “estrategias para mejora de rendimiento” por Gould, Collins et al. (2007). Como nuestro enfoque es el deporte escolar, y busca la participación más que el rendimiento, elegimos hacer un cambio de nombre para que la categoría reflejase las estrategias que utilizan los entrenadores para vincular y mantener los jóvenes en los proyectos de los que forman parte.

*Valorar el esfuerzo.* Todos los entrenadores subrayaron que el esfuerzo es valorado y pedido en sus rutinas de entrenamiento, como en los ejemplos: “Creo que una persona que se esfuerza en el deporte también se esforzará en el resto de su vida cotidiana” (E2). “[...] sin esfuerzo [...] se consiguen cosas, pero no se consigue todo lo que quieres” (E3). “les digo que no se rindan, que siempre hay un día nuevo en el cual pueden hacer mucho más de lo que han hecho” (E1).

*Animar/apoyar.* El reconocimiento de lo que se hace bien, y el estímulo a la mejora también es una estrategia para mantener a los chicos y chicas motivados a participar en el deporte utilizada por todos los entrevistados: “Venga va tú puedes” (E1). “Y siempre está la típica cordura de decir [...]. Bueno, no ha estado nada mal, podía mejorarse, podía mejorarse” (E4).

*Apoyo emocional.* Ser amable con los jugadores es una estrategia utilizada a menudo por los entrenadores 1, 4 y 5: “Que al jugador no lo tomes como un objeto, o como una persona que va hacer cosas, y sí que sea un hijo, un hermano, un amigo” (E1).

*Crear vínculo.* Buscar tener un vínculo es importante para ganar la confianza de los jóvenes, según las

entrevistas de los entrenadores 3 y 5 “Primero conectar, conectar con los jugadores, conectar desde el punto de vistas emocional, pero también desde el punto de vista deportivo” (E3).

*Promover valores positivos.* Los entrenadores fueron unánimes cuando se les preguntó sobre conflictos entre enseñanza de competencias de vida y ganar partidos. Todos dijeron que sus objetivos eran otros y no los resultados de los partidos, como manifestó el entrenador 2: “[...] aparte que jueguen mejor, jueguen peor, o ganen más partidos o ganen menos partidos, es el hecho de transmitir una serie de valores educativos” o entonces fomentando la honestidad con el juego limpio como el entrenador 4 “tírala fuera” o “[...] no es falta de ellos, es falta nuestra”.

*Enfatizar la cooperación.* Que el grupo esté unido, buscando la cohesión entre los jugadores, incluso con ejercicios específicos, es otro objetivo de los entrenadores para que los jugadores estén a gusto en sus equipos: “[...] siempre que se puedan hacer juegos cooperativos, juegos donde la importancia de la suma de los participantes lleve a un objetivo que no pueden llegar a nivel individual” (E2).

*Promover la autonomía.* Que los jugadores se sientan autónomos y responsables es parte fundamental dentro de los equipos y es una buena forma de fomentar las competencias de vida para los entrenadores 2, 3, 4 y 5: “Para mí lo importante en realidad, es fomentar la autoresponsabilidad y la coherencia con ellas mismas ¿No? Y sobre todo la información, que sepan lo que están haciendo” (E5).

*Enseñanza de competencias de vida.* Las estrategias que tienen por objetivo enseñar competencias de vida están presentes en tres subcategorías que son:

*Incentivar los estudios.* Todos los entrenadores se preocupan por los estudios de sus jugadores, aunque el aliciente de la participación en los equipos sea el fútbol, ellos usan de esa excusa para inculcarles el valor de la educación en sus vidas. “[...] de tal forma educarles que estudien bien [...] y no tan sólo jugando puedan llegar a ser grandes jugadores [...] Sino grandes profesionales también” (E1). “Para mí en realidad el fútbol es una herramienta. Yo no quiero crear grandes jugadoras de fútbol yo quiero crear gente” (E5).

*Incentivar la diversión en el deporte.* Hacer que los jóvenes que hacen deporte se lo pasen bien es destacado como objetivo de los proyectos que trabajan los distintos entrenadores: “que los niños no sólo sepan jugar a fútbol, sino que se diviertan y cojan un áni-

mo por el fútbol” (E1). “[...] intentar siempre que el juego o que el deporte sea una manera que se lo pasen bien, porque así ellos también están más motivados para continuar haciendo deporte” (E3).

*Enseñar a vivir en sociedad.* Educar para el civismo es un objetivo de los proyectos de fútbol en que están todos los entrenadores, y se promueve como vemos en los ejemplos de los entrenadores 1 y 4 respectivamente: “Tomar el barrio como tomas tu casa. Tal como tú quieres que tu casa esté limpia, tu barrio tiene que estar limpio” (E1). “Que no roben, que sean cívicos, cívicos es decir, pagar el autobús al coger un trayecto, no tirar un papel al suelo [...] esta es mi misión” (E4).

## Discusión

A partir de las entrevistas realizadas ha sido posible señalar algunos aspectos sobre las prácticas llevadas a cabo por entrenadores que trabajan en equipos de proyectos sociales con jóvenes en riesgo de exclusión social. A diferencia del trabajo de Gould, Collins et al. (2007) se han identificado cuáles son las competencias de vida que trabajan los entrenadores, entrevistados (presentado en la *tabla 1*) lo que facilita una mejor comprensión de los objetivos que tienen ellos en proyectos sociales. Aunque todos los entrenadores entrevistados utilicen estrategias para la enseñanza de competencias de vida, cuando se les preguntaba sobre las estrategias utilizadas, muchas veces no las identificaron inmediatamente. Eso puede ser debido al poco tiempo que llevan entrenando equipos, o por su corta formación como entrenadores. Además, en los cursos de entrenadores no se suelen enseñar filosofías específicas para implementar estrategias de enseñanza de competencias de vida, tal como subraya la revisión realizada por Camiré, Trudel y Forneris (2012). Gran parte de las estrategias identificadas en el presente estudio fueron halladas cuando los entrenadores contestaban otras preguntas sobre su filosofía de entrenamiento y no en las que se les preguntaba directamente sobre las estrategias más utilizadas.

Teniendo en cuenta que los entrenadores consideran que su principal función es la educación a través del fútbol, y que el deporte es una excusa para la participación de los jóvenes en sus equipos, su preocupación por la enseñanza de las competencias de vida es constante, y no está apartada de la enseñanza deportiva propiamente dicha, tal como pasó con los entrenadores entrevistados por Gould, Collins et al. (2007).

El hecho de que los entrenadores entrevistados comuniquen positivamente con sus jugadores, critiquen poco y devuelvan *feedback*, está de acuerdo con lo recomendado por importantes estudios sobre el tema realizados por Smoll y colaboradores que crearon el *Coach Effectiveness Training* (CET; Smith, Smoll & Curtis, 1979). El CET es un programa cognitivo-conductual de formación de entrenadores de iniciación, que proporciona líneas de orientación específicas sobre estilos de comunicación. Dichas recomendaciones pueden ser utilizadas por los entrenadores con el objetivo de mejorar la experiencia deportiva de los jóvenes, reforzando y dando más instrucciones de manera positiva y reduciendo las conductas punitivas. Aunque no tengan formación específica para trabajar con colectivos en riesgo de exclusión social, las conductas de los entrevistados están de acuerdo con las sugeridas por los programas más modernos de formación de entrenadores que pretenden facilitar a los jóvenes experiencias saludables en el deporte, como es el Programa de asesoramiento personalizado a entrenadores (PAPE; Sousa, Cruz, Torregrosa, Vilches & Viladrich, 2006).

El PAPE sugiere, además de la comunicación positiva, el empleo de un clima motivacional de implicación a la maestría en los equipos entrenados. Es decir, un clima en que los jugadores sean motivados a esforzarse, más que a jugar mejor que los demás, y que el aprendizaje y la diversión sean valorados más que la competición o el logro de victorias o récords. Así parecen actuar los entrenadores entrevistados, a partir de las estrategias utilizadas en los entrenamientos y las competencias de vida enseñadas, principalmente las “estrategias de mejora de participación” y las competencias de vida que nombramos como de competencias (e.g. aprendizaje, esfuerzo, diversión, etc.). Si son exitosos en los métodos de trabajo que relataron tener, es posible que los jóvenes de sus equipos presenten efectos positivos sobre el compromiso deportivo, satisfacción, percepción de habilidad y actitudes de *fair-play*, como indican estudios sobre la generación de un clima motivacional de implicación a la maestría (Boixadós, Cruz, Torregrosa, & Valiente, 2004; Torregrosa, Sousa, Viladrich, Villamarín, & Cruz, 2008).

Las conductas de los entrenadores del presente estudio parecen también estar ajustadas a una de las teorías motivacionales más aceptadas hoy en psicología del deporte, la teoría de la autodeterminación (SDT). Tanto las estrategias efectivas de entrenamiento como las estrategias de desarrollo de jóvenes y las competencias de vida identificadas en nuestra investigación sugieren que los entrena-

dores entrevistados promueven la autonomía, las buenas relaciones y el sentimiento de competencia por parte de sus jugadores aunque de forma instintiva.

## Conclusiones

El análisis de los relatos de cada uno de los entrenadores sobre su trabajo en los diferentes equipos de distintas categorías de edades lleva a concluir que sus métodos son adecuados para generar experiencias deportivas saludables. El trabajo de los entrenadores está de acuerdo con lo recomendado por las teorías motivacionales y programas de formación más utilizados actualmente en psicología del deporte. El hecho de que algunas estrategias no fueron directamente relatadas o identificadas como facilitadoras para enseñar competencias de vida, quizás indique que ese objetivo no esté presente en la planificación de la rutina de trabajo de forma consciente y frecuente, lo que puede reducir la potencia de enseñanza que tienen estos proyectos como ya hemos subrayado a partir del estudio de Goudas y Giannoudis (2008). Puesto que incluso con buena voluntad para enseñar competencias de vida su transferencia no es automática, hay que establecer pautas en su rutina de trabajo. Tal como recalcan Gould, Collins et al. (2007) cuando hablan que para facilitar el aprendizaje de competencias de vida y el desarrollo moral, las conductas deseadas tienen que ser claramente definidas, repetidamente comunicadas y reforzadas cuando ocurren.

Por tratarse de un estudio exploratorio, el número reducido de participantes es un factor que debe tenerse en cuenta para la generalización de los resultados encontrados. En investigaciones futuras se sugiere ampliar el número de entrenadores participantes para que la información obtenida pueda servir de base para la creación de programas de intervención, para formar entrenadores en técnicas para la enseñanza de competencias de vida para poblaciones en riesgo de exclusión social. También resulta pertinente la idea de realizar estudios transversales para investigar el camino de estos jóvenes en el tiempo y comparar con otros jóvenes en la misma situación de riesgo social pero que no participen en el deporte organizado.

## Referencias

- Balaguer, I., Castillo, I., & Duda, J. L. (2008). Apoyo a la autonomía, satisfacción de las necesidades, motivación y bienestar en deportistas de competición: un análisis de la Teoría de la Autodeterminación. *Revista de Psicología del Deporte*, 17(1), 123-139.



- Bandeira, D., Koller, S. H., Hutz, C., & Forster, L. (1996). Desenvolvimento psico-social e profissionalização: uma experiência com adolescentes de risco. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 9, 185-207.
- Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science Education*, 84(6), 740-756. doi:10.1002/1098-237X(200011)84:6<740::AID-SCE4>3.0.CO;2-3
- Boixadós, M., Valiente, L., Mimbrero, J., Torregrosa, M., & Cruz, J. (1998). Papel de los agentes de socialización en deportistas en edad escolar. *Revista de Psicología del Deporte*, 7(2), 295-310.
- Boixadós, M., Cruz, J., Torregrosa, M., & Valiente, L. (2004). Relationship among motivational climate, satisfaction, perceived ability and fair-play attitudes in young soccer players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 16(4), 301-317. doi:10.1080/10413200490517977
- Camiré, M., Trudel, P., & Forneris, T. (2012). Coaching and transferring life skills: Philosophies and strategies used by model high school coaches. *The Sport Psychologist*, 26(3), 243-260.
- Cruz, J. (1994). Asesoramiento psicológico a entrenadores: experiencia en baloncesto de iniciación. *Apunts. Educación Física y Deportes* (35), 5-14.
- Cruz, J., Torregrosa, M., Sousa, C., Mora, À., & Viladrich, C., (2011). Efectos conductuales de programas personalizados de asesoramiento a entrenadores en estilo de comunicación y clima motivacional. *Revista de Psicología del Deporte*, 20(1), 179-195.
- Danish, S. J. (1996). Interventions for enhancing adolescents' life skills. *The Humanistic Psychologist*, 24(3), 365-381. doi:10.1080/08873267.1996.9986864
- Danish, S. J., & Nellen, V. C. (1997). New roles for sport psychologists: Teaching life skills through sport to at-risk youth. *Quest*, 49(1), 100-113. doi:10.1080/00336297.1997.10484226
- Danish, S. J., Nellen, V. C., & Owens, S. S. (1996). Teaching life skills through sport: Community-based programs for adolescents. En J. L. Van Raalte & B. Brewer (Eds.), *Exploring sport and exercise psychology* (pp. 205-225). Washington, DC: American Psychological Association.
- Danish, S. J., Petitpas, A. J., & Hale, B. D. (1992). A developmental-educational model of sport psychology. *The Sport Psychologist*, 6(4), 403-415.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behaviour. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. doi:10.1207/S15327965PLI1104\_01
- Dias, C., Cruz, J. F., & Danish, S. J. (2000). El deporte como contexto para el aprendizaje y la enseñanza de competencias personales. Programas de intervención para niños y adolescentes. *Revista de Psicología del Deporte*, 9(1-2), 107-122.
- Gómez, C., Puig, N., & Maza, G. (2009). *Deporte e integración Social*. España: INDE.
- Goudas, M., & Giannoudis, G. (2008). A team-sports-based life-skills program in a physical education context. *Learning and Instruction*, 18, 528-536. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.11.002
- Gould, D., & Carson, S. (2008) Life skills development through sport: Current status and future directions. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1(1), 58-78. doi:10.1080/17509840701834573
- Gould, D., Chung, Y., Smith, P., & White, J. (2006). Future directions in coaching life skills: understanding high school coaches' views and needs'. *Athletic Insight On-line*, 8(3).
- Gould, D., Collins, K., Lauer, L., & Chung, Y. (2007). Coaching life skills through football: A study of award winning high school coaches'. *Journal of Applied Sport Psychology*, 19(1), 16- 37. doi:10.1080/10413200601113786
- Mangrulkar, L., Whitman, C. V., & Posner, M. (2001). *Enfoque de habilidades para la vida para un desarrollo saludable de niños y adolescentes*. Washington, USA: Organización Panamericana de la Salud, Unidad Técnica de Adolescencia
- Organización Mundial de la Salud. (1999). *Partners in life-skills education*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, Department of Mental Health.
- Organización Mundial de la Salud. (2001). *Skills for Health*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, Department of Mental Health.
- Papacharisis, V., Goudas, M., Danish, S., & Theodorakis, Y. (2005). The effectiveness of teaching a life skills program in a school-based sport context. *Journal of Applied Sport Psychology*, 17(3), 247-254. doi:10.1080/10413200591010139
- Petitpas, A., Van Raalte, J., Cornelius, A., & Presbrey, J. (2004). A life skills development program for high school student-athletes. *The Journal of Primary Prevention*, 24(3), 325-334. doi:10.1023/B:JOPP.0000018053.94080.f3
- Scanlan, T. K., Stein, G. L., & Ravizza, K. (1991). An in-depth study of Former elite figure skaters III: Sources of stress. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 13(2), 103-120.
- Smith, R., & Smoll, F. (2002). Psychosocial interventions youth sport. En J. L. Van Raalte & B. W. Brewer (Eds.), *Exploring sport and exercise psychology*. (pp. 287-315). Washington, EUA: American Psychological Association.
- Smith, R. E., & Smoll, F. L. (2007). Social-cognitive approach to coaching behaviours. En S. Jowett & D. Lavallee (Eds.), *Social psychology in sport* (pp. 75-90). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Smith, R. E., Smoll, F.L., & Curtis, B. (1979). Coach effectiveness training. A cognitive behavioral approach to enhancing relationship skills in youth sports coaches. *Journal of Sport Psychology*, 1(1), 59-75.
- Sousa, C., Cruz, J., Torregrosa, M., Vilches, D., & Viladrich, C. (2006). Evaluación conductual y programa de asesoramiento personalizado a entrenadores (PAPE) de deportistas. *Revista de Psicología del Deporte*, 15(2), 263-278.
- Subirats, H. J., Carmona, R. G., & Torruella, J. B. (2005). *Análisis de los factores de exclusión social*. Fundación BBVA. Recuperado de [http://www.inau.gub.uy/biblioteca/exclusion\\_social.pdf](http://www.inau.gub.uy/biblioteca/exclusion_social.pdf)
- Torregrosa, M., Sousa, C., Viladrich, C., Villamarín, F., & Cruz, J. (2008). El clima motivacional y el estilo de comunicación del entrenador como predictores del compromiso en futbolistas jóvenes. *Psicothema*, 20(2), 254-259.

# La enseñanza del deporte escolar en Educación Secundaria según la formación inicial del profesorado

## *Teaching Sport in Schools in Secondary Education According to the Initial Teacher Training*

**MARÍA ESPADA MATEOS**

Departamento de Educación, Métodos de Investigación y Evaluación  
Facultad de Ciencias Humanas y Sociales  
Universidad Pontificia de Comillas (España)

Departamento de Educación Física y Salud  
Facultad de Educación  
Universidad Internacional de La Rioja (España)

**ÁNGEL LUIS CLEMENTE REMÓN**

**JOSÉ ANTONIO SANTACRUZ LOZANO**

Departamento de Ciencias Biomédicas II  
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud  
Universidad de Alcalá (España)

**JANA MARÍA GALLARDO PÉREZ**

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte  
Universidad Politécnica de Madrid (España)

**Correspondencia con autora**

**María Espada Mateos**

[mariaespada\\_mateos@hotmail.com](mailto:mariaespada_mateos@hotmail.com)

### Resumen

La práctica regular de actividades fíicodeportivas extraescolares puede aportar diversos beneficios a los participantes. No obstante, dichos beneficios estarán condicionados por la intervención docente del profesorado que imparte este tipo de actividades, ya que en ocasiones carecen de la formación y titulación necesaria para desarrollar esta función docente. Así, el objetivo principal de esta investigación es analizar la intervención docente en el deporte escolar en Educación Secundaria en la Comunidad de Madrid. La investigación sigue una metodología *cuantitativa de corte descriptivo* a través de la encuesta, que se realizó a 350 docentes. Los muestran evidencias estadísticamente significativas respecto a que los docentes sin titulación utilizan en mayor medida técnicas de enseñanza directivas [ $\chi^2(10) = 33,430$ ;  $p < ,00$ ;  $\Phi = ,03$ ] y que en general, la mayoría de los docentes priorizan la mejora de la técnica sobre otros aspectos [ $\chi^2(5) = 35,337$ ;  $p < ,00$ ;  $\Phi = ,03$ ]. Entre las conclusiones más relevantes de esta investigación, se puede observar que la intervención docente por parte del profesorado que imparte las actividades fíicodeportivas extraescolares en la etapa de Educación Secundaria no siempre es adecuada, ya que en la mayoría de los casos se sigue desarrollando un modelo de enseñanza tradicional, donde priman la búsqueda del resultado sobre la participación y las técnicas de enseñanza directivas sobre las de descubrimiento, así como la enseñanza de la mejora de la técnica de manera descontextualizada sobre la enseñanza de situaciones reales de juego.

**Palabras clave:** intervención docente, formación, deporte escolar, profesorado, educación secundaria

### Abstract

#### *Teaching Sport in Schools in Secondary Education According to the Initial Teacher Training*

The regular practice of physical and sports extracurricular activities can bring various benefits to participants. However, these benefits will be conditioned by the educational intervention of the staff teaching these activities, since sometimes they lack the training and qualifications needed to develop this teaching function. Thus, the main objective of this research is to analyse the educational intervention in sport in school in Secondary Education in the Community of Madrid. Through a survey conducted with 350 teachers, the research is based on a quantitative and descriptive methodology. The results show statistically significant evidence regarding the unqualified teachers that use directive teaching techniques [ $\chi^2(10) = 33.430$ ;  $p < .00$ ;  $\Phi = .03$ ] and that in general, most teachers prioritize the improvement of technique over other aspects [ $\chi^2(5) = 35.337$ ;  $p < .00$ ;  $\Phi = .03$ ]. Amongst the most important conclusions of this research, we can see that the educational intervention by the staff teaching physical and sports activities in school in Secondary Education is not always appropriate, since in most cases there is still a traditional teaching model being used, where priority is given to searching for results on participation and teaching techniques directives on discovery, as well as teaching how to improve teaching techniques in real match situations in a decontextualized way.

**Keywords:** educational intervention, training, sport in schools, teachers, secondary education

## Introducción

Las actividades extraescolares están cobrando gran relevancia en el ámbito educativo. Además, dentro de las diferentes actividades extraescolares que existen, la práctica de actividades fisicodeportivas es una de las más demandadas y realizadas en el tiempo libre de los niños, las niñas y los jóvenes en edad escolar (Cruz, Boixadós, Valiente, & Torregrosa, 2001). Sin embargo, diversos estudios han verificado internacionalmente una clara disminución del nivel de práctica fisicodeportiva en la etapa de Educación Secundaria (Delgado, 2009; Hernández et al., 2007; Koplan, Liverman, & Kraak, 2005; Sherar et al., 2008; Troiano et al., 2008).

Otro aspecto relevante que se debe tener en cuenta es que en la mayoría de los casos, estas actividades no se desarrollan de forma adecuada, debido a que se alejan de las intenciones educativas y formativas y se realizan con una clara desconexión con las finalidades de la materia de Educación Física desarrollada en horario lectivo (González & Campos, 2010; Orts, 2005; Tani, 2007).

Ante esta situación, y para facilitar dicha conexión, Fraile (1996) determina la necesidad de que los objetivos de la práctica deportiva coincidan con los objetivos del área de Educación Física, con una enseñanza más globalizada que favorezca la disponibilidad motriz, tratando de conectar la práctica deportiva escolar con el concepto de actividad física saludable.

Para ello, el profesorado de Educación Física de los centros educativos donde se imparten las actividades fisicodeportivas extraescolares y las personas que imparten estas actividades extraescolares en los mismos centros educativos deben estar coordinados, ya que el profesorado de Educación Física puede ser el gran impulsor de un enfoque participativo y educativo de estas actividades (González, 2008).

Por otro lado, para que exista un adecuado desarrollo de las actividades fisicodeportivas extraescolares hay que tener en cuenta la intervención docente en las mismas, ya que hoy en día todavía existen muchos docentes que utilizan modelos de enseñanza tradicionales, centrados en el logro y en la búsqueda de resultados (Blázquez, 2009; Gil, 2007; González, García, Contreras, & Sánchez-Mora, 2009). En esta línea, investigaciones como la de Borrás, Palau, Ponseti, Vidal y García-Mas (2009) muestran que el alumnado adolescente que participa en el deporte escolar otorga una importancia mínima al valor “ganar”, además estos autores

señalan la importancia de una adecuada intervención docente para promover la deportividad en los alumnos y alumnas.

Por su parte, Bunker y Thorpe (1982) propusieron como alternativa para la enseñanza deportiva un nuevo modelo denominado *Teaching Games for Understanding* (TGfU). Este tipo de enseñanza, se centra en el alumno y en el juego, ya que el alumno participa de forma activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje y el profesor facilita la implicación del alumno en dicho proceso (González, Cecchini, Fernández-Río, & Méndez, 2008; Kirk, 2005).

Al respecto, existen diversos estudios que muestran la importancia de aplicar los modelos comprensivos en la enseñanza del deporte que impliquen cognoscitivamente al alumnado, utilizando para ello estrategias en la práctica globales, técnicas de enseñanza basadas en el descubrimiento o en la indagación a través de estilos de enseñanza de descubrimiento guiado y resolución de problemas (González, 2008; Luján & Ha, 2009; Velázquez et al., 2007; Yáñez, 2004).

Sin embargo, tal y como exponen Griffin y Butler (2005), para aplicar los modelos comprensivos en la enseñanza de la actividad física y del deporte, se necesitan, entre otros factores, un mayor conocimiento del contenido que se debe enseñar y por tanto una adecuada formación.

En este sentido, Torres (2002) manifiesta que únicamente contando con personas formadas correctamente se puede sacar todo el partido educativo que el deporte puede propiciar. Asimismo, Orts (2005) afirma que, debido a que la mayoría de las personas que imparten actividades fisicodeportivas extraescolares carecen de titulación, se enfocan las actividades de la misma forma y con los mismos métodos con los que ellos realizaron esa actividad deportiva y que por ello orientan la actividad desde el modelo técnico, basado en la adquisición de destrezas, más que en la propia esencia de juego.

Igualmente, Giménez (2009) expone ciertos aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de poner en práctica un modelo deportivo que busque la formación integral de los alumnos. Entre otros aspectos, se hace mención a la mejora de la formación del profesorado a través de estrategias novedosas como el trabajo en equipo y la reflexión sobre la práctica. Además, este autor señala que dentro de la formación se deben incluir contenidos específicos del entrenamiento con niños pero también contenidos psicopedagógicos.

Así, por todo lo expuesto anteriormente el presente trabajo tiene como objetivo conocer la intervención docente llevada a cabo en el deporte escolar en Educación Secundaria según la formación inicial del profesorado que las imparte.

## Material y métodos

La investigación ha seguido una metodología *cuantitativa de corte descriptivo* (Alvira, 2002). En el desarrollo de la metodología, los procedimientos que se han seguido son los propios de la *encuesta*, ya que se ha realizado la aplicación de un procedimiento estandarizado de recogida de la información mediante preguntas sobre la muestra de población estudiada (Lussier & Kimball, 2008).

### Selección de la población y muestra

La población objeto de estudio han sido las personas que desarrollan la función de docencia de las actividades fisicodeportivas extraescolares en los centros educativos de Educación Secundaria de la Comunidad de Madrid.

Para establecer el universo objeto de estudio, el número de personas que desarrollan la función de docencia en las actividades fisicodeportivas extraescolares en los centros educativos de Educación Secundaria de la Comunidad de Madrid, se sigue lo expuesto por Heinemann (2003), Madella (2003) y Campos (2010) que explican que el deporte no es una industria o una rama industrial, por ello los puestos de trabajo referidos a la actividad física y el deporte no se recogen estadísticamente de forma específica, y como tal, estos datos han de deducirse de diversos cálculos, encuestas y estadísticas.

Por ello, tal y como exponen Martínez del Castillo (1991) y Campos (2005), es necesario la utilización de listados indirectos para establecer el universo de trabajo para dicha población de estudio, ya que la identificación y localización de las unidades de las que se obtiene la información es muy compleja y difícil. Los listados utilizados en esta investigación han sido:

- Listado de centros educativos de Educación Secundaria de la Comunidad de Madrid dentro de la Guía de centros docentes de la Comunidad Autónoma de Madrid (Comunidad de Madrid, 2008a).
- Listado de municipios y población de la Comunidad Autónoma de Madrid en el año 2007

(Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2007).

- Relación de personas que trabajan en el Programa Campeonatos Escolares de la Comunidad Autónoma de Madrid (Comunidad de Madrid, 2008b).

A partir de estos listados y de los valores obtenidos se calcula un total de 1.650 personas que desarrollan la función de docencia en las actividades fisicodeportivas extraescolares en centros educativos de Educación Secundaria de la Comunidad Autónoma de Madrid.

La muestra registra las siguientes características: el tamaño de la muestra final fue de 350 docentes de las actividades fisicodeportivas extraescolares en los centros educativos de Educación Secundaria en la Comunidad de Madrid (28 % mujeres y 72 % hombres; 61,2 % menores de 30 años y 38,8 % mayores de 30 años). Para el cálculo del tamaño de la muestra se consideraron varios aspectos: la población era finita; se recurrió en la varianza poblacional al supuesto más desfavorable donde “P” y “Q” eran iguales con el 50 % cada uno; el intervalo de confianza era del 95,5 %, con un margen de error de  $\pm 4,75$  %.

La afijación de la muestra ha sido proporcional a la distribución de las personas según tamaño demográfico de los municipios y según la situación geográfica de los diferentes municipios de la Comunidad de Madrid respecto a las cinco áreas territoriales de esta Comunidad Autónoma. Además, se realizaron diversos submuestreos para dispersar la muestra y que influyese de forma positiva en la precisión de las estimaciones (Rodríguez, 2002). También se estableció una afijación proporcional en función de la titularidad de los centros educativos (público y privado) debido a que podrían encontrarse diferencias importantes en los resultados en función de su titularidad. Además, se decidió entrevistar como máximo a dos personas objeto de estudio en cada centro educativo, siguiendo para ello diferentes investigaciones como las de Almodóvar y Maqueda (2001), Campos (2005), Pablos (2006) y Martínez (2007), donde se entrevistan a dos personas por cada entidad. Al realizar este procedimiento se dispersó la muestra e influyó positivamente en la precisión de las estimaciones, además disminuyó el error muestral (Cea, 2001; Rodríguez, 1991).

El tipo de muestreo utilizado ha sido el muestreo aleatorio por conglomerados, dentro del cual se ha utilizado un muestreo polietápico, estratificado en primera fase por conglomerados, ya que se ha seguido una secuencia de



etapas (aplicándose un muestreo aleatorio en cada una de las etapas) de selección de unidades muestrales (conglomerados) de mayor a menor rango, hasta llegar a los individuos que constituyen la muestra (Cea, 2001; Rodríguez, 2002; Latorre, Del Rincón, & Arnal, 1997).

## Instrumento

El instrumento de recogida de la información utilizado ha sido la entrevista estructurada por medio de cuestionario de intervención didáctica y recursos humanos en el deporte escolar en los centros educativos elaborado por González (2007). No obstante, este cuestionario ha sido adaptado para las actividades y niveles pertenecientes a Educación Secundaria y por ello, se ha validado el mismo en dos fases: el juicio de expertos y el estudio piloto.

Inicialmente, la entrevista estandarizada por medio de cuestionario diseñada ha sido revisada por cinco personas expertas, doctores y licenciados en Educación Física o en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Después se efectuó una prueba piloto, en la que se realizó la entrevista a setenta personas, con características similares a la población que se iba a estudiar. Esta cantidad establece la validación de la propia entrevista, ya que la cantidad de personas a las que se les realizó la entrevista es suficiente para validar dicho cuestionario según lo expuesto, entre otros autores, por Azorín y Sánchez-Crespo (1994), Cea (2001) García Ferrando (2002) o Visauta (1989).

Por tanto, la herramienta utilizada para recoger la información ha sido la entrevista estructurada por medio de cuestionario, la cual se compone de 55 preguntas cerradas que recogen cinco dimensiones relacionadas con: las características estructurales y organizativas de las actividades fíicodeportivas extraescolares, las características sociodemográficas de las personas que trabajan en estas actividades, así como las características laborales, los aspectos didácticos y las características formativas de estas personas.

Para la realización del presente estudio, de todo el cuestionario se seleccionaron las dimensiones de aspectos didácticos y las características formativas de estas personas, cuyas variables son metodología y formación inicial, así como los ítems relacionados con el objetivo del estudio.

## Procedimiento

Esta investigación ha sido de *corte transversal* (Thomas & Nelson, 2007) debido a que la obtención de la información se desarrolla en un único periodo en el tiempo: el curso académico 2008-2009, y más concretamente entre los meses de octubre de 2008 a mayo de 2009, ya que las actividades fíicodeportivas extraescolares en los centros educativos se suelen realizar en este periodo de tiempo.

Las 350 entrevistas de la muestra fueron realizadas por una única entrevistadora de forma personal (cara a cara), este procedimiento favorece que las respuestas sean de mayor calidad y espontaneidad (Cea, 2001; Lyberg, Biemer, De Leeuw, Dippo, & Trewin, 1997).

El análisis de datos ha sido efectuado tras ser tabulados y mecanizados éstos informáticamente. Se ha realizado un análisis descriptivo univariable y bivariable y un análisis inferencial a través de tablas de contingencia que incluyen el valor de Chi-cuadrado de Pearson y su significación, así como el coeficiente de correlación Phi. Para ello se ha empleado el paquete estadístico SPSS para Microsoft Windows (V 15.0).

## Resultados

Tal y como se observa en la *tabla 1*, los técnicos deportivos superiores son las personas que mayor porcentaje presentan sobre el resto de las titulaciones (un 80,5 %) respecto a la consideración de que los objetivos de las actividades fíicodeportivas extraescolares sí coinciden con los objetivos de la materia de Educación Física, seguidos por los licenciados en Ciencias de la

Titulación/relación objetivos	En algunas actividades sí y en otras no			Total
	Sí	No		
No tiene ninguna titulación de Actividad Física y Deporte	59,9%	29,4%	10,7%	100%
Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte	69,4%	22,2%	8,3%	100%
Maestro especialista en Educación Física	69,2%	23,1%	7,7%	100%
Técnico superior en Animación de Actividades Físicas y Deportivas	62,5%	20,8%	16,7%	100%
Técnico deportivo superior	80,5%	4,9%	14,6%	100%
Técnico deportivo	59,4%	28,1%	12,5%	100%

**Tabla 1**  
Opinión acerca de la relación de los objetivos de las actividades físicas con la materia de Educación Física según la formación inicial

► **Tabla 2**

Consideración de la existencia de una coordinación con el profesorado de Educación Física del centro educativo según la formación inicial

Titulación/coordinación profesorado Educación Física	Positiva y necesaria	Positiva pero no necesaria	Ni positiva ni necesaria	Total
No tiene ninguna titulación de Actividad Física y Deporte	30,6%	41,4%	27,9%	100%
Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte	64,9%	21,6%	13,5%	100%
Maestro especialista en Educación Física	34,5%	41,4%	24,1%	100%
Técnico superior en Animación de Actividades Físicas y Deportivas	58,6%	24,1%	17,2%	100%
Técnico deportivo superior	45,5%	29,1%	25,5%	100%
Técnico deportivo	44,9%	35,5%	19,6%	100%

Actividad Física y del Deporte, los maestros especialistas en Educación Física y los técnicos superiores en Animación de Actividades Físicas y Deportivas. Finalmente, las personas no tituladas y los técnicos deportivos son los que mayor porcentaje presentan en la consideración de que los objetivos de las actividades fisicodeportivas extraescolares no coinciden con los objetivos de la materia de Educación Física. Por otro lado, en todas las personas tituladas y en las personas que no tienen ninguna titulación en actividad física y del deporte, existe un pequeño porcentaje menor al 17 % que considera que en algunas actividades fisicodeportivas extraescolares sí coinciden los objetivos con los de la materia de Educación Física y en otras actividades no. No obstante, no se ha obtenido una relación estadísticamente significativa entre estas variables [ $\chi^2$  (15) = 15,683;  $p < ,40$ ;  $\Phi = ,02$ ].

En cuanto a la opinión acerca de la relación del docente de actividades fisicodeportivas extraescolares con el profesorado de Educación Física del centro donde se imparten las actividades (ver *tabla 2*), se obtiene que los licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y los técnicos superiores en Animación de Actividades Físicas y Deportivas son los que, en mayores porcentajes (64,9 % y 58,6 % respectivamente) exponen que sería positiva y necesaria una coordinación con el profesorado de Educación Física para el adecuado desarrollo de las actividades fisicodeportivas extraescolares. Mientras que las personas que carecen de titulación de

actividad física y deporte son las que en mayor medida, con un 27,9 %, consideran que esta posible coordinación no sería ni positiva ni necesaria. Por su parte, los maestros especialistas en Educación Física y las personas que carecen de titulación son los que mayores porcentajes presentan (un 41,4 %) respecto a la consideración de que esta coordinación sería positiva pero no necesaria. En último lugar, se puede observar que no existe relación significativa entre ambas variables [ $\chi^2$  (15) = 18,161;  $p < ,25$ ;  $\Phi = ,02$ ].

Respecto a la orientación metodológica que el profesorado utiliza principalmente en el desarrollo de las clases de actividades fisicodeportivas extraescolares, en la *tabla 3* se observa que independientemente de su formación inicial, la mayoría orienta sus clases utilizando la técnica de enseñanza de instrucción directa, si bien son los técnicos superiores en Animación de Actividades Físicas y Deportivas los que en menor porcentaje emplean esta técnica de enseñanza (un 55,2 %), seguidos de los maestros especialistas en Educación Física (58,6 %). Además, son los maestros especialistas en Educación Física los que más utilizan el descubrimiento como técnica de enseñanza en sus clases. Por último, las personas que carecen de titulación de la actividad física y del deporte son las que presentan un mayor porcentaje en la utilización de las técnicas de enseñanza de instrucción directa, con el 82,1 %. Finalmente, cabe destacar que se ha obtenido una relación moderada y significativa entre ambas variables [ $\chi^2$  (10) = 33,430;  $p < ,00$ ;  $\Phi = ,03$ ].

► **Tabla 3**

Orientación metodológica según la formación inicial

Titulación/orientación metodológica	Instrucción directa	Descubrimiento	Las dos	Total
No tiene ninguna titulación de Actividad Física y Deporte	82,1%	6,3%	11,6%	100%
Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte	67,6%	5,4%	27%	100%
Maestro especialista en Educación Física	58,6%	13,8%	27,6%	100%
Técnico superior en Animación de Actividades Físicas y Deportivas	55,2%	3,4%	41,4%	100%
Técnico deportivo superior	81,8%	1,8%	16,4%	100%
Técnico deportivo	66,9%	8,6%	24,5%	100%

Titulación/estrategia de enseñanza	Técnica y juegos	Juegos, técnica y juegos	Combina las dos primeras	Toda la sesión juegos	Toda la sesión técnica	Total
No tiene ninguna titulación de Actividad Física y Deporte	81,1%	10,8%	1,8%	4,5%	1,8%	100%
Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte	54,1%	35,1%	8,1%	2,7%	0%	100%
Maestro especialista en Educación Física	55,2%	37,9%	6,9%	0%	0%	100%
Técnico superior en Animación de Actividades Físicas y Deportivas	65,5%	27,6%	3,4%	3,4%	0%	100%
Técnico deportivo superior	76,4%	16,4%	3,6%	3,6%	0%	100%
Técnico deportivo	61,2%	28,8%	7,2%	1,4%	1,4%	100%

**Tabla 4**

Estrategias de enseñanza utilizadas por el profesorado según su formación inicial

Por otro lado, en la *tabla 4*, se puede apreciar la relación entre las estrategias de enseñanza utilizadas por el profesorado en función de su formación inicial. Todas las personas tituladas, así como las personas no tituladas organizan principalmente la progresión en los aprendizajes de forma que comienzan las clases con la enseñanza de las habilidades técnicas (de manera analítica) y finalizan con juegos y/o partidos, aunque son las personas que carecen de titulación de la actividad física y del deporte las que mayores porcentajes presentan, el 81,1 %. Sin embargo, los licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y los maestros especialistas en Educación Física utilizan en mayor medida otras progresiones como juegos en primer lugar, después la enseñanza de habilidades técnicas y finalizan otra vez con juegos y/o partidos. Asimismo, cabe destacar que los maestros especialistas en Educación Física son los únicos que no emplean todo el tiempo de sus clases en la realización de juegos, donde el alumnado aprende a través de experiencias propias y de la búsqueda de situaciones motrices en

el desarrollo de los juegos. Asimismo, un pequeño porcentaje (menor del 2 %) de los técnicos deportivos y las personas que carecen de titulación de la actividad física y del deporte utilizan estrategias de enseñanza de habilidades técnicas de forma analítica durante toda la sesión, siendo los únicos que utilizan este tipo de estrategias de enseñanza. Finalmente, se observa que no existe una relación significativa entre las variables [ $\chi^2 (25) = 21,678$ ;  $p < ,65$ ;  $\Phi = ,02$ ].

Por otra parte, al analizar los aspectos que el profesorado de las actividades fisicodeportivas extraescolares prioriza en su enseñanza, en la *tabla 5*, se obtiene que la técnica es el aspecto principal, independientemente del tipo de titulación de actividad física y deporte o la carencia de titulación del profesorado. Así, para los técnicos deportivos y para los licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte este aspecto presenta los mayores porcentajes, con el 38,6 % y el 30,1 % respectivamente, aunque el profesorado que posee el resto de titulaciones de la actividad física y del deporte se

Titulación/aspectos	Técnica	Táctica	Físico	Psicológico	Actitudinal	Conceptual	No prioriza	Total
No tiene ninguna titulación de Actividad Física y Deporte	29,4%	19,7%	10,8%	6,7%	9,7%	5%	18,6%	100%
Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte	30,1%	20,5%	9,6%	7,2%	14,5%	6,0%	12%	100%
Maestro especialista en Educación Física	22,5%	22,5%	12,5%	5%	10%	2,5%	25%	100%
Técnico superior en Animación de Actividades Físicas y Deportivas	27,6%	20,7%	12,1%	8,6%	12,1%	6,9%	12,1%	100%
Técnico deportivo superior	27,9%	7,4%	16,2%	7,4%	4,4%	2,9%	33,8%	100%
Técnico deportivo	38,6%	14%	15,8%	8,8%	5,3%	1,8%	15,8%	100%

**Tabla 5**

Aspectos que prioriza el profesorado en la enseñanza de las actividades fisicodeportivas extraescolares según su formación inicial

aproxima también a estos porcentajes, siendo los maestros especialistas en Educación Física los que menores porcentajes presentan (22,5 %). Sin embargo, con el mismo porcentaje (22,5 %), la táctica presenta mayores porcentajes en los maestros especialistas en Educación Física que en el resto de los titulados. Además, los aspectos físicos, psicológicos y conceptuales tienen porcentajes muy similares en todas las titulaciones y en los docentes no titulados. Se debe subrayar que en todas las titulaciones, así como en las personas que carecen de titulación de actividad física y deporte, existe un porcentaje de personas que no priorizan unos aspectos sobre otros, siendo los técnicos deportivos superiores los que mayor porcentaje presentan (33,8 %). Por último, se ha obtenido que existe una relación moderada y significativa entre ambas variables [ $\chi^2(5) = 35,337$ ;  $p < ,00$ ;  $\Phi = ,03$ ].

## Discusión y conclusiones

Respecto a la consideración acerca de si los objetivos de las actividades fíicodeportivas extraescolares tienen relación con los objetivos del área de Educación Física, en la investigación llevada a cabo se obtiene que más de la mitad del profesorado, independientemente de su formación inicial, considera que sí tienen relación. En cuanto a las personas tituladas, los técnicos deportivos superiores son las personas que mayor porcentaje presentan en cuanto a esta consideración (80,5 %), seguidos de los licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, los técnicos superiores en Animación de Actividades Físicas y Deportivas y los maestros especialistas en Educación Física. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el estudio llevado a cabo por González y Campos (2010) sobre las actividades fíicodeportivas extraescolares en Educación Primaria, donde los licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, los maestros especialistas en Educación Física, los técnicos superiores en Animación de Actividades Físicas y Deportivas y los técnicos deportivos superiores son los que mayores porcentajes muestran en cuanto a la consideración de que sí existe relación entre los objetivos de las actividades fíicodeportivas extraescolares y los del área de Educación Física del centro.

Además, en el presente estudio únicamente los licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y los técnicos superiores en Animación de Actividades Físicas y Deportivas presentan porcentajes dónde se observa que más de la mitad de las personas entrevistadas con-

sideran positivo y necesario que exista una coordinación con el profesorado de Educación Física del centro para el adecuado desarrollo de las actividades fíicodeportivas extraescolares. En el resto de personas tituladas y en las personas que carecen de titulación se obtienen porcentajes menores al 50 % en este sentido. Además, las personas que no tienen ningún tipo de titulación de la actividad física y del deporte son las que en mayor medida, con un 27,9 %, consideran que esta coordinación no sería ni positiva, ni necesaria. Al respecto, Moreno y Gutiérrez (1999) consideran que cualquier persona empleada para el desarrollo de las actividades fíicodeportivas extraescolares debe mantener un contacto directo con el profesor de Educación Física del centro donde desarrollan sus actividades, con el fin de conocer los objetivos y las líneas de acción que están siendo trabajadas y que deben reflejarse en la correspondiente programación de aula. Asimismo, González (2008) expone que esta coordinación es necesaria, ya que el profesorado de Educación Física puede ser el gran impulsor de un enfoque participativo y educativo de estas actividades.

Por otra parte, al analizar la metodología que el profesorado utiliza a la hora de impartir las actividades fíicodeportivas extraescolares, en el presente estudio se obtiene que la orientación metodológica predominante, independientemente de la formación inicial del profesorado, son las técnicas de enseñanza de instrucción directa. Cabe señalar que son las personas que carecen de titulación de la actividad física y del deporte las que presentan un mayor porcentaje en la utilización de estas técnicas de enseñanza, con un 82,1 %. Estos datos coinciden con los obtenidos en el estudio de Vicianá, Zabala y Lozano (2001), en el cual se observó un predominio de los métodos de enseñanza tradicionales en la Educación Secundaria, ya que ningún docente utilizaba técnicas de enseñanza de indagación, aunque un 65 % manifestaba combinar las dos técnicas, con predominio de la instrucción directa y un 35 % utilizaba como única alternativa la instrucción directa.

En este sentido, González, Gil, Contreras y González (2009) exponen que la utilización del modelo tradicional o técnico en el ámbito de la enseñanza deportiva está sometido a numerosas críticas, ya que los alumnos y las alumnas que aprenden con este modelo, no alcanzan el éxito, saben poco acerca de los juegos, poseen técnicas que no saben aplicar, una pobre capacidad de tomar decisiones y además son dependientes del profesor. Estos mismos autores manifiestan que el aprendizaje basado en la resolución de problemas propuestos ofrece grandes



posibilidades en el aprendizaje del alumnado, ya que enfatiza en el auto-aprendizaje y la auto-formación, procesos que se facilitan por la dinámica del enfoque y su concepción constructivista, se fomenta la autonomía, se enseña y se aprende a partir de problemas que tienen significado para el alumnado y se utiliza el error como una oportunidad para el aprendizaje. Por todo ello, el profesorado de actividades fisicodeportivas extraescolares, encargado de la enseñanza fisicodeportiva de alumnado en edad escolar, debería replantearse la utilización de un modelo más actual, alejado de los modelos técnicos y tradicionales.

Además, en el presente estudio se ha analizado la relación entre las estrategias de enseñanza utilizadas por el profesorado en función de su formación inicial. Así, al analizar los resultados se comprueba que las personas que carecen de titulación son las que mayores porcentajes presentan en cuanto a comenzar las clases con la enseñanza de las habilidades técnicas (de manera analítica) y finalizar con juegos y/o partidos. Por el contrario, los licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y los maestros especialistas en Educación Física son los que mayores porcentajes presentan en cuanto a la utilización de otras estrategias de enseñanza, como la realización de juegos en primer lugar, el posterior aprendizaje de habilidades técnicas y la finalización de la sesión realizando nuevamente juegos y/o partidos. En esta línea, en la investigación realizada por González y Campos (2010) también se obtiene que son las personas que carecen de titulación de actividad física y deporte (con el 47 %) y los técnicos deportivos (con el 47 %) los que en mayor medida organizan la progresión en los aprendizajes, de forma que comienzan las clases con la enseñanza de las habilidades técnicas (de manera analítica) y luego acaban con juegos y/o partidos.

Sin embargo, diversos autores (Delgado, 1991; Giménez, 2000; Águila & Casimiro, 2000) coinciden en que en la intervención docente del profesorado se debe buscar el desarrollo cognitivo del alumnado para que desarrolle su inteligencia motriz, utilizando para ello estrategias en la práctica globales.

Finalmente, en el presente estudio se obtiene que la enseñanza de la técnica es el aspecto que en mayor medida prioriza el profesorado, independientemente del tipo de titulación de actividad física y deporte o la carencia de la misma. Estos datos coinciden con los obtenidos en el estudio de Yagüe (1998), donde se obtiene que la enseñanza de la técnica prevalece sobre la enseñanza de la táctica. En este sentido, Yáñez (2004) expone que para llevar a cabo un aprendizaje basado en la

comprensión por parte del alumnado, se debe desarrollar la táctica y la estrategia junto con la técnica, utilizando para ello juegos modificados. Igualmente, Giménez (2009) manifiesta que los nuevos métodos de enseñanza plantean el trabajo de todos estos aspectos de forma conjunta, lo que conlleva un aprendizaje más global, real y motivante para el alumnado.

Al respecto, Delgado (2002) y Aguado, Castejón y De la Calle (2002) consideran que en el deporte escolar se pone demasiado énfasis en la mejora de la técnica, ya que se prioriza este aspecto en la enseñanza y se deja en un segundo plano la propia esencia del juego.

En este sentido, Pearson, Towns, Rowland y Webb (2004) determinan que aquellos profesores que tienen una inadecuada formación, no se sienten capacitados para utilizar métodos de enseñanza donde se invite al alumnado a la reflexión y toma de decisiones, de tal forma que priorizan en su enseñanza los aspectos técnicos. Igualmente, McPhail (2007) expone la importancia de la formación del profesorado para poder desarrollar eficazmente el proceso de enseñanza.

A modo de conclusión, cabe destacar que a pesar de que la mayoría del profesorado, independientemente de su formación inicial, considera que los objetivos de las actividades que imparte deben tener relación con los del área de Educación Física del centro, muchas de estas personas manifiestan que la coordinación con el profesor o profesora de dicha materia no es positiva y necesaria, siendo las personas que carecen de titulación de actividad física y deporte las que mayores porcentajes presentan en este sentido. Además, se comprueba que se siguen utilizando mayoritariamente técnicas de enseñanza de instrucción directa y estrategias basadas en la enseñanza de las habilidades técnicas (de manera analítica), sobre todo por parte de las personas que carecen de titulación de actividad física y deporte. Asimismo, cabe resaltar que el profesorado prioriza fundamentalmente aspectos técnicos, independientemente de su formación inicial.

Finalmente, por todo lo expuesto en este trabajo, se debe tener en cuenta la importancia de la coordinación entre el profesorado de las actividades fisicodeportivas extraescolares y el profesorado de Educación Física del centro donde se imparten, con el fin de que exista una conexión entre ambas y que de esta forma los objetivos puedan estar relacionados. Además, el profesorado debería reflexionar sobre el predominio de los modelos de enseñanza tradicionales, basados únicamente en la enseñanza técnica y dejando en un segundo plano aspectos eminentemente educativos, tales como los actitudinales

y conceptuales, ya que de esta forma se puede lograr un desarrollo mucho más armónico e integral del alumnado. Para ello es necesario que las personas que trabajan desarrollando la función de docencia de actividades fisicodeportivas extraescolares posean alguna de las diferentes titulaciones oficiales de la actividad física y del deporte.

## Referencias

- Águila, C., & Casimiro, A. (Abril, 2000). Consideraciones metodológicas para la enseñanza de los deportes colectivos en edad escolar. *Lecturas: Educación Física y Deportes* (20). Recuperado de <http://www.efdeportes.com>
- Almodóvar, A., & Maqueda, J. (2001). *IV Encuesta nacional de condiciones de trabajo*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Alvira, F. (2002). Diseños de investigación social: Criterios operativos. En F. Alvira, M. García Ferrando & J. Ibáñez (Comps.), *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación* (3.<sup>a</sup> ed.) (pp. 99-125). Madrid: Alianza editorial.
- Azorín, F., & Sánchez-Crespo J. L. (1994). *Métodos y aplicaciones de muestreo*. Madrid: Alianza editorial.
- Blázquez, D. (2009). Educación Física. Nuevas tendencias y perspectivas de futuro. En González-Gross et al., *Physical Activity and Health Education in European Schools* (pp. 93-100). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Borrás, P. A., Palau, P., Ponseti, F. J., Vidal, J., & García-Mas, A. (2009). La educación en valores en la práctica deportiva de los adolescentes: efectos de una intervención para la promoción de la deportividad sobre la estructura de valores de los deportistas. *Revista Española de Pedagogía* (243), 355-370.
- Bunker, D., & Thorpe, R. (1982). A model for the teaching of games in secondary schools. *Bulletin of Physical Education*, 18(1), 5-8.
- Campos, A. (2005). *Situación profesional de las personas que trabajan en funciones de actividad física y deporte en la Comunidad Autónoma Valenciana (2004)* (Tesis doctoral). Universidad de Valencia, Valencia.
- Campos, A. (2010). *Dirección de recursos humanos en las organizaciones de actividad física y deporte*. Madrid: Síntesis.
- Aguado, R., Castejón, F. J., & De la Calle, M. (2002). La enseñanza del deporte con diferentes estrategias de enseñanza: Técnica, táctica y técnico-táctica. *Revista de Educación Física* (86), 27-33.
- Cea, M. A. (2001). *Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid: Síntesis.
- Comunidad de Madrid (2008a). *Guía de centros docentes de la Comunidad de Madrid*. Recuperado de [www.madrid.org/centros\\_docentes/guia/index.html](http://www.madrid.org/centros_docentes/guia/index.html)
- Comunidad de Madrid (2008b). *Campeonatos Escolares de la Comunidad de Madrid*. Recuperado de [www.campeonatosescolares.es](http://www.campeonatosescolares.es)
- Cruz, J., Boixadós, M., Valiente, L., & Torregrosa, M. (2001). ¿Se pierde el fairplay y la deportividad en el deporte en edad escolar? *Apunts. Educación Física y Deportes* (64), 6-18.
- Delgado, M. (2009). La escuela y la Educación Física como agentes de promoción de la actividad física. En Ruiz, Checa & Ros (Coords.). *Centro escolar promotor de actividad físico-deportiva-recreativa saludable. Respuestas a problemas de sedentarismo y obesidad*. Ceuta: ADEFIS.
- Delgado, M. A. (1991). *Los Estilos de Enseñanza en la Educación Física. Propuesta para una Reforma para la Enseñanza*. Granada: ICE.
- Delgado, M. A. (2002). El deporte en los centros de enseñanza an-  
daluces 2001. En Excmo. Ayuntamiento de Dos Hermanas (Ed.), *Deporte y Municipio. II Congreso Nacional del Deporte en Edad Escolar* (pp. 55-92). Sevilla: Excmo. Ayuntamiento de Dos Hermanas, Patronato Municipal de Deportes.
- Fraile, A. (1996). Reflexiones sobre la presencia del deporte en la escuela. *Revista de educación Física. Renovar la teoría y la práctica* (64), 5-10.
- García Ferrando, M. (2002). La encuesta. En F. Alvira, M. García Ferrando & J. Ibáñez (Comps.), *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación* (3.<sup>a</sup> ed.) (pp. 141-170). Madrid: Alianza editorial.
- Gil, P. A. (2007). *Metodología didáctica de las actividades físicas y deportivas. Manual para la enseñanza y animación deportiva*. Sevilla: Wanceulen.
- Giménez, F. J. (2000). *Fundamentos básicos de la iniciación deportiva en la escuela*. Sevilla: Wanceulen.
- Giménez, F. J. (2009). En busca de un modelo válido para la enseñanza del deporte durante la etapa escolar. En J. F. Ruiz, J. J. Checa & E. Ros (Coords.), *Centro escolar promotor de actividad físico-deportiva-recreativa saludable. Respuesta a problemas de senderismo y obesidad* (pp. 285-298). Ceuta: FEADef y ADEFIS.
- González, M. D. (2007). *Elaboración y validación de una entrevista estandarizada por medio de cuestionario para el estudio del deporte escolar en los centros educativos de la Comunidad Autónoma de Madrid: la intervención didáctica y los recursos humanos en las actividades físico-deportivas extraescolares* (Trabajo de investigación). Universidad de Valencia, Valencia.
- González, M. D. (2008). *El deporte escolar en la comunidad autónoma de Madrid: Intervención didáctica y recursos humanos en las actividades físico-deportivas extraescolares en los centros educativos*. (Tesis doctoral). Universidad de Valencia, Valencia.
- González, M. D., & Campos, A. (2010). La intervención didáctica del docente del deporte escolar, según su formación inicial. *Revista de Psicodidáctica*, 15(1), 101-120. Recuperado de [www.ehu.es/revista-psicodidactica](http://www.ehu.es/revista-psicodidactica)
- González, S., García, L. M., Contreras, O. R., & Sánchez-Mora, D. (2009). El concepto de iniciación deportiva en la actualidad. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación* (15), pp. 14-20.
- González, S., Gil, P., Contreras, O. R., & González, I. (2009). Estableciendo nuevas competencias en el profesorado de Educación Física desde su propia práctica: la enseñanza comprensiva en la iniciación del voleibol. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(4), 1-19.
- González, C., Cecchini, J. A., Fernández-Río, J., & Méndez, A. (2008). Posibilidades del modelo comprensivo y del aprendizaje cooperativo para la enseñanza deportiva en el contexto educativo. *Aula Abierta*, 36(1), 27-38.
- Griffin, L. L., & Butler, J. I. (2005). *Teaching games for understanding: Theory, Research and Practice*. Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la metodología de la investigación empírica*. Barcelona: Paidotribo.
- Hernández, J. L., Velázquez, R., Curiel, D. A., Garoz, I., López C., López, A., ... Castejón, F. J. (2007). Evaluación de ámbitos de la capacidad biológica y de hábitos de práctica de actividad física. Estudio de la población escolar española. *Revista de Educación* (343), 177-198.
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (2007). *Demografía y población*. Recuperado de <http://www.madrid.org/iestadis>
- Kirk, D. (2005). Future prospects for Teaching Games for Understanding. En L. Griffin & J. Butler (Eds.), *Teaching Games for Understanding: theory research and practice*. Windsor: Human Kinetics.
- Koplan, J. P., Liverman, C. T., & Kraak, V. I. (2005). Preventing

- childhood obesity. *Issues in Science and Technology*, 3(21), 57-64.
- Latorre, A., Del Rincón, D., & Arnal, J. (1997). *Bases metodológicas de la investigación*. Barcelona: Hurtado Ediciones.
- Lujan, C., & Ha, A. (2009). Pre-service teachers' perception of teaching games for understanding: A Hong Kong perspective. *European Physical Education Review*, 15(3), 407-429. doi:10.1177/1356336X09364724
- Lussier, R. N., & Kimball, D. C. (2008). *Applied sport management skills*. Champaign: Human Kinetics.
- Lyberg, L., Biemer, P., De Leeuw, E., Dippo, C., & Trewin, D. (1997). *Survey Measurement and Process Quality*. Canada: Wiley Series in Probability and Statistics. doi:10.1002/9781118490013
- Madella, A. (2003). Methods for analysing sports employment in Europe. *Managing Leisure*, 8(2), 56-59. doi:10.1080/1360671032000085675
- Martínez del Castillo, J. (Dir.). (1991). *La estructura ocupacional del deporte en España. Encuesta realizada sobre los sectores de Entrenamiento, Docencia, Animación y Dirección*. Madrid: CSD.
- Martínez, G. (2007). *Los recursos humanos de la actividad física y del deporte en la Comunidad Autónoma Valenciana* (Tesis doctoral). Universidad de Valencia, Valencia.
- Mcphail, A. (2007). Learning to teach sport education: The experiences of a pre-service teacher. *European Physical Education Review*, 13(2), 229-246. doi:10.1177/1356336X07076878
- Moreno, J. A., & Gutiérrez, M. (1999). Perfil de los educadores de programas acuáticos. *Revista Española de Educación Física y Deporte*, 6(1), 12-23.
- Orts, F. (2005). *La gestión municipal del deporte en edad escolar*. Barcelona: INDE.
- Pablos, C. (2006). *Empleo y Deporte: situación laboral de las personas que trabajan en actividad física y deporte en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Consellería de Cultura y Educación, CC.AA.-UIRFIDE.
- Pearson, P., Towns, J., Webb, P., & Rowland, G. (2004). Game sense online - utilising the web for the professional development of physical and health education teachers. En R. Light, K. Swabey & R. Brooker (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference: Teaching Sport and Physical Education for Understanding* (pp. 62-70). Australia: University of Melbourne.
- Rodríguez, J. (1991). *Métodos de muestreo*. Madrid: CIS.
- Rodríguez, J. (2002). La muestra: teoría y aplicación. En F. Alvira, M. García Ferrando & J. Ibáñez (Comps.), *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación* (3.ª ed.) (pp. 445-482). Madrid: Alianza editorial.
- Sherar, L. B., Gyurcsik, N. C., Humbert, M. L., Dyck, R. F., Fowler-Kerry, S., & Baxter-Jones, A. (2008). Activity and Barriers in Girls (8-16 yr) Based on Grade and Maturity Status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 87-95. doi:10.1249/MSS.0b013e31818457e6
- Tani, G. (2007). Desporto e Escola. Que diálogo ainda é possível? En J. Olímpio & J. M. Constantino (Coords.), *Em Defesa do Desporto* (pp. 269-287). Coimbra: Almedina.
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2007). *Research Methods in Physical Activity*. United States: Human Kinetics. doi:10.1029/2006JG000318
- Torres, J. (2002). La educación en valores en el deporte en edad escolar desde la perspectiva municipal. En Excmo. Ayuntamiento de Dos Hermanas (Org.), *Deporte y Municipio, II Congreso Nacional de Deporte en Edad Escolar, Volumen I* (pp. 19-53). Sevilla: Excmo. Ayuntamiento de Dos Hermanas, Patronato Municipal de Deportes de Dos Hermanas.
- Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Mâsse L. C., Tilert, T. & McDowell, M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine Science of Sport Exercise*, 40(1), 181-188.
- Velázquez, R., Hernández, J. L., Garoz, I. López, C., López, M.ª Á., Maldonado, A., ... Castejón, F. J. (2007). Calidad de enseñanza en Educación Física y Deportiva y discurso docente: el caso de la Comunidad de Madrid. *Revista de Educación* (344), 447-467.
- Viciano, J., Zabala, M., & Lozano, L. (2001). Análisis de los aspectos generales de la intervención docente en la enseñanza de los deportes en la ESO. En F. J. Campos, S. Llana & R. Aranda. *Nuevas aportaciones al estudio de la actividad física y el deporte, II Congreso de Ciencias de la Actividad física y el Deporte*. Valencia: Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Valencia.
- Visauta, B. (1989). *Técnicas de investigación social. I: recogida de datos*. Barcelona: PPU.
- Yagüe, J. M. (1998). El trabajo colaborativo como estrategia de formación permanente del entrenador de fútbol (Tesis doctoral). Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Yáñez, J. (2004). *La enseñanza del deporte colectivo en educación secundaria: la utilización de procesos de transferencia para el aprendizaje de soluciones tácticas* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

# Fuentes de alteración de los jueces y oficiales de regatas a vela durante la competición

## *Sources of Alteration of Judges and Officials of Sailing during Competitions*

**JORDI RENOM PINSACH**

Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento  
Facultad de Psicología  
Universitat de Barcelona (España)

**ANDY HALCÓN PALENCIA**

Universitat de les Illes Balears (España)

**Correspondencia con autor**

Jordi Renom Pinsach  
[jrenompinsach@ub.edu](mailto:jrenompinsach@ub.edu)

### Resumen

En 2007 se estudiaron por primera vez las percepciones y creencias de los jueces y oficiales de regatas españoles respecto a su rol y actividad. A partir de esta información, desde la Real Federación Española de Vela se iniciaron una serie de acciones formativas y estudios destinados a profundizar en los factores que inciden en el rendimiento de este colectivo. En este proceso, el presente trabajo expone los resultados sobre el perfil emocional que experimentan durante las regatas. Los datos aportados por los 190 jueces y oficiales (que constituían casi la población total del colectivo en el momento del estudio) han hecho replantear algunos tópicos sobre su labor. También han proporcionado información para elaborar programas de intervención psicológica que les permitan afrontar mejor sus tareas durante la competición.

**Palabras clave:** arbitraje deportivo, regatas a vela, habilidades psicológicas, cuestionario

### Abstract

#### *Sources of Alteration of Judges and Officials of Sailing during Competitions*

*In 2007 perceptions and beliefs of judges and officials of Spanish regattas regarding its role and activity were studied for the first time. From this information, the Royal Spanish Sailing Federation started a series of training activities and studies to delve into the factors affecting the performance of this group. In this study, this paper presents the results on the emotional profile during the racing experience. The data provided by the 190 judges and officials (which constituted almost the total population of the group at the time of the study) has led some of its work topics to be re-assessed. They have also provided information to develop psychological intervention programs that enable them to better cope with their tasks during the competition.*

**Keywords:** sports arbitrage, sailing regattas, psychological skills, questionnaire

### Introducción

El estudio de las emociones asociadas a la práctica deportiva es uno de los principales tópicos de investigación e intervención en el ámbito de la psicología del deporte. Su efecto en el rendimiento deportivo es evidente puesto que alteran la atención y la concentración, estableciendo así predisposiciones en la manera como los practicantes afrontan sus retos. En este contexto, la navegación a vela es una actividad compleja con una elevada variedad de acciones, situaciones e incertidumbres (Beggs, Derbyshire, & Whitmore, 1993; Noble & Hogbin, 2001; Twiname, 1993). Los pocos estudios sobre navegantes muestran el equilibrio de habilidades técnicas, tácticas y psicológicas que deben mantener durante la regata (Araujo & Serpa, 1999; Renom & Subirats, 2005; Sloan, 2004).

Una competición de vela es una carrera no lineal en un circuito variable e invisible determinado por otro elemento también invisible y cambiante en intensidad y dirección: el viento. Todo esto comporta una elevada demanda atencional tanto en el cambio del foco como en el mantenimiento del mismo hacia donde se encuentra la información útil. Si un navegante ha de gestionar mucha información (Pociello, 1981), aún más lo tiene que hacer un regatista que debe asumir un reglamento complicado basado tanto en aspectos deportivos como de seguridad, abordajes, etc. (ISAF, 2009; Renom & Violan, 2002; RFEV, 2009).

Como gestores de este reglamento, los oficiales, jueces y medidores (en adelante jueces), se ven involucrados en esta complejidad recibiendo no obstante mucha



menos atención que los regatistas. Este fue el punto de partida que en 2005 llevó a la Real Federación Española de Vela (RFEV) a iniciar un plan piloto para este colectivo (Renom, 2005; Renom & Halcón, 2007), de acuerdo a determinadas propuestas ya existentes destinadas a conocer mejor y potenciar las cualidades de los árbitros deportivos (Cruz, 1997; Garcés & Vives, 2003; Guillén & Jiménez, 2001; Riera, 1985).

Dentro de esta línea, el presente trabajo constituye una segunda fase cuyo objetivo fue conocer las fuentes de alteración emocional de los jueces a lo largo de una competición tipo; en concreto, su grado de preocupación y alteración en las diversas etapas de una regata. La organización de una regata requiere de diversos agentes o roles que actúan coordinadamente en diferentes momentos y localizaciones. Las tareas van desde las administrativas hasta la preparación del recorrido, las salidas y llegadas, el arbitraje directo en el mar o la resolución de protestas en tierra. La cantidad de implicados varía en función de la categoría del evento, en ocasiones se producen duplicidades de rol y por lo habitual es una actividad que se prolonga durante horas, sino la jornada completa. La organización de una regata también depende de la meteorología lo que exige decisiones rápidas, flexibilidad de planificación y capacidad logística.

## Método

### Participantes y procedimiento

Este trabajo recoge los principales resultados del cuestionario Juryquest 2 creado para la población de jueces con habilitación nacional. A partir de los resultados de Juryquest 1 (Renom & Halcón, 2007), este nuevo instrumento pretendía identificar la carga emocional asociada a cada momento de la regata. Dado el carácter exploratorio se mantuvo una doble metodología cualitativa (Culver, Gilbert, & Trudel, 2003) combinada con la cuantitativa lo que permitió desarrollar el cuestionario de manera que facilitase tanto la respuestas numéricas como los comentarios personales de los jueces.

Juryquest 2 fue administrado presencial y anónimamente a 190 oficiales, jueces y medidores nacionales en activo que asistieron a los dos seminarios de habilitación organizados por la RFEV a finales de 2007 y comienzos de 2008. Este dato constituye un elemento clave del estudio puesto que estadísticamente casi constituían la población acreditada de personal en activo habilitado por la RFEV (2009). En cuanto al perfil, se mantuvo en el habitual, siendo mayoritariamente masculino (80 %) y con un amplio repertorio de edad de entre los 20 y 70 años.

Como en otros encuentros federativos, tras una breve presentación al inicio de los seminarios de habilitación, se administró el cuestionario colectivamente de manera anónima durante 20 minutos.

### Instrumentos y medidas

Juryquest 2 constaba de seis bloques de indicadores o preguntas, cuatro propiamente sobre causas de preocupación y dos de complemento. Los cuatro primeros se desarrollaron a partir de los resultados obtenidos en las preguntas 3, 4, 8 y 6 de Juryquest 1 (¿Actualmente cuáles son los “puntos débiles” del colectivo de jueces?, ¿Cómo juez qué es lo mejor y lo peor de una regata?, ¿Qué cambios efectuarías en la formación de los jueces?, y ¿Qué imagen crees que tienen los regatistas y entrenadores del colectivo de jueces?).

Esta primera información aportó en su momento elementos que rompieron con una serie de tópicos negativos sobre los jueces y su imagen de distanciamiento de los regatistas, su incompetencia y supuesta prepotencia. Dado el interés suscitado por los resultados, la RFEV decidió profundizar en esta línea y desarrollar una nueva herramienta exploratoria en forma de listado de causas de preocupación/alteración. Para ello fueron seleccionadas las respuestas con mayor frecuencia de aparición en las anteriores cuatro preguntas. Los 54 elementos definitivos se distribuyeron en los 4 bloques de Juryquest (A, B, C y D) correspondientes a periodos cronológicos clave de una regata: causas de alteración en tierra, en el mar, en las salidas y en las protestas. Cada causa debía ser valorada en una escala de 0 a 9.

El bloque A incluía 16 causas de alteración en la fase de tierra relativas a expectativas y autoimagen negativas. Eran pensamientos redundantes en los problemas y la falta de control de la situación. El bloque B afectaba a 16 fuentes de alteración durante la actividad en el mar y volvía a incidir en expectativas negativas sobre la propia actuación. Desde el momento del embarque al de vuelta a tierra la actividad de los oficiales en los barcos del comité de regatas, balizamiento y control suele prolongarse horas requiriendo un esfuerzo continuado tanto físico como psicológico. El bloque C estaba formado por 11 causas propias del protocolo de salida de la regata. Esta es una fase delicada de la competición expuesta a muchos posibles contratiempos. El bloque D eran 11 elementos que afectaban a las protestas. Pese a que en vela también existe el arbitraje directo (en el mar), la forma tradicional para resolver infracciones cometidas en la regata consiste en una vista de protestas (denuncias) entre participantes

(en tierra) donde un comité valora los argumentos de las partes enfrentadas antes de emitir un veredicto. La resolución de las protestas suele prolongar la tarea de los jueces generando impaciencia en los competidores.

El bloque E complementario incluía cuatro preguntas sobre el perfil personal deportivo en vela del juez. El primer estudio de 2007 mostró un colectivo de jueces muy diferente de la imagen extendida entre los regatistas, entrenadores, padres, etc. Habitualmente estos les atribuyen y critican una supuesta falta de experiencia deportiva que

les deslegitima para el arbitraje (FCV, 1999). Esta constatación llevó a incorporar preguntas sobre el historial deportivo de los jueces puesto que la RFEV no disponía de datos sistematizados al respecto. Las preguntas eran: “¿Cuántos años has regateado regularmente?, ¿En cuántas clases?, ¿Sigues regateando? y ¿Fuiste regatista infantil?”. El bloque F estuvo formado por siete preguntas en las que se valoraba de 0 a 100 la actuación de diferentes colectivos involucrados que participan en las regatas: medidores, oficiales, jueces, entrenadores, regatistas, padres-madres y directivos. Diversos resultados anteriores apuntaban a problemas de interrelación y autoimagen que podían incidir en las causas de preocupación (FCV, 1999).

Las instrucciones para los bloques A, B, C y D fueron: “Intenta valorar tu nivel de preocupación-alteración asociado a los siguientes enunciados. Marca un solo número de la escala, 0 (Nada) indica total ausencia de preocupación y 9 (Máximo) que te altera y preocupa en gran manera. En el bloque F las instrucciones fueron “Intenta valorar la actuación de estos colectivos en las regatas. Marca un solo número de la escala, 0 (Nada) indica una actuación totalmente deficiente y 100 una actuación totalmente satisfactoria”. El rango de esta escala era diferente debido a que los ítems formaban parte de un estudio complementario que afectaba también a entrenadores y regatistas en otros encuentros.

### Análisis de datos

Las respuestas a los seis bloques de indicadores fueron analizadas por separado. Las respuestas fueron procesadas calculando sus estadísticos descriptivos e interrelaciones. Dado que el objetivo del estudio era básicamente aplicado, interesaba conocer especialmente la jerarquía de fuentes de alteración y comprobar si existían relaciones con otras variables del historial deportivo. De modo complementario también se hicieron análisis exploratorios sobre la estructura de cada bloque de causas de alteración considerándolos como si fuesen escalas o cuestionarios convencionales.

### Resultados

En las causas de alteración en tierra los valores medios mostraron una jerarquía de alteraciones con una variabilidad semejante (tabla 1). “Cometer errores” y “tener problemas con el material y los imprevistos” fueron los elementos más preocupantes. Al efectuar las 120 ( $n$ ) comparaciones de medias por pares ( $n^2-n$ )/2 para verificar la consistencia de la jerarquía se detectaron diferencias no

Ítem	M	DT
<b>Bloque A. Causas de alteración en tierra</b>		
• Lo que pensarán-dirán de mí los padres de regatistas	2,29	2,35
• Tener que saludar y tratar con la gente	2,48	2,60
• Que haya un aplazamiento	2,79	2,57
• Lo que pensarán-dirán de mí los entrenadores	3,01	2,59
• Estar de mal humor	3,02	2,83
• Lo que pensarán-dirán de mí los regatistas	3,23	2,70
• Lo que pensarán-dirán mis compañeros	3,44	2,74
• Encontrarme mal	3,63	2,75
• El momento de llegar al club	3,68	3,09
• Meteorología desfavorable	5,28	2,80
• Una regata conflictiva	5,50	2,80
• Problemas de coordinación con los compañeros	6,09	2,48
• Prepararlo todo	6,15	2,76
• No estar al tanto de lo que sucede	6,18	2,56
• Cometer errores	6,33	2,47
• Problemas de material	6,90	2,04
Valores globales del bloque A	4,37	2,63
<b>Bloque B. Causas de alteración en el mar</b>		
• Marearme	2,09	2,58
• Cansarme	2,51	2,50
• Tener mala suerte.	2,52	2,50
• La vuelta a tierra	2,54	2,69
• Los aplazamientos	2,65	2,38
• Anular	2,74	2,48
• Los cambios de recorrido	2,97	2,56
• Lesionarme o herirme	3,35	2,87
• Enfadarme, perder los estribos	3,56	2,97
• Que haya poco viento o sea inestable	4,05	2,93
• No ser capaz de concentrarme	4,19	2,87
• No rendir al máximo	5,11	3,01
• Olvidarme de cosas	5,29	2,56
• Que haya accidentes (por volcada, abordajes...)	5,96	2,77
• Que falle algo	6,03	2,29
• Que haya juego sucio, falta de deportividad	6,30	2,58
Valores globales del bloque B	3,86	2,85

M: media; DT: desviación típica.

**Tabla 1**  
Estadísticos descriptivos de los ítems de los bloques A y B del Juryquest 2

significativas (prueba *t*) entre cada causa y su anterior y posterior pero sí, en la mayoría de casos, con las siguientes en ambos sentidos. La separación entre las causas 9 y 10 mostró la diferencia más significativa con menor valor *p* entre elementos consecutivos.

Respecto al bloque B el rango de resultados de la secuencia fue ligeramente inferior al anterior (*tabla 1*). En las comparaciones de valores medios no se halló ninguna separación entre causas consecutivas significativamente mayor que las restantes. La situación era diferente en el bloque C (*tabla 2*) ya que las causas de alteración en la salida aportaron los mayores valores medios de alteración siendo el intervalo entre las causas 2 y 3 el que mayor salto mostró (valor *p* menor). En cuanto al bloque D sobre “protestas” se mantuvo un patrón de escalabilidad de resultados similar al de los anteriores (*tabla 2*). La diferencia más significativa se halló entre las causas 10 y 11. En la comparación global de los datos por bloques se halló una jerarquía de menor a mayor preocupación que iba de la actividad en el mar, a la de tierra, las protestas y por último las salidas, la más preocupante.

En el bloque E el colectivo de jueces mostró una experiencia media notable como regatistas (*tabla 3*). Cerca del 50 % manifestó haber navegado en vela infantil (Clase Optimist) y un 56 % seguía como regatista en activo tras haber pasado por cerca de 4 clases diferentes de modelos de embarcaciones. Este resultado rompe con la mayoría de tópicos sobre los jueces y su supuesta falta de experiencia como regatistas. En cuanto al bloque F, la *tabla 3* muestra la jerarquía de las valoraciones medias de los diferentes colectivos que participan en las regatas. El conjunto parecía dividirse en tres niveles ya que si bien la mayoría de comparaciones de medias mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) no fue así en la de jueces respecto a medidores, la de regatistas respecto a entrenadores, y la de padres respecto a directivos. En general los oficiales tenían el rol mejor valorado seguidos por el par jueces-medidores, el par entrenadores-regatistas, y en último lugar el par padres-directivos.

Con los datos disponibles se efectuó también un análisis de la estructura de los bloques de preocupación. Las causas de cada bloque fueron tratadas como elementos de un cuestionario a fin de conocer su fiabilidad de consistencia interna e identificar posibles indicadores poco discriminantes. Paralelamente, también se procedió a un análisis de componentes principales para cada uno. El objetivo de este análisis era establecer una futura base para reconvertir los indicadores en un instrumento de evaluación.

Ítem	M	DT
<b>Bloque C. Causas de alteración en la salida</b>		
• Tener que repetir la salida	2,95	2,72
• Que haya barcos fuera de línea (llamadas)	3,30	2,64
• Que el viento role, caiga o suba mucho	4,94	2,74
• Distraerme	5,16	2,86
• Que falle algo imprevisto	5,34	2,53
• Que alguien del equipo se equivoque	5,59	2,37
• Fallar en algo	5,82	2,73
• Que haya accidentes (por volcada, abordajes...)	6,13	2,71
• El correcto balizado	7,09	2,07
• Que la línea esté mal puesta	7,12	2,10
• Tener todo listo a bordo del barco del Comité	7,26	2,15
Valores globales del bloque C	5,51	2,50
<b>Bloque D. Causas de alteración en las protestas</b>		
• Tener que decidir	3,03	2,67
• Tener que descalificar a alguien	3,13	2,94
• Que haya muchas	3,62	2,95
• Enfadarme, perder el control	3,97	3,26
• Los enfados de otros	4,22	2,72
• Injerencias de entrenadores, padres...	4,46	3,24
• Que tarden en resolverse	4,78	2,91
• La incomprensión de los regatistas	5,10	2,65
• Que intenten engañarme	5,23	2,88
• Ser capaz de resolverla correctamente	5,99	2,88
• Que alguien salga injustamente perjudicado	7,26	2,18
Valores globales del Bloque D	4,61	2,80
M: media; DT: desviación típica.		

**Tabla 2**

Estadísticos descriptivos de los ítems de los bloques C y D del Juryquest 2

Ítem	M	DT
<b>Bloque E. Historial deportivo de los jueces</b>		
• ¿Cuántos años has regateado regularmente?	16,54	11,96
• ¿En cuántas clases?	3,72	3,85
• ¿Sigues regateando?	0,56	0,49
• ¿Fuiste regatista infantil?	0,48	0,50
<b>Bloque F. Valoración de los diversos colectivos</b>		
• Padres y madres	43,52	24,58
• Directivos	46,41	24,26
• Entrenadores	59,52	24,67
• Regatistas	63,50	24,20
• Medidores	67,13	20,54
• Jueces	70,74	18,75
• Oficiales	75,00	18,12
M: media; DT: desviación típica.		

**Tabla 3**

Estadísticos descriptivos de los ítems de los bloques E y F del Juryquest 2

Variable	Alpha	Discr. M.	Var. F1	Var. F2
Bloque A "Tierra"	0,88	0,54	40%	12%
Bloque B "Mar"	0,89	0,61	40%	14%
Bloque C "Salidas"	0,83	0,46	37%	17%
Bloque D "Protestas"	0,82	0,41	39%	12%

**Tabla 4**

Resultados principales de la estructura de los bloques

La *tabla 4* muestra los principales resultados globales. En los cuatro bloques parecía existir una cierta homogeneidad interna. Los coeficientes Alpha de Cronbach superaron el valor 0,80 y en todos se manifestó un factor principal, que explicaba cerca del 40 % de la varianza de los datos, seguido de una segunda estructura muy inferior a la que seguían otros factores irrelevantes. Considerando las causas como hipotéticos ítems de una escala, en su mayoría, las discriminaciones medias (corrigiendo el efecto espurio del ítem) de los bloques fueron elevadas oscilando entre 0,35 y 0,65.

Las causas de preocupación con menor discriminación intrabloque se concentraron en el bloque A, donde las cinco relativas a lo que pudieran pensar o decir otras personas eran también las que más cargaban en el segundo factor del bloque. Estos indicadores fueron los únicos que parecían formar una estructura propia en el conjunto del bloque si bien obtuvieron baja puntuación. Por otro lado, este resultado concuerda con la elevada valoración que hacen de sí mismos los oficiales y jueces (*tabla 3*).

En los bloques C y D solo dos causas parecían provocar respuestas discordantes con el resto de sus respectivos bloques, una se refería a la meteorología ("...que el viento role, caiga o suba mucho") y otra a los errores de actuación ("Que alguien salga injustamente perjudicado"). Ambos indicadores funcionaban de modo independiente al resto del bloque.

En el apartado de comparaciones se procedió a identificar relaciones significativas entre las variables. Así, la cantidad de clases en las que los jueces habían regateado correlacionaba negativamente con tres causas del bloque de las salidas: "tenerlo todo preparado", "encontrarme mal" y "problemas de material". Los jueces que habían regateado más años y habían sido también regatistas infantiles fueron los menos preocupados por "que haya poco viento o sea inestable", "tener que anular" y "las injerencias de entrenadores, padres...". La causa más preocupante del bloque de protestas "que alguien salga injustamente perjudicado" correlacionaba con

otras seis causas de preocupación del bloque C: "baliado correcto", "distrarme", "fallar en algo", "que alguien del equipo se equivoque", "que el viento role" y "cambio de recorrido". También correlacionó con "enfadarme y perder el control" del bloque D.

Con las respuestas libres de los jueces se efectuó un análisis cualitativo de contenido similar al de Juryquest 1. Los mensajes escritos se agruparon en tres categorías con aspectos característicos y redundantes. La primera categoría se resumía en recibir presiones con mensajes como "presión de la directiva del club", "presiones de la organización", "injerencias del comité organizador", etc. La segunda categoría trataba de la falta de medios e inseguridad con respuestas del tipo "medidas de seguridad cubiertas", "condiciones de trabajo inadecuadas", etc. La última categoría se centraba en los problemas de relación y coordinación; "falta de colaboración del club", "club conflictivo", "mal compañerismo", "insultos y mala educación entre compañeros", "falta de motivación del equipo organizador", etc.

## Discusión

Los resultados obtenidos aportaron por primera vez información sistemática y útil sobre las causas de alteración del colectivo de jueces de regata durante su actividad deportiva. En su momento los datos de Juryquest 1 ya mostraron la presencia de algunas fuentes de alteración y con Juryquest 2 el repertorio se ha detallado y perfilado facilitando la detección de los momentos más críticos de la regata para este colectivo. En este punto, y a diferencia de otros deportes, es importante considerar la ausencia de referentes, marcos teóricos o trabajos similares que permitan una comparativa de los resultados con otros trabajos centrados en vela.

De entrada, los resultados muestran la presencia de un común denominador caracterizado por el temor a la falta de control en la preparación de la regata. Organizar una competición en vela exige un repertorio material y una logística importantes, a lo que se añade que la actividad de los oficiales está condicionada por un factor de distancia e incerteza meteorológica, puesto que actúan a bordo de embarcaciones alejadas de la costa y donde cualquier olvido o error en los preparativos (material, organizativo...) es mucho más difícil de solventar que en una competición en tierra.

En la fase de mar de nuevo parecían preocupar más los problemas relacionados con la atención (olvidos) y la pérdida de control (fallos, seguridad...), si bien la



presencia de juego sucio destacó por encima del resto. La falta de deportividad en vela es complicada de gestionar y suele provocar cambios en los protocolos de la regata y protestas que complican la actuación de los jueces (injerencia de terceros...). Curiosamente las causas ligadas a lo físico (cansancio...) permanecieron en la banda de menor preocupación. En esta fase también destacaron las preocupaciones con mayor o menor atribución causal interna. Los jueces no pueden controlar la dirección e intensidad del viento o una salida conflictiva pero sí la colocación de las balizas o de la línea de salida (línea imaginaria entre boyas). De hecho todo esto se engloba en la causa más intensa: “tenerlo todo listo”. En cuanto a las protestas, las preocupaciones ya no trataron tanto de errores de preparación y olvidos. Aquí el rol de los jueces se aproxima al de muchos otros deportes donde los errores de juicio y sus consecuencias son un motivo grave de preocupación. No obstante, el formato de juicio o vista oral con argumentos para la defensa y acusación entre los regatistas afectados confiere a la resolución de protestas de un escenario tenso y complejo lejano a lo deseable en el ámbito deportivo. Otra constatación fue la importancia de la experiencia deportiva a la hora de valorar las preocupaciones. Todos estos resultados reforzaron la necesidad de un plan de intervención tanto a nivel formativo como de preparación en habilidades psicológicas de los jueces con vistas a afrontar mejor las regatas, especialmente en lo relativo a las salidas, la resolución de protestas y en general las percepciones respecto a su actividad. Los jueces mostraron un elevado autoconcepto que contrasta con el adjudicado a los directivos y padres-madres respecto a los cuales manifiestan una elevada sensibilidad a sus críticas.

Como conclusión general, y dado que se trata de un estudio aplicado, se planteó el diseño de un programa de preparación en habilidades psicológicas compatible con los planes de formación federativos para jueces. En vela estos programas ya funcionan con regatistas y entrenadores pero no para el colectivo de jueces. El repertorio de temas a incluir se centra en las técnicas de autocontrol emocional, especialmente en cómo gestionar las percepciones y expectativas frente a la regata. Esta regulación afecta al nivel de ansiedad y al manejo del foco atencional en cada fase de la competición.

En cuanto a vías de continuidad y limitaciones del trabajo, junto al plan de formación se plantean nuevos objetivos, como son (1) la posibilidad de convertir el listado de indicadores en un futuro instrumento de evaluación que verifique el efecto de los planes de interven-

ción, y (2) profundizar en un análisis por especialidades que perfile con más detalle las causas de alteración para los diferentes roles de oficiales y jueces. Si bien en el estudio actual se ha trabajado con la muestra casi al completo, también sería conveniente matizar los resultados para cada tipo de tarea ya que los jueces asumen diferentes papeles y cargas de trabajo. En este punto también sería interesante disponer de información personal complementaria recogida el mismo día de la competición, así como datos procedentes de instrumentos psicométricos que perfilen a cada individuo en rasgos relacionados con las fuentes de alteración.

## Referencias

- Araujo, D., & Serpa, S. (1999). Toma de decisión dinámica en diferentes niveles de “expertise” en el deporte de la vela. *Revista de Psicología del Deporte*, 8(1), 103-116.
- Beggs, A., Derbyshire, J., & Whitmore, J. (1993). *Fitness for sailing*. Brighton: Fernhurst.
- Cruz, J. (1997). Asesoramiento psicológico en el arbitraje y juicio deportivos. En J. Cruz (Ed.). *Psicología del Deporte* (pp. 245-269). Madrid: Síntesis.
- Culver, M., Gilbert, W., & Trudel, P. (2003). A decade of qualitative research in Sport Psychology Journals: 1990-2000. *The Sport Psychologist*, 17(1), 1-15.
- Federació Catalana de Vela (1999). *Apuntes para una vela Infantil de futuro*. Barcelona: Ed. Fira de Barcelona.
- Garcés, E., & Vives, L. (2003). Formación en árbitros y jueces deportivos: mejora de las competencias y habilidades psicológicas del árbitro. En F. Guillén (Dir.), *Psicología del arbitraje y el juicio deportivo* (pp. 161-186). Barcelona: INDE.
- Guillén, F., & Jiménez, H. (2001). Características deseables del arbitraje y el juicio deportivo. *Revista de Psicología del Deporte*, 10(1), 23-34.
- ISAF (2009). *The Racing Rules of Sailing*. London: International Sailing Associations Federation.
- Noble, P., & Hogbin, R. (2001). *The mind of sailor*. London: Adlard Coles Nautical.
- Pociello, C. (1981). *Sports et Société*. Paris: Vigot.
- Renom, J. (2005). *Psicología deportiva: jueces y jurados*. Seminario Jueces de Regata. Sanxenxo: RFEV.
- Renom, J., & Halcón, A. (2007). Jueces y oficiales de regatas a vela: motivaciones, percepciones y formación. *Revista de Psicología del Deporte*, 16(1), 55-66.
- Renom, J., & Subirats, J. (2005). Factores psicológicos implicados en el paso del Optimist a las clases juveniles. *Apuntes: Medicina de l'Esport*, 39(145), 23-34.
- Renom, J., & Violan, J. A. (2002). *Entrenamiento psicológico en vela*. Barcelona: Paidotribo.
- RFEV (Real Federación Española de Vela). (2009). *Guía 2010*. Madrid: Real Federación Española de Vela.
- Riera, J. (1985). *Introducción a la psicología del deporte*. Barcelona: Martínez Roca.
- Sloan, A. (2004). Sailing experience and sex as correlates of spatial ability. *Perceptual and Motor Skills*, 98(3c), 1409-1421. doi:10.2466/pms.98.3c.1409-1421
- Twinn, E. (1993). *How to develop a winning attitude*. London: Adlard Coles Nautical.

# Waterpolo: diferencias entre ganadores y perdedores en desigualdad numérica en Barcelona-03

*Water polo: Differences between Winners and Losers in Numerical Inequality in Barcelona-03*

**PABLO GARCÍA MARÍN**

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte  
Universidad Católica San Antonio de Murcia (España)

**FRANCISCO MANUEL ARGUDO ITURRIAGA**

Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana  
Facultad de Formación del Profesorado  
Universidad Autónoma de Madrid (España)

**JOSÉ IGNACIO ALONSO ROQUE**

Departamento de Expresión Plástica, Musical y Dinámica  
Facultad de Educación  
Universidad de Murcia (España)

**Correspondencia con autor**

**Pablo García Marín**  
[pgmarin@ucam.edu](mailto:pgmarin@ucam.edu)

## Resumen

El objetivo de este estudio fue conocer las diferencias en la dinámica de la acción de juego en desigualdad numérica en waterpolo según la condición del equipo al finalizar el partido (ganador o perdedor). Se analizaron 1.230 microsituaciones de juego extraídas de los 96 partidos disputados en el Campeonato del Mundo de Waterpolo en Barcelona-03. Se utilizó un diseño sincrónico, nomotético y puntual. La unidad de análisis fue la Desigualdad Numérica Temporal Simple con Posesión. Se siguió un proceso deductivo inductivo para la elaboración del sistema de categorías del cual surgió el instrumento de observación para la cuantificación de los resultados. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < ,05$ ) en variables relacionadas con el reglamento (formas de finalización), el espacio (posición de lanzamiento, procedencia del último pase e introducción de la pelota en la portería), la gestualidad (preparación del lanzamiento, tipo de lanzamiento y recepción previa al lanzamiento) y la estrategia motriz (sistemas tácticos de juego y recuperación de la posesión tras lanzamiento). Dichas diferencias en las dinámicas de la acción de juego podrían explicar el rendimiento superior de los equipos ganadores de los partidos.

**Palabras clave:** waterpolo, acción de juego, desigualdad, ganador, perdedor

## Abstract

***Water polo: Differences between Winners and Losers in Numerical Inequality in Barcelona-03***

*The aim of this study was to determine the differences in the dynamics of the action of the game in numerical inequality in water polo according to the state/fitness? of the team at the end of the match (win or lose). We analysed 1230 micro situations drawn from the 96 games played in the World Championships in Barcelona-03 Water polo. We used a synchronous, nomothetic and timely design. The unit of analysis was the simple temporary numerical inequality with Possession. An inductive deductive process was followed in order to develop the system of categories from which an observation instrument for measuring the outcomes. Differences were statistically significant ( $p < .05$ ) on variables related to rules (forms completed), space (launch position, origin of the last pass and introduction of the ball in goal), gestures (launch preparation, type of launching and receiving pre-release) and driving strategy (tactical game systems and repossession after launch). These differences in the dynamics of the game's action could explain the superior performance of the winning teams of the games.*

**Keywords:** water polo, game action, inequality, winner, loser

## Introducción

El análisis de la acción de juego en waterpolo, al igual que en otros deportes de colaboración con oposición, es una tarea compleja debido a la gran cantidad y diversidad de acciones motrices que se desarrollan durante un partido (Acero & Lago, 2005). Por este motivo y para poder alcanzar una mejor comprensión de la realidad compleja del juego, algunos de los estudios previos orientados al análisis de la acción de juego en waterpolo han dividido y clasificado el conjunto de las acciones motrices en cuatro marcos situacionales: igualdad, desigualdad, transición y penalti (Argudo, 2005). A su vez, cada marco situacional, se ha reclasificado en otras microsituaciones de juego atendiendo a los criterios de posesión del balón, organización de los sistemas tácticos de juego y simetría de los equipos.

La situación motriz objeto de nuestro estudio es la desigualdad numérica temporal simple con posesión (DNTSCP) donde sólo se analizan a los equipos que tienen la posesión del balón en aquellos duelos asimétricos donde hay un jugador expulsado durante 20 s. Esta microsituación derivada del reglamento (FINA, 2001) aparece entre 4 y 12,81 veces por partido, y representa entre el 23,80 % y 46 % de los goles de un enfrentamiento (Argudo, 2000; Canossa, 2001; García-Marín, 2009; Platanou, 2004; Sarmento, 1991; Soares, 2004; Tenente, 1993).

A pesar de que la desigualdad numérica se produce con frecuencia e influye de forma relevante en el resultado de los partidos existen pocas investigaciones dirigidas a este marco situacional. Soares (2004) analizó 92 partidos del campeonato portugués obteniendo las medias de desigualdades numéricas por partido (6,5), goles (1,9; 23,80 %) eficacia total (29,09 %) y parcial por periodos (1º-30,01 %; 2º-27,74 %; 3º-26,81 %; 4º-32,86 %).

Platanou (2004) estudió 99 partidos de carácter internacional centrándose en las posiciones de lanzamiento y en los goles obtenidos. Encontró que los lanzamientos desde posiciones exteriores eran más frecuentes y producían más goles que desde las posiciones interiores. Asimismo comparó a los equipos ganadores y perdedores. Aunque el número de lanzamientos fue similar para ambas categorías, los ganadores ( $3,4 \pm 1,6$ ) consiguieron más goles que los perdedores ( $2,3 \pm 1,5$ ).

Del campeonato del mundo de Fukuoka-2001 surgieron dos trabajos (Enomoto et al., 2002; Takagi, Nishijima, Enomoto, & Stewart, 2005) donde se recogieron datos sobre 21 índices de ataque y 11 de defensa

que fueron agrupados en 10 habilidades de juego. Una de ellas fue la de la desigualdad, derivada de las variables: a) número de expulsiones provocadas; b) número de lanzamientos en superioridad; c) número de goles en superioridad, y d) eficacia en superioridad. Para la misma, los equipos ganadores y mejor clasificados en el campeonato consiguieron mejores resultados que el resto.

Lupo, Tessitore, Minganti y Capranica (2010) realizaron un análisis notacional de los marcos situacionales (igualdad, desigualdad y contraataque) en dos categorías de rendimiento denominadas como élite (partidos internacionales y de la primera división de la liga nacional italiana) y subélite (segunda división de la liga nacional italiana). Concluyeron que existían diferencias técnicas y tácticas en todas las situaciones de juego según el nivel de rendimiento, establecido a partir de la pertenencia del equipo a una competición. En concreto, en la desigualdad numérica se encontró que los equipos de mayor rendimiento realizaron mayor número de acciones en ataque, participaron más jugadores y se realizaron más pases por posesión.

La misma metodología se empleó para caracterizar a los equipos femeninos de la liga americana universitaria según la condición de ganador o perdedor (Lupo, Tessitore, Minganti, King et al., 2011). En este estudio se obtuvo que los equipos ganadores ( $6 \pm 2$ ) alcanzaron una media de pases superior que los perdedores ( $5 \pm 2$ ) y mayor eficacia en los lanzamientos en desigualdad ( $56 \pm 23$  %;  $38 \pm 17$  %).

Hasta la fecha, los trabajos revisados sobre la acción de juego de la desigualdad numérica en waterpolo han estudiado algunas de las variables influyentes en la misma, pero siempre de forma aislada. Por este motivo, los resultados encontrados en otros estudios no permiten esclarecer la dinámica de la acción de juego de la DNTSCP. Para cumplir con este propósito, en nuestro trabajo, se ha utilizado la propuesta de Hernández et al. (2000) que emplea los parámetros configuradores del deporte: espacio, tiempo, comunicación, reglas y estrategia. El análisis de las variables más relevantes de estas dimensiones nos permite describir con mayor precisión lo que sucede en el campo de juego.

Por otra parte y con el objetivo de encontrar los factores más influyentes en el rendimiento del campeonato analizado se han comparado los resultados de los equipos según la condición de ganador o perdedor al final del partido (Argudo, Ruiz, & Abalde, 2010; Lupo, Tessitore, Minganti, King et al., 2011; Takagi et al.,

2005). De forma similar Lupo, Tessitore, Minganti et al. (2010) compararon los resultados entre los equipos élite y subélite, mientras que en otros trabajos han seguido la estrategia de comparar a los equipos con distinto nivel de clasificación (Enomoto et al., 2002).

A partir de los antecedentes expuestos, el objetivo de nuestro estudio es conocer las diferencias en la dinámica de la acción de juego en la DNTSCP entre los equipos ganadores y perdedores de los partidos en el X Campeonato del Mundo de Waterpolo.

## Material y método

Los participantes pertenecían a las 32 selecciones, 16 de cada sexo, que compitieron en el campeonato del mundo de Barcelona-03. Todos los equipos tuvieron que clasificarse previamente en otros campeonatos. En el mundial analizado se jugaron 96 partidos de donde se obtuvo la muestra formada por las 1230 DNTSCP correctamente cuantificadas.

El material e instrumentación que se necesitó para filmar los partidos, observarlos y registrar los datos fueron:

- Dos cámaras de vídeo vhs SONY modelo HDR-HC9E.
- 25 Cintas de vídeo SONY modelo DVM80PR.
- Instrumento de observación: sistema de categorías y formato de campo.
- Un vídeo HITACHI VT – 7E.
- Una televisión SONY modelo Trinitron Color de 28 pulgadas.

Se utilizó un diseño de tipo sincrónico, nomotético y puntual siguiendo la metodología observacional (Anguera, 2003; Anguera, Blanco, Hernández, & Losada, 2011). La unidad de análisis fue la microsituación de juego de la DNTSCP.

La observación fue sistematizada y de tipo natural por un método subjetivo e indirecto (Blázquez, 1986). Para ello se colocó una cámara fija a una altura y distancia de la línea lateral que permitía capturar la mitad del espacio de juego. Mediante una técnica de barrido en el plano horizontal se cambiaba el enfoque de un lado del campo al otro siguiendo al jugador con balón.

Se diseñó un sistema de categorías mediante un proceso deductivo inductivo a partir del cual se elaboró el instrumento de observación. En la *tabla 1* se

muestra la selección de variables y categorías incluidas en el mismo y que pertenecen a las dimensiones configuradoras de la acción de juego (Hernández et al., 2000; Hernández & Rodríguez, 2004). El sistema de categorías fue puesto a prueba mediante observaciones exploratorias previas realizadas por el equipo de investigadores y en la siguiente fase de entrenamiento de observadores.

El adiestramiento de los observadores consistió en 36 horas de formación durante tres semanas siguiendo las fases descritas por Medina y Delgado (1999) y utilizadas en otros trabajos con metodología similar (Alonso, 2004; Piñar, 2005).

De los ocho observadores que iniciaron el entrenamiento solo cinco alcanzaron la fiabilidad interobservador del 90 % o superior con respecto a un experto con más de 200 horas de experiencia.

Durante el proceso de cuantificación, los observadores permanecieron como un extraño y actuaron de forma pasiva sin influir en los comportamientos motores de los jugadores (Anguera, 2003; Anguera, Blanco, Losada, & Hernández, 2000). Los datos se registraron en una hoja de cálculo Excel para su tratamiento estadístico posterior en la aplicación SPSS versión 13.0 para Windows.

Para hallar las diferencias en el número de DNTSCP entre ganadores y perdedores se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov para una muestra. Las diferencias en las variables cualitativas seleccionadas como indicadores de la acción de juego según la condición del equipo al final del partido, se obtuvieron mediante la prueba Chi-Cuadrado. Fueron válidas cuando ninguna frecuencia esperada fue  $< 1$  y cuando no hubo más del 20 % de las casillas de la tabla con frecuencias esperadas  $< 5$ . Para las variables cuantitativas se aplicó la prueba paramétrica de análisis de varianza univariada (ANOVA). El nivel de significación para todas las pruebas se estableció cuando  $p < ,05$ .

## Resultados

El número de DNTSCP jugadas por los equipos ganadores (50,17 %) y perdedores (49,83 %) fue muy similar y no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p > ,05$ ).

Todas las variables cualitativas analizadas según la condición de ganador-perdedor alcanzaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < ,05$ ) excepto las referidas al tipo de infracción que da origen a la desigualdad



Dimensiones	Variables	Categorías
Reglamento	Tipos de infracción	1. Coger, hundir o tirar. 2. Dificultar reinicio. 3. Mala conducta. 4. Reentrada incorrecta. 5. Salir del agua. 6. Penalti. 7. Portero-penalti.
	Motivos de finalización	1. Gol. 2. Fin 20s. ó partido. 3. Intervención directa del equipo sin posesión. 4. Intervención no directa del equipo sin posesión. 5. Otras infracciones.
Espacio motor	Origen de la desigualdad	1. Lado fuerte. 2. Lado débil. 3. Boya. 4. Central. 5. Medio campo atrás.
	Posición de lanzamiento	1. Lado fuerte delante. 2. Lado fuerte detrás. 3. Lado débil delante. 4. Lado débil detrás. 5. Palo izquierdo. 6. Palo derecho. 7. Medio campo atrás.
	Procedencia del último pase	0. Sin pase. 1. Lado fuerte delante. 2. Lado fuerte detrás. 3. Lado débil delante. 4. Lado débil detrás. 5. Palo izquierdo. 6. Palo derecho. 7. Medio campo atrás.
	Introducción de la pelota en la meta	1. Lateral derecho. 2. Lateral izquierdo. 3. Central.
Tiempo motor	Periodo de juego	1. Periodo uno. 2. Periodo dos. 3. Periodo tres. 4. Periodo cuatro.
	Duración	Continua
Gestualidad	Preparación del lanzamiento	1. Con finta 2. Sin finta
	Tipo de lanzamiento	1. Frente tenso. 2. Frente tenso con bote. 3. Palmeo. 4. Vaselina. 5. Otros lanzamientos.
	Recepción previa al lanzamiento.	1. A la mano. 2. Al agua.
Comunicación motriz.	Número de pases previos al lanzamiento	Continua
	Número de lanzamientos	Continua
Estrategia motriz	Sistema tácticos de juego	0. Sin sistema 1. 4:2 2. 4:2/3:3 3. 3:3 4. 3:3/4:2
	Recuperación de la posesión	1. Lanzamiento y recuperación 2. Lanzamiento y no recuperación
	Número de DNTSCP	Continua

**Tabla 1**

Variables y categorías registradas para la comparación de la DNTSCP según la condición de ganador o perdedor al final del partido

**Tabla 2**

Valores de significación para el análisis de las variables cualitativas en la DNTSCP según la condición de ganador-perdedor al final del partido

Variables	Chi-cuadrado de Pearson Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Tipos de infracción	1,610	2	,447
Formas de finalización	52,147	4	,000
Origen de la desigualdad	5,547	4	,236
Posición de lanzamiento	54,750	6	,000
Procedencia del último pase	20,265	7	,005
Introducción de la pelota en la meta	50,692	4	,000
Periodo de juego	2,211	3	,530
Preparación del lanzamiento	12,729	2	,002
Tipo de lanzamiento	17,223	5	,004
Recepción previa al lanzamiento	8,923	2	,012
Sistemas tácticos de juego	15,571	4	,004
Recuperación de la posesión	15,574	2	,000

\* Diferencias estadísticamente significativas  $p < ,05$ .

( $p = ,477$ ), el espacio donde se produce ( $p = ,236$ ) y el periodo de juego ( $p = ,550$ ) (ver *tabla 2*).

En la *tabla 3* se muestran los porcentajes de las variables cualitativas que alcanzaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < ,05$ ) entre ganadores y perdedores de los partidos.

El promedio de la duración, número de pases y número de lanzamientos en DNTSCP para el campeonato analizado fue de  $15,89 \pm 5,3$  s,  $6,6 \pm 2,98$  y  $,84 \pm ,5$  respectivamente. Entre ganadores y perdedores se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la duración (ganadores  $15,13 \pm 5,7$ ; perdedores  $16,71 \pm 4,7$ ) y número de pases (ganadores  $6,25 \pm 3,0$ ; perdedores  $6,93 \pm 2,86$ ).

## Discusión

El objetivo de este estudio fue conocer las diferencias en la dinámica de la acción de juego en la DNTSCP entre los equipos ganadores y perdedores de los partidos en el X Campeonato del Mundo de Waterpolo.

Los resultados obtenidos del campeonato analizado reflejan que, a pesar de tener similares oportunidades de éxito, los equipos ganadores consiguieron un rendimiento deportivo superior en DNTSCP con respecto a los perdedores. Por un lado, los que ganaron alcanzaron mayor porcentaje de goles en DNTSCP, mientras que por otro, los que perdieron tuvieron peores resultados en todas las categorías relacionadas con las pérdidas de la posesión del balón.

Otros estudios, que analizan la acción de juego en waterpolo, constatan la diferencia de rendimiento en favor de los ganadores. Según Platanou (2004), estos consiguieron más goles y fueron más eficaces en desigualdad que los perdedores. Lupo, Tessitore, Minganti, King et al. (2011), además de los goles y eficacia, también encontró que los ganadores obtuvieron más expulsiones y penaltis de sus adversarios. En el agrupamiento de habilidades técnico tácticas realizadas en el trabajo de Takagi et al. (2005), los equipos ganadores alcanzaron mejores resultados en todas las situaciones de juego, incluyendo las desigualdades.

Por tanto, comprobamos que existe una mayor capacidad de rendimiento ofensiva en DNTSCP por los equipos ganadores, y que se requieren estudios ulteriores para seguir desvelando con mayor precisión las dinámicas de juego que expliquen las diferencias entre los equipos de diferente nivel.

Al examinar los resultados según la condición del equipo al final del partido, estamos de acuerdo con Enomoto et al. (2002) en utilizar los goles en DNTSCP de juego como indicador de rendimiento, dada su alta relación con la victoria.

Platanou (2004) indicó que los lanzamientos próximos a portería en situaciones de desigualdad son difíciles de realizar por la gran concentración de atacantes y defensores en un espacio tan reducido. Este autor estableció que para crear oportunidades de lanzamiento en esas zonas es necesario circular el balón y los jugadores de forma rápida y eficaz. De esta forma,

Variables *	Condición	Categorías						
FFIN	Ganador	Gol	FIN	IDESP	INDESP	OI		
		46,82	21,24	20,40	8,70	2,84		
		Perdedor	27,10	29,12	25,93	14,81	3,03	
	Total	37,00	25,17	23,15	11,74	2,94		
POL	Ganador	LFD	LFd	LDD	LDd	PD	PI	
		22,14	20,58	13,59	15,53	13,79	14,37	
		Perdedor	21,71	24,43	10,44	29,02	7,10	7,31
	Total	21,93	22,43	12,07	22,03	10,56	10,97	
ULT	Ganador	LFD	LFd	LDD	LDd	PD	PI	MCA
		9,49	25,69	26,68	34,19	2,17	0,79	0,99
		Perdedor	6,37	28,24	29,72	33,76	0,21	0,85
	Total	7,98	26,92	28,15	33,98	1,23	0,82	0,92
INT	Ganador	LD	Central	LI				
		28,93	27,86	43,21				
		Perdedor	32,30	28,57	39,13			
	Total	30,16	28,12	41,72				
PRL	Ganador	Con finta	Sin finta					
		32,82	67,18					
		Perdedor	38,83	61,17				
	Total	35,71	64,29					
TPL	Ganador	FT	FTB	PAL	VAS	Otros		
		62,72	21,55	10,87	3,11	1,75		
		Perdedor	69,31	20,46	6,26	2,71	1,25	
	Total	65,90	21,03	8,65	2,92	1,51		
RCP	Ganador	Mano	Agua					
		94,76	5,24					
		Perdedor	95,20	4,80				
	Total	94,97	5,03					
STJ	Ganador	SS	4:2	4:2/3:3	3:3	3:3/4:2		
		10,66	55,33	17,58	12,25	4,18		
		Perdedor	5,31	56,78	21,12	13,15	3,64	
	Total	7,95	56,07	19,38	12,70	3,90		
POS	Ganador	Recupera	No recupera					
		18,64	81,36					
		Perdedor	25,47	74,53				
	Total	21,93	78,07					
* Variables: FFIN (formas de finalización); POL (posición de lanzamiento); ULT (procedencia del último pase); INT (introducción de la pelota en la meta); PRL (preparación del lanzamiento); TPL (tipo de lanzamiento); RCP (recepción); STJ (sistema táctico de juego); POS (recuperación de la posesión).								

\* Variables: FFIN (formas de finalización); POL (posición de lanzamiento); ULT (procedencia del último pase); INT (introducción de la pelota en la meta); PRL (preparación del lanzamiento); TPL (tipo de lanzamiento); RCP (recepción); STJ (sistema táctico de juego); POS (recuperación de la posesión).

**Tabla 3**

Porcentajes de las variables cualitativas con significación estadística en la comparación según la condición de ganador-perdedor al final del partido ( $p < .05$ )

se consiguen desequilibrios en el balance defensivo que permiten generar espacios para que los atacantes se queden libres de marca o con oposición reducida. Por esta razón, y teniendo en cuenta los resultados de nuestro estudio sobre las posiciones de lanzamiento, atribuimos mejor rendimiento a los ganadores de los partidos, que lanzaron con mayor frecuencia desde posiciones más próximas a portería. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta situación no se ha reproducido de la misma forma en todos los campeonatos examinados (Lupo, Tessitore, Minganti, King et al., 2011), posiblemente por las diferencias de nivel de las muestras analizadas en cada estudio.

Las direcciones de los lanzamientos medidas a través de la variable “introducción de la pelota en la meta” tienen que ver con las posiciones de lanzamiento y éstas, a su vez, con el espacio desde donde se realiza el último pase. Es lógico que si existen diferencias según la condición del equipo al final del partido en el espacio de procedencia del último pase, también sean distintas las posiciones y direcciones de lanzamiento más frecuentes para cada caso. Los resultados han revelado que los equipos ganadores tuvieron mayor capacidad para realizar el último pase desde los espacios más próximos a portería. Por otra parte, mientras los equipos ganadores lanzaron más al lateral izquierdo, los perdedores lo hicieron al derecho. Cuando se analizan las variables conjuntamente observamos que los ganadores tendieron a realizar más cambios de orientación previos a los lanzamientos y que lanzaron más al palo corto, mientras que los perdedores combinaron más sus lanzamientos a los dos palos. Este hecho podría denotar un cumplimiento táctico mayor por los equipos ganadores, aunque ésta es una interpretación que no se ha comprobado en este trabajo y sobre la que hay que seguir profundizando en futuros estudios.

La forma gestual del lanzamiento también tiene relación con el espacio donde se realiza. Por ejemplo, el palmeo es más frecuente observarlo cuando el lanzamiento se realiza desde posiciones próximas a la portería (Lloret, 1998). Creemos que esta podría ser la explicación por la que los equipos ganadores han lanzado con mayor frecuencia de palmeo y vaselina. Otra de las razones podría ser la superioridad técnica en estas habilidades.

Los resultados de las variables “duración” y “número de pases” nos llevan a la idea de que los equipos ganadores tendieron a buscar mayor rapidez en la finalización de la DNTSCP. En concreto, los ganadores

presentaron menor duración y número de pases que los perdedores. Sin embargo, Lupo, Tessitore, Minganti, King et al. (2011) no encontraron diferencias en la duración pero si en el número de pases. Este hecho refleja que los equipos ganadores fueron capaces de circular más rápido el balón, pero no confirma la búsqueda de la rapidez. Por lo tanto, esta es otra variable que tiene que examinarse en sucesivos estudios.

Además, los equipos que consiguieron la victoria finalizaron más DNTSCP sin organizar al equipo en algún sistema táctico de juego. Interpretamos que esta situación se debe a que el jugador boyo se queda libre de marcaje, tras la expulsión de su defensor, cuando el equipo sin posesión del balón no está concentrado y no realiza la transición a la inferioridad rápidamente.

## Conclusiones

A partir del objetivo del estudio y de los resultados obtenidos en el X Campeonato del Mundo de Waterpolo concluimos que los equipos ganadores y perdedores de los partidos tuvieron similares oportunidades de jugar en ventaja numérica, sin embargo, los equipos ganadores demostraron que, en parte, sus victorias tuvieron relación con su mejor rendimiento en DNTSCP. Este se vio reflejado en las diferencias encontradas en las variables relacionadas con el reglamento (formas de finalización), el espacio (posición de lanzamiento, procedencia del último pase e introducción de la pelota en la portería), la gestualidad (preparación del lanzamiento, tipo de lanzamiento y recepción previa al lanzamiento) y la estrategia motriz (sistemas tácticos de juego y recuperación de la posesión tras lanzamiento). Los resultados sobre la dinámica de la acción de juego de los equipos ganadores han de tenerse en cuenta a la hora de programar y diseñar los entrenamientos en la búsqueda del rendimiento deportivo.

## Referencias

- Acero, R., & Lago, C. (2005). *Deportes de equipo. Comprender la complejidad para elevar el rendimiento*. Barcelona: Inde.
- Argudo, F. (2000). *Modelo de evaluación táctica en deportes de oposición con colaboración. Estudio práxico del waterpolo* (Tesis doctoral). Universitat de València, Valencia, España.
- Alonso, J. I. (2004). *Análisis de la estrategia motriz en el frontenis olímpico* (Tesis doctoral). Universidad Católica San Antonio, Murcia, España.
- Argudo, F. (2005). *Conceptos, contenidos y evaluación táctica en waterpolo*. Murcia: UCAM.
- Argudo, F., Ruiz, E., & Abalades, A. (2010). Influencia de los valores



- de eficacia sobre la condición de ganador o perdedor en un mundial de Waterpolo. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 17(4), 21-24.
- Anguera, M. T. (2003). *Diseños observacionales en la actividad física y el deporte: estructura, alcance, y nuevas perspectivas*. Ponencia presentada en el II Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Granada, España.
- Anguera, M. T., Blanco, A., Losada, J., & Hernández, A. (2000). La metodología observacional en el deporte: conceptos básicos. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*, 24. Recuperado de <http://www.efdeportes.com>.
- Anguera, M. T., Blanco, A., Hernández, A., & Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.
- Blázquez, D. (1986). *Iniciación a los deportes de equipo*. Barcelona: Martínez Roca.
- Canossa, S. (2001). *Caracterização da organização do processo ofensivo das seleções femininas de elite, no Campeonato Europeu de Sevilha – 1997* (Tesis de maestría). Universidad do Porto, Porto, Portugal.
- Enomoto, I., Suga, M., Takahashi, M., Komori, Y., Minami, T., Fujimoto, M., ... Takahashi, J. (2002). A Notational Match Analysis of the 2001 Women's Water Polo World Championships. En *World Swimming Science Congress* (pp. 487-493).
- FINA (Federación Internacional de Natación). (2001). *Water polo rules*. Laussane: FINA.
- Hernández, J., Castro, U., Cruz, H., Gil, G., Guerra, G., Quiroga, M., & Rodríguez, J. P. (2000). *La iniciación a los deportes desde su estructura y dinámica. Aplicación a la educación Física Escolar y al Entrenamiento Deportivo*. Barcelona: Inde.
- Hernández, J., & Rodríguez, J. P. (2004). *La Praxiología Motriz: Fundamentos y aplicaciones*. Barcelona: Inde.
- García-Marín, P. (2009). Evaluación cuantitativa de la desigualdad numérica temporal simple con posesión (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Lloret, M. (1998). *Waterpolo. Técnica-Táctica-Estrategia*. Madrid: Gymnos.
- Lupo, C., Tessitore, A., Minganti, C., & Capranica, L. (2010). Notational analysis of elite and sub-elite water polo matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 223-229.
- Lupo, C., Tessitore, A., Minganti, C., King, B., Cortis, C., & Capranica, L. (2011). Notational analysis of american women's collegiate water polo matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 753-757.
- Medina, J., & Delgado, M. (1999). Metodología de entrenamiento de observadores para investigaciones sobre E. F. y deporte en las que se utilice como método la observación. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 5, 69-86.
- Platanou, T. (2004). Analysis of the extra man offence in water polo: a comparison between winning and losing teams and players of different playing position. *Journal of Human Movements Studies*, 46, 205-211.
- Piñar, M. I. (2005). *Incidencia del cambio de un conjunto de reglas de juego sobre algunas de las variables que determinan el proceso de formación de los jugadores de minibasket (9-11 años)* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Sarmiento, J. (1991). Análise das acções ofensivas. *Horizonte*, 4(7), 88-91.
- Soares, C. (2004). A superioridade numérica estática temporal no pólo aquático. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 74. Recuperado de <http://www.efdeportes.com>.
- Takagi, H., Nishijima, T., Enomoto, I., & Stewart, A. M. (2005). Determining factors of game performance in the 2001 World Water Polo Championships. *Journal of Human Movement Studies*, 49, 333-352.
- Tenente, J. (1993). *Caracterização das acções ofensivas no Polo Aquático – Posses de bola, Número de passes e Remates* (Trabajo de obtención de grado de licenciatura). Universidade do Porto, Porto, Portugal.