

# Biological Maturation, Strength and Muscle Power in Front Crawl Stroke

RICHARD R. CASANOVA MACHEK<sup>1\*</sup>  
PEDRO FELIPE GAMARDO HERNÁNDEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pedagogical Experimental Libertador University (UPEL)  
(Caracas, Venezuela)

\* Correspondence: Richard R. Casanova Machek  
([richardcasanova@hotmail.com](mailto:richardcasanova@hotmail.com))

# Maduración biológica, fuerza y potencia muscular en la brazada de crol

RICHARD R. CASANOVA MACHEK<sup>1\*</sup>  
PEDRO FELIPE GAMARDO HERNÁNDEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL)  
(Caracas, Venezuela)

\* Correspondencia: Richard R. Casanova Machek  
([richardcasanova@hotmail.com](mailto:richardcasanova@hotmail.com))

## Abstract

This is a correlational field study which sought to determine the relationship between the biological maturation and muscle power of the upper members of youth swimmers. Twenty-three children aged 10 to 13 were evaluated. The sample was described using anthropometric measurements: height, body mass, arm span, body composition, body surface area and sexual maturation (Tanner, 1975). The Wingate test was applied (laboratory and pool) for upper members, according to Dotan and Bar-Or (1983) and Morouco (2009), to estimate maximum power, relative power, average power and the fatigue index. The data are presented in central tendency and dispersion measures; one-factor differences were calculated and correlations were estimated using the Pearson and Spearman technique. The results show that training outside the water influences performance in the water. Body size and the number of hours of training affected the power produced by the swimmers, with notable differences after the age of 10. Body size and greater frequency of weekly training generated high muscle power values. Periodic evaluations of strength and power are recommended, along with creating anthropometric profiles and keeping them updated, applying a self-evaluation questionnaire of sexual maturation, and adjusting the length of training as ages increase.

**Keywords:** swimming, muscle power, muscle strength, biological maturation

## Introduction

The practice of sports, especially competitive sports, has gained ground in recent years. This has led to major headway in the development of technologies and the use of the sciences applied to sports with the essential goal of improving athletes' performance.

## Resumen

Se trata de una investigación de campo, de tipo correlacional que buscó determinar la relación entre la maduración biológica y la potencia muscular de los miembros superiores en nadadores de categorías menores. Se evaluaron 23 niños(as) edades comprendidas entre los 10 y los 13 años. La muestra se caracterizó a través de mediciones antropométricas: estatura, masa corporal, envergadura, composición corporal y superficie corporal, maduración sexual (Tanner, 1975). Se aplicó Test de Wingate (laboratorio y piscina) según Dotan y Bar-Or (1983) y Morouco (2009) para miembros superiores para estimar potencia máxima, potencia relativa, potencia promedio, índice de fatiga. Los datos se presentan en medidas de tendencia central y dispersión; se calcularon las diferencias de un factor y se estimaron las correlaciones con la técnica Pearson y Spearman. Los resultados indican que el entrenamiento fuera del agua influyó en el rendimiento dentro del agua. El tamaño de las dimensiones corporales y el número de horas de entrenamiento tiene incidencia sobre la potencia producida por los nadadores, con diferencias notables a partir de los 10 años. Las dimensiones corporales y la mayor frecuencia de entrenamiento semanal generan valores altos de potencia muscular. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de fuerza y potencia, crear y mantener actualizado el perfil antropométrico, aplicar cuestionario de autoevaluación de caracteres de maduración sexual y ajustar los periodos de duración de las horas de entrenamiento, en tanto se incrementen las edades.

**Palabras clave:** natación, potencia muscular, fuerza muscular, maduración biológica

## Introducción

La práctica deportiva y en especial el deporte competitivo, ha ganado espacios en el transcurso de los años. Esto ha generado grandes avances en el desarrollo de tecnologías y la utilización de las ciencias aplicadas al deporte, con el objetivo fundamental de mejorar el

Elite sports are increasingly seeking the specialisation or professionalization of its practitioners, even more so in early sports, when athletes must start practising them at a young age in order to achieve maximum performance.

Pre-pubescent and pubescent youths must spend a large number of hours in weekly training in order to improve their sports performance, a factor which reveals the importance of the trainer's job, which involves considering factors related to the differences between chronological age and biological maturation and physical capacities. This is in line with Pérez (1997), who notes that considering that the period when the most demanding sports activity begins must take into consideration biological maturation and have gradual, intense physical preparation in relation to the training phase.

The effects that the initiation into extremely demanding training at young ages have on the body have been debated in numerous studies. Some researchers believe that many hours of practice and a very intense lifestyle is not a pattern that suits children, while others are in favour of implementing intense training programmes before puberty in order to yield better performance, as in swimming (Pérez, 1997).

In recent years, a large number of studies have reported that anthropometric parameters are key factors in athletic success. Under equal physical training conditions from both the quantitative and qualitative standpoint, the best athletic results are found in subjects with a body composition and anthropometric characteristics such as arm span, height, body surface area, lean weight and others that are more advantageous for the practice of the specific sport.

The swimmer's movement through the water is the net result of the forces that makes them move forward and those that stop them, and one of the most important ones is the force of resistance or propulsion (Arellano, 2004; Berger, Hollander & De Groot, 1997; Llana, 2002; Llana, Tella, Benavent, & Brizuela, 2002; Tolga & Yusuf, 2002; Toussaint, & Beek, 1992).

Proper interaction between the propulsive and the resistive forces will increase swimming speed. To achieve this, the athlete must increase their levels of strength and muscle power, so the trainer must properly mete out the training demands bearing in mind the swimmers' particular characteristics, taking into consideration the fact that muscle power and the other physical capacities evolve in parallel to the

rendimiento en los atletas. El deporte de élite busca cada vez más la especialización o profesionalización de sus practicantes, y más aún en deportes precoces, en los que para obtener el máximo rendimiento los atletas deben iniciar la práctica a edades tempranas.

Jóvenes prepúberes y púberes deben dedicar gran cantidad de horas de entrenamientos semanales para mejorar su desempeño deportivo, aspecto que centra la importancia de la labor de cada entrenador, para que este considere aspectos relacionados con las diferencias entre la edad cronológica y la maduración biológica y las capacidades físicas. Tal como señala Pérez (1997) cuando considera que el periodo de inicio en la actividad deportiva de máxima exigencia, debe tener en consideración la maduración biológica, y contar con una intensa preparación física progresiva en relación con la fase de entrenamiento.

Los efectos que la iniciación del entrenamiento de altas exigencias a edades tempranas produce sobre el organismo han sido debatidos en diversos estudios. Algunos investigadores consideran que muchas horas de práctica y un estilo de vida muy intenso no es un patrón acorde con la niñez, mientras que otros son partidarios de la implementación de programas de entrenamientos intensos antes de la pubertad, para obtener mejores performances, como en el caso de la natación (Pérez, 1997).

En los últimos años, gran cantidad de estudios han reportado que los parámetros antropométricos son factores claves en el éxito deportivo. A igualdad de condiciones de entrenamiento físico, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, los mejores resultados deportivos corresponden a aquellos sujetos con una composición corporal y unas características antropométricas como la envergadura, estatura, superficie corporal, peso magro, entre otras, más ventajosas para la práctica del deporte específico.

El desplazamiento del nadador dentro del agua es el resultado neto de la fuerza que tienden a hacerlo avanzar, y de las que lo frenan, considerándose como una de las de mayor importancia la fuerza de resistencia o propulsión (Arellano, 2004; Berger, Hollander & De Groot, 1997; Llana, 2002; Llana, Tella, Benavent, & Brizuela, 2002; Tolga & Yusuf, 2002; Toussaint, & Beek, 1992).

Una adecuada interacción entre la fuerza propulsiva y la fuerza resistiva favorecería el incremento de la velocidad de nado. Para ello, el atleta deberá aumentar sus niveles de fuerza y potencia muscular, por lo que el entrenador debe dosificar las cargas de entrenamiento adecuadamente, atendiendo a las características particulares de los nadadores. Tomando en consideración que la potencia muscular y las demás capacidades físicas

development of the human being. This development does not follow the same pattern in all swimmers but shows differences according to age and sex (Cancela & Ramírez, 2003).

As the athlete's mastery of the sport improves, more attention should be paid to the special ways of developing their power. The exercises used must serve the specific action of the sport in order to allow the technique and thereby the performance to improve. Nonetheless, Newton (2008) notes that empiricism, the extrapolation of data from one athlete to another, as well as team-wide single training schemes have been the methodology used for many years.

This situation becomes even more complex if the trainers focus their attention solely on the chronological age and ignore the biological age. In some cases, they forget that each subject shows unique anthropometric characteristics and different levels of muscle power depending on their age and development; in consequence, these training sessions can hardly be appropriate for individual particularities. Considering these factors and the changes that occur in each stage of the swimmer's development is vitally important when making and evaluating the training plan that best adapts to each athlete. For these reasons, factors related to the child's and adolescent's physical growth and biological maturation and everything that this implies must be taken into account.

Thus, the overarching goal of this paper is to determine the relationship between biological maturation, strength and muscle power for youth swimmers performing the front crawl, while the specific objectives are to identify the swimmers' anthropometric characteristics, diagnose the strength and maximum power using the Wingate test for upper members in swimmers, and finally to relate their maturation characteristics and developed potential.

## Methodology

This research is a correlational field study (Arias, 2004). In this study, it was sought to establish the relationship between the mechanical power and maturation shown by 23 subjects (girls  $n = 18$ ; boys  $n = 5$ ) from the swimming schools in the children's categories of the INCRET (National Institute of Worker Training and Recreation, Venezuela) and Banco Mercantil.

The non-probabilistic procedure was applied to determine the sample (Hernández, Fernández, &

evolucionan paralelamente al desarrollo del ser humano. Dicho desarrollo no sigue el mismo camino en todos los nadadores, sino que presenta diferencias en función de la edad y el sexo (Cancela & Ramírez, 2003).

En la medida en la que se aumenta la maestría deportiva del atleta, se debe prestar mayor atención a los medios especiales de desarrollo de la potencia. Los ejercicios que se utilicen deben estar al servicio de la acción específica del deporte que permita mejorar la técnica y en consecuencia el rendimiento. A pesar de ello, Newton (2008) señala que el empirismo, la extrapolación de datos de un atleta a otro, así como los esquemas únicos de entrenamiento por equipo han constituido la metodología seguida durante muchos años.

La situación se hace más compleja si los entrenadores centran su atención únicamente en la edad cronológica y obvian la edad biológica. Se olvidan, en algunos casos, que cada sujeto según su edad y desarrollo presenta características antropométricas particulares y distintos niveles de potencia muscular, en consecuencia, las sesiones de entrenamientos difícilmente podrán estar adecuados a las particularidades individuales. Considerar estos aspectos y los cambios que ocurren en cada etapa del desarrollo del nadador es de vital importancia para realizar y evaluar el plan de entrenamiento que mejor se adapta al atleta. Por estas razones deben tenerse en cuenta los aspectos relacionados con el crecimiento físico y maduración biológica del niño y adolescente, y lo que ello implica.

Por todo ello, se plantea como objetivo general determinar la relación entre la maduración biológica, la fuerza y la potencia muscular durante la ejecución de la brazada en estilo crol en nadadores de categorías menores, teniendo como objetivos específicos identificar las características antropométricas de los nadadores, diagnosticar la fuerza y potencia máxima mediante el test de Wingate para miembros superiores en los nadadores y, por último, relacionar sus características de maduración y la potencia desarrollada.

## Metodología

La investigación corresponde al tipo de investigación correlacional y de campo (Arias, 2004). Se buscó establecer la relación entre la potencia mecánica y la maduración mostrada por 23 sujetos (niñas  $n = 18$ ; niños  $n = 5$ ), pertenecientes a las escuelas de natación de categorías menores del INCRET (Instituto Nacional de Capacitación y Recreación de los trabajadores, Venezuela) y Banco Mercantil.

Para la determinación de la muestra, se aplicó el procedimiento no probabilístico (Hernández, Fernández, &





**Figure 1.** Test execution and collected data processing

**Figura 1.** Realización de la prueba y procesamiento de los datos recogidos

Baptista, 1997). The criteria for inclusion in the sample were that the swimmers showed healthy physical conditions, had no obvious or hidden pathology that would prevent them from making intense physical efforts, were between the ages of 10 and 13, and regularly attended the swimming centre, spending at least 1.5 hours per week in training. The project began with a meeting with parents and trainers to inform them of the scope of the study, in which they provided written approval of the subjects' participation in the study.

Once the subjects were authorised to participate, a level-2 ISAK anthropometrist and 4 assistants began to collect demographic data and the anthropometric variables following the guidelines of the International Society of the Advancement of Kinanthropometry (ISAK, 2001). The order of measurement was height and arm span using a Sanny stadiometer (precision: 1 mm); body mass with a Tanita BC533 electronic body composition monitor with a precision of 100 g (Tanita Corporation, Tokyo, Japan); and circumferences and skinfolds (technical measurement error of 5%) using a Lufkin measuring tape (precision: 1 mm) and a Slimguide calliper (precision: 1 mm). The subjects' sexual maturation was determined via a self-evaluation questionnaire by Tanner (1975), which was filled out with the help of the children's parents and/or legal representative. The percentage of fat was estimated using the Slaughter equation (1998) (% fatty tissue =  $0.74 \times (\Sigma P) + 1$  for boys and % fatty tissue =  $0.61 \times (\Sigma P) + 5.1$  for girls, in which % fatty tissue: percentage of fatty tissue and  $\Sigma P$ : sum of the tricipital skinfold and calf) and body surface area via the formula devised by Haycock, Schwartz and Wisolsky (1978) (body surface area ( $m^2$ ) =  $0.024265 \times \text{weight (kg)}^{0.5378} \times \text{height (cm)}^{0.3964}$ ).

Baptista, 1997). Los criterios de inclusión para conformar la muestra fue que los nadadores demostraran condiciones físicas saludables, no presentasen patología alguna evidente u oculta que le impidiera realizar esfuerzos intensos, tuviesen edades comprendidas entre 10 y 13 años de edad y asistiesen con regularidad al centro de natación dedicando al menos 1.5 horas de entrenamiento semanal. El trabajo se inició con reunión de padres y entrenadores para informar el alcance de la investigación, aprobaran por escrito la participación de los sujetos en la investigación.

Una vez autorizados los sujetos se procedió a la recolección de datos demográficos y de las variables antropométricas, siguiendo los lineamientos de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, 2001), por un antropometrista nivel 2 ISAK y 4 asistentes, el orden de medición fue estatura y envergadura con estadiómetro Sanny (precisión 1 mm); masa corporal con una balanza electrónica Tanita BC533 con una precisión 100 g (Tanita Corporation, Tokyo, Japon), circunferencias y pliegues (error técnico de medición del 5%) con cinta métrica Lufkin (precisión 1 mm), calíper Slimguide (precisión 1 mm). Se determinó la maduración sexual a partir del cuestionario de auto-evaluación de Tanner (1975), completado con el apoyo de padres y/o representante legal del niño. Se estimó el porcentaje de grasa mediante la ecuación de Slaughter (1988) (%TG =  $0.74 \times (\Sigma P) + 1$  para niños y %TG =  $0.61 \times (\Sigma P) + 5.1$  para niñas, donde %TG: porcentaje de tejido graso y  $\Sigma P$ : sumatoria del pliegue tricípital y pantorrilla) y superficie corporal mediante la fórmula de Haycock, Schwartz y Wisolsky (1978) (superficie corporal ( $m^2$ ) =  $0.024265 \times \text{peso (kg)}^{0.5378} \times \text{altura (cm)}^{0.3964}$ ).

La siguiente prueba realizada fue el test de Wingate de miembros superiores (Bar-O, 1987), se utilizó un cicloergómetro Monark 894E adaptado y su correspondiente *software*; las resistencias aplicadas fueron 28.8 g · kg<sup>-1</sup>

The next test performed was the Wingate test of the upper members (Bar-O, 1987). An adapted Monark 894E bicycle ergometer and its corresponding software were used; the resistances applied were  $28.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  for girls and  $36.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  for boys. Before the test, all the subjects were told about and shown what the test consisted in, a three-minute conditioning without resistance was done, and immediately thereafter subjects had a one-minute rest followed once again by 3 minutes with 20% of the corresponding resistance. After the conditioning was over, the subject was told to start the test. Three seconds after “start pedalling as quickly as possible” was heard, the assigned resistance started, and the work was automatically recorded. At the end of the test, the subjects were allowed five minutes of active recovery.

To evaluate the muscle strength during swimming, an adaptation of the test presented by Morouço (2009) was applied, in which each subject used only their upper members. Before executing the test, each athlete performed neuromuscular conditioning outside the water for 10 minutes and then swam 400 metres with the front crawl. Two belts with Recoil 360 attachments, two floaters, a PCE FM1000 force gauge were used for traction and compression force up to  $100 \text{ kg}/981 \text{ N}$  with a dynamometric external cell and an RS-232 interface to transmit the data, a laptop and a whistle.

To start the test, the athlete placed the floater between their legs, got face-down in the water and swam the front crawl using only their upper members and making their maximum effort for 30 seconds. The data began to be recorded three seconds after the start of the swim in order to ensure the tautness of the attachments.

The data gathered were processed in an Excel spreadsheet (Microsoft Office 2013) using the statistical software package SPSS v.20 by IBM.

## Analysis of Results

The normality of the distribution was checked through the Kolmogorov-Smirnov (K-S) hypothesis test. The characteristics of the group are shown in *Table 1*. On average, boys showed a higher decimal age than girls, while the amount of experience swimming was the same for both groups. Boys spent more hours training per week than girls. Regarding the anthropometric variables, the boys performed better than the

aplicada a las niñas y  $36.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  para niños. Antes de la prueba se les describió y demostró a todos los sujetos en qué consistía el test a realizar, se realizó un acondicionamiento durante tres minutos sin resistencia, seguidamente se realizó un minuto de descanso, nuevamente 3 minutos con el 20% de la resistencia correspondiente. Concluido el acondicionamiento se avisó al sujeto para el inicio de la prueba. A la voz de “inicia el pedaleo lo más rápido posible”, transcurridos 3 segundos se liberó la resistencia asignada, se inició registro automático del trabajo. Al finalizar la prueba se permitió hacer una recuperación activa durante cinco minutos.

Para la evaluación de la fuerza muscular durante el nado, se aplicó una adaptación test del presentado por Morouço (2009) en la que cada sujeto utilizaría solo los miembros superiores. Antes de ejecutar la prueba, cada atleta realizó el acondicionamiento neuromuscular fuera del agua durante 10 minutos y posteriormente nadaron 400 metros en estilo crol. Se utilizaron dos cinturones con ligas Recoil 360, dos flotadores, un dinamómetro PCE FM1000 para fuerza de tracción y de compresión hasta  $100 \text{ kg}/981 \text{ N}$  con célula dinamométrica externa e interfaz RS-232 para la transmisión de datos, un laptop y un silbato. Se fijó una liga debajo del bloque de salida del carril 1 conectada a la galga extensiométrica que transmite la información de fuerza producida durante el test a un laptop.

Para iniciar la prueba el atleta se colocó el flotador entre ambas piernas, adoptó la posición ventral y nadó en estilo crol, utilizando únicamente sus miembros superiores y produciendo su máximo esfuerzo durante treinta segundos. La data se comenzó a grabar a partir de los tres segundos de iniciado el nado para garantizar la tensión de la liga.

Los datos recogidos se procesaron en hoja de cálculo Excel (Microsoft Office 2013) y el *software* estadístico SPSS v.20 de IBM

## Análisis de los resultados

Se comprobó la normalidad de la distribución a través de la prueba de hipótesis Kolmogorov-Smirnov (K-S). Las características del grupo se muestran en la *tabla 1*. Los niños presentan en promedio mayor edad decimal que las niñas, mientras que el tiempo de experiencia en la práctica de la natación es similar en ambos grupos. Los niños dedican más horas de entrenamiento durante la semana que las niñas. En cuanto a las variables antropométricas los niños superan a las niñas y a

	Height (cm) Estatura (cm)		Body mass (kg) Masa corporal (kg)		Body surface area (m <sup>2</sup> ) Superficie corporal (m <sup>2</sup> )		Arm span (cm) Envergadura (cm)		Percentage of body fat Porcentaje de grasa	
	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys
	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños
Valid N N válidos	18	5	18	5	18	5	18	5	18	5
Mean Media	145.96	151.36	39.83	47.24	1.26	1.41	149.57	158.16	20.45	26.69
Standard deviation Desviación típica	9.31	9.11	8.93	7.2	0.18	0.14	9.18	7.86	6.05	6.32
Variation coefficient Coeficiente de variación	6.38	6.02	22.42	15.24	14.29	9.93	6.14	4.97	29.58	23.68

**Table 1.** Descriptive values of the anthropometric variables

**Tabla 1.** Valores descriptivos de las variables antropométricas

girls, and the boys’ results were more homogeneous than the girls’.

The results of the self-evaluation test (Tanner, 1975) show that the girls’ sexual development characteristics are more in line with their age compared to the boys. When comparing both groups, 57% showed average maturation and the remaining subjects showed late maturation.

The boys produced a higher level of maximum strength and mean strength than the girls, while the fatigue index was higher in girls. The results in the production of strength were more homogeneous in males than in females. In the results of the power test performed in the laboratory, the boys produced higher maximum and mean power values than the girls, just as in the pool test. However, even though the boys showed the same fatigue index in the pool test, the girls showed a smaller decrease in their performance during this test (Tables 2 and 3).

Statistically significant differences were found using the sex factor in the means of the following variables: decimal age ( $F = 5.428$ ;  $p < 0.030$ ), maximum strength ( $F = 8.835$ ;  $p < 0.007$ ), mean strength

su vez los resultados de los varones se muestran más homogéneos que el de las hembras.

Los resultados del test de autoevaluación (Tanner, 1975) muestra a las niñas con características de desarrollo sexual acorde con su edad con respecto a los niños. Al comparar ambos grupos, el 57% presentó maduración promedio y el restante se ubicó como sujetos de maduración tardía.

Los niños produjeron mayor nivel de fuerza máxima y fuerza promedio que las niñas, mientras que el índice de fatiga de las niñas fue superior. Los resultados en la producción de fuerza de los varones fueron más homogéneos que el de las hembras. En los resultados de la prueba de potencia realizada en el laboratorio, se obtuvo que, al igual que en la prueba en la piscina, los niños produjeron valores de potencia máxima y promedio superior al de las niñas. Sin embargo, a pesar de que los niños obtuvieron el mismo índice de fatiga que en el test en piscina, las niñas lograron disminución menor en su desempeño durante este test. (Tablas 2 y 3)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas, utilizando el factor sexo, en las medias de las variables: edad decimal ( $F = 5.428$ ;  $p < 0.030$ ), fuerza máxima ( $F = 8.835$ ;  $p < 0.007$ ), fuerza promedio

	Maximum relative strength (kg) Fuerza máxima relativa (kg)		Average strength (kg) Fuerza promedio (kg)		Fatigue index (%) Índice de fatiga (%)	
	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys
	Niñas	Niños	Niñas	Niños	Niñas	Niños
Valid N   N válidos	18	5	18	5	18	5
Mean   Media	0.128	0.162	0.084	0.107	53.85	48.89
Standard deviation   Desviación típica	0.038	0.025	0.031	0.025	17.56	21.87
Variation coefficient   Coeficiente de variación	29.69	15.43	36.90	23.36	32.61	44.73

**Table 2.** Values of power in the pool

**Tabla 2.** Valores de la potencia en piscina

	Maximum relative strength (kg) Fuerza máxima relativa (kg)		Average strength (kg) Fuerza promedio (kg)		Fatigue index (%) Índice de fatiga (%)	
	Girls Niñas	Boys Niños	Girls Niñas	Boys Niños	Girls Niñas	Boys Niños
	Valid N   N válidos	18	5	18	5	18
Mean   Media	8.01	12.67	6.28	8.80	40.57	48.69
Standard deviation   Desviación típica	3.55	4.34	3.19	2.88	14.06	5.25
Variation coefficient   Coeficiente de variación	44.32	34.25	50.80	32.73	34.66	10.78

**Table 3.** Wingate test on the upper members. Laboratory

( $F = 5.231$ ;  $p < 0.033$ ), maximum power ( $F = 17.747$ ;  $p < 0.002$ ) and average power ( $F = 6.431$ ;  $p < 0.019$ ).

Contrasting the means with age showed that the anthropometric and biological maturation variables had significant differences in height ( $F = 9.272$ ;  $p < 0.001$ ), body mass ( $F = 4.080$ ;  $p < 0.021$ ), body surface area ( $F = 5.219$ ;  $p < 0.008$ ), arm span ( $F = 10.177$ ;  $p < 0.000$ ) and the appearance of pubic hair ( $F = 3.779$ ;  $p < 0.028$ ). The *post hoc* technique (Scheffé) allowed us to identify the different groups.

In the height variable, significant differences were observed between the age groups 10 versus 11 ( $p < 0.048$ ), 10 versus 12 ( $p < 0.001$ ) and 10-13 ( $p < 0.018$ ). In the body mass variable, the difference between means was found in the group aged 10-12 ( $p < 0.026$ ), similar to what was found in body surface area ( $p < 0.010$ ).

The differences in means among the different groups in the arm span variable were found between the groups aged 10-12 ( $p < 0.001$ ) and 10-13 ( $p < 0.05$ ). Finally, the differences found in the

**Tabla 3.** Test de Wingate sobre los miembros superiores. Laboratorio

( $F = 5.231$ ;  $p < 0.033$ ), potencia máxima ( $F = 17.747$ ;  $p < 0.002$ ) y potencia promedio ( $F = 6.431$ ;  $p < 0.019$ ).

El contraste las medias con la edad, mostró que las variables antropométricas y de maduración biológica presentaron diferencias significativas con la estatura ( $F = 9.272$ ;  $p < 0.001$ ), masa corporal ( $F = 4.080$ ;  $p < 0.021$ ), superficie corporal ( $F = 5.219$ ;  $p < 0.008$ ), envergadura ( $F = 10.177$ ;  $p < 0.000$ ), y aparición del vello púbico ( $F = 3.779$ ;  $p < 0.028$ ). La técnica *post hoc* (Scheffé) permitió identificar los grupos diferentes.

En la variable estatura, se observó diferencias significativas entre los grupos etarios de 10 contra 11 ( $p < 0.048$ ), 10 con 12 ( $p < 0.001$ ) y 10-13 ( $p < 0.018$ ) años. En la variable masa corporal la diferencia entre medias se encuentra entre el grupo de 10-12 años ( $p < 0.026$ ) similar a lo observado en la superficie corporal ( $p < 0.010$ ).

Las diferencias de media entre los distintos grupos de la variable envergadura se observan entre el grupo de 10-12 ( $p < 0.001$ ) y 10-13 ( $p < 0.05$ ) años. Y las diferencias encontradas en las medias de los grupos del

Dependent variable   Variable dependiente	Group Grupo	Age Edad	Differences in mean Diferencias de media (I-J)	Standard error Error típico	Significance Significancia	Confidence interval Intervalo de confianza	
						Lower limit Límite inferior	Upper limit Límite superior
Height (cm)   Estatura (cm)	10	11	-13.95*	4.525	0.048	-27.812	-0.0876
		12	-19.25*	3.695	0.001	-30.568	-7.931
		13	17.558*	4.888	0.018	2.585	32.531
Body mass (kg)   Masa corporal	10	12	-14.808*	4.353	0.026	-28.143	-1.473
Body surface area (m <sup>2</sup> )   Superficie corporal (m <sup>2</sup> )	10	12	-0.319*	0.08233	0.010	-0.571	-0.067
Arm span (cm)   Envergadura (cm)	10	12	-19.024*	3.639	0.001	-30.171	-7.877
Percentage of body fat   Porcentaje de grasa	10	13	-20.325*	4.814	0.038	-35.071	-5.578
Maturation level (pubic hair) Estadio de maduración (vello púbico)	10	12	-1.500*	0.4667	0.038	-2.929	-0.0704

\* The difference in means is significant at 0.05. | \* La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

**Table 4.** Groups with significant differences. Factor: Age

**Tabla 4.** Grupos con diferencias significativas. Factor: edad



means of the groups in pubic hair were between the groups aged 10-12 ( $p < 0.038$ ) (Table 4).

In weekly training time, significant differences were found in the results of both tests: maximum strength ( $F = 12.669$ ;  $p < 0.000$ ), mean strength ( $F = 28.944$ ;  $p < 0.000$ ), fatigue index ( $F = 24.352$ ;  $p < 0.000$ ), maximum power ( $F = 25.870$ ;  $p < 0.000$ ) and average power ( $F = 66.788$ ;  $p < 0.000$ ).

In maximum strength, differences were found between the groups that train 1.5-6 hours per week ( $p < 0.10$ ) and 1.5-12 hours per week ( $p < 0.000$ ). Mean strength revealed differences between the groups that train 1.5-6 hours per week ( $p < 0.000$ ) and 1.5-12 hours per week ( $p < 0.000$ ). Likewise, the fatigue index showed significant differences between the groups that trained 1.5-6 and 1.5-12 hours per week, with a significance of  $p < 0.000$  (Table 5).

The variables related to the general Wingate test for upper members, just like the specific test in the pool, showed significant differences between the groups that trained 1.5-6 and 1.5-12 hours per week, with a significance of  $p < 0.000$ .

Based on the results of the Pearson correlation ( $p < 0.05$ ), it was found that height ( $r = 0.671$ ;  $p < 0.000$ ), arm span ( $r = 0.740$ ;  $p < 0.000$ ), body mass ( $r = 0.531$ ;  $p < 0.009$ ) and body surface area ( $r = 0.581$ ;  $p < 0.004$ ) are associated with and increase with age. Height showed a high significant

vello púbico se encuentran entre los grupos de 10-12 años ( $p < 0.038$ ). (Tabla 4)

En el tiempo de entrenamiento semanal, se observaron diferencias significativas con respecto a los resultados obtenidos para ambas pruebas: fuerza máxima ( $F = 12.669$ ;  $p < 0.000$ ), fuerza promedio ( $F = 28.944$ ;  $p < 0.000$ ), índice de fatiga ( $F = 24.352$ ;  $p < 0.000$ ), potencia máxima ( $F = 25.870$ ;  $p < 0.000$ ) y potencia promedio ( $F = 66.788$ ;  $p < 0.000$ ).

En la fuerza máxima, las diferencias se presentan entre los grupos que entrenan 1.5-6 horas semanales ( $p < 0.10$ ), y 1.5-12 horas semanales ( $p < 0.000$ ). La fuerza promedio presenta las diferencias entre los grupos que entrenan 1.5-6 horas semanales ( $p < 0.000$ ) y 1.5-12 ( $p < 0.000$ ). De igual forma el índice de fatiga presentó diferencias significativas entre los grupos de 1.5-6 y 1.5-12 horas de entrenamientos semanales con una significancia de  $p < 0.000$ . (Tabla 5)

Las variables relacionadas con el test de Wingate general para miembros superiores presentó, al igual que el test específico en piscina, diferencias significativas entre los grupos de 1.5-6 y 12-1.5 horas de entrenamientos semanales, todos con una significancia de  $p < 0.000$ .

A partir de los resultados obtenidos mediante la correlación de Pearson ( $p < 0.05$ ) se obtuvo que la estatura ( $r = 0.671$ ;  $p < 0.000$ ), la envergadura ( $r = 0.740$ ;  $p < 0.000$ ), la masa corporal ( $r = 0.531$ ;  $p < 0.009$ ) y la superficie corporal ( $r = 0.581$ ;  $p < 0.004$ ) están

Dependent variable   Variable dependiente	Minimum hours/week Horas mínimas/semana	Hours of training/week Horas/semana de entrenamiento	Differences in mean Diferencias de media (I-J)	Standard error Error típico	Significance Significancia	Confidence interval Intervalo de confianza	
						Lower limit Limite inferior	Upper limit Limite superior
Maximum relative strength (kg) pool Fuerza máxima relativa (kg) piscina	1.5	6	-1.393*	0.408	0.01	-2.473	-0.3141
Mean strength (kg) pool Fuerza promedio (kg) piscina	1.5	12	-2.133*	0.443	0.00	-3.304	-0.9622
Fatigue index (%) pool Índice de fatiga (%) piscina	1.5	6	-1.468*	0.261	0.00	-2.158	-0.7787
		12	-1.998*	0.283	0.00	-2.746	-1.249
		6	30.713*	4.992	0.00	17.518	43.908
		12	30.527*	5.414	0.00	16.215	44.839
Maximum relative power (w/kg) laboratory Potencia máxima relativa (w/kg) laboratorio	1.5	6	-169.234*	33.818	0.00	-258.62	-79.85
		12	-250.405*	36.681	0.00	-347.36	-153.454
Average relative power (w/kg) laboratory Potencia promedio relativa (w/kg) laboratorio	1.5	6	-155.457*	17.408	0.00	-201.47	-109.446
		12	-197.971*	18.881	0.00	-247.88	-148.066

\* The difference in means is significant at 0.05. | \* La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

**Table 5.** Groups with significant differences. Factor: Hours of training/week

**Tabla 5.** Grupos con diferencias significativas. Factor: horas/semana de entrenamiento



Variables   Variables	Height Estatura (cm)	Body mass Masa corporal (kg)	Body surface area Superficie corporal (m <sup>2</sup> )	Arm span Envergadura (cm)	Percentage of body fat Porcentaje de grasa (Slaughter, 1988)
Decimal age (years)   Edad decimal (años)	0.671**	0.531**	0.581**	0.740**	
Height (cm)   Estatura (cm)		0.803**	0.866**	0.928**	
Body mass (kg)   Masa corporal (kg)			0.992**	0.811**	0.580**
Body surface area (m <sup>2</sup> )   Superficie corporal (m <sup>2</sup> )				0.857**	0.524**

\* The correlation is significant at 0.05 (bilateral). \*\* The correlation is significant at 0.01 (bilateral).  
\* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral). \*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

**Table 6.** Main correlations between anthropometric variables and age

**Tabla 6.** Principales correlaciones entre variables antropométricas y la edad

correlation with the variables body mass ( $r = 0.803$ ;  $p < 0.000$ ), body surface area ( $r = 0.866$ ;  $p < 0.000$ ) and arm span ( $r = 0.928$ ;  $p < 0.000$ ). A medium significant correlation was found between body surface area ( $r = 0.524$ ;  $p < 0.010$ ) and the percentage of fat ( $r = 0.580$ ;  $p < 0.004$ ) with respect to body mass; as the body mass increases, the body surface area and the percentage of fat increase proportionally (Table 6).

When establishing relationships among the variables strength, power and anthropometrics, a strong significant correlation was found between training time and the variables mean strength ( $r = 707$ ;  $p < 0.000$ ), fatigue index (pool) ( $r = -842$ ;  $p < 0.000$ ), maximum relative power ( $r = 0.810$ ;  $p < 0.000$ ) and average relative power ( $r = 0.916$ ;  $p < 0.000$ ), which revealed that the number of hours per week spent training is a determining factor in increasing general and specific strength and power.

Likewise, as the age increases ( $r = 0.451$ ;  $p < 0.031$ ), body mass ( $r = 0.518$ ;  $p < 0.11$ ), body surface area ( $r = 0.509$ ;  $p < 0.13$ ), arm span ( $r = 0.485$ ;  $p < 0.019$ ) and the percentage of fat ( $r = 0.428$ ;  $p < 0.41$ ), increase the maximum relative strength. Therefore, the maximum relative strength depends on these anthropometric variables (Table 7).

Maximum relative strength (pool) shows a relationship with the variable maximum relative power ( $r = 0.834$ ;  $p < 0.000$ ), while relative mean strength is strongly correlated with average relative power ( $r = 0.909$ ;  $p < 0.000$ ). Furthermore, maximum relative strength ( $r = 0.828$ ;  $p < 0.000$ ) and maximum relative power ( $r = 0.969$ ;  $p < 0.000$ ) directly affect the results of the average relative power. Maximum relative strength ( $r = -0.662$ ;  $p < 0.001$ ) showed a

asociadas a la edad y aumentan con esta. La estatura mostró alta correlación significativa con las variables masa corporal ( $r = 0.803$ ;  $p < 0.000$ ), superficie corporal ( $r = 0.866$ ;  $p < 0.000$ ) y envergadura ( $r = 0.928$ ;  $p < 0.000$ ). Se encontró correlación media significativa entre la superficie corporal ( $r = 0.524$ ;  $p < 0.010$ ) y el porcentaje de grasa ( $r = 0.580$ ;  $p < 0.004$ ) con respecto a la masa corporal. A medida que se incrementa la masa corporal, la superficie corporal y el porcentaje de grasa incrementan en la misma proporción. (Tabla 6)

Al establecer las relaciones entre las variables de fuerza, potencia y antropometría se encontró correlación fuerte significativa entre el tiempo de entrenamiento y las variables de fuerza promedio ( $r = 707$ ;  $p < 0.000$ ), índice de fatiga (piscina) ( $r = -842$ ;  $p < 0.000$ ), potencia máxima relativa ( $r = 0.810$ ;  $p < 0.000$ ), potencia promedio relativa ( $r = 0.916$ ;  $p < 0.000$ ) lo que permite señalar que el número de horas que se dedique al entrenamiento durante la semana será un factor determinante en el incremento de la fuerza y la potencia general y específica.

De igual forma, a medida que aumenta la edad ( $r = 0.451$ ;  $p < 0.031$ ), la masa corporal ( $r = 0.518$ ;  $p < 0.11$ ), la superficie corporal ( $r = 0.509$ ;  $p < 0.13$ ), la envergadura ( $r = 0.485$ ;  $p < 0.019$ ) y el porcentaje de grasa ( $r = 0.428$ ;  $p < 0.41$ ), incrementa la fuerza máxima relativa. Por tanto, la fuerza máxima relativa depende de las variables antropométricas mencionadas. (Tabla 7)

La fuerza máxima relativa (piscina) muestra relación con la variable potencia máxima relativa ( $r = 0.834$ ;  $p < 0.000$ ), a su vez, la fuerza promedio relativa tiene una correlación fuerte con la potencia promedio relativa ( $r = 0.909$ ;  $p < 0.000$ ) además que la fuerza máxima relativa ( $r = 0.828$ ;  $p < 0.000$ ) y la potencia máxima relativa ( $r = 0.969$ ;  $p < 0.000$ ) afectan de forma directa los resultados de la potencia promedio relativa. La fuerza máxima relativa ( $r = -0.662$ ;  $p < 0.001$ ) presenta

Variables   Variables	Hours of training/week	Decimal age (years)	Body mass	Body surface area	Arm span	Percentage of body fat
	Horas/semana de entrenamiento					
Maximum strength (kg) Fuerza máxima (kg)		0.451*	0.518*	0.509*	0.485*	0.428*
Average strength (kg) Fuerza promedio (kg)	0.722**		0.467*	0.460*	0.40*	
Fatigue index in pool (%) Índice fatiga en piscina (%)	-0.697					
Maximum power (w/kg) Potencia máxima (w/kg)	0.815**					
Average power (w/kg) Potencia promedio (w/kg)	0.859**					

\* The correlation is significant at 0.05 (bilateral). \*\* The correlation is significant at 0.01 (bilateral).  
\* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral). \*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

**Table 7.** Correlations of strength and power variables versus anthropometrics

**Tabla 7.** Correlaciones variables fuerza y potencia versus antropometría

medium correlation with the fatigue index, while average power and mean relative strength showed a strong correlation with the fatigue index reached in the pool ( $r = -0.814$ ;  $p < 0.000$  and  $r = -0.819$ ;  $p < 0.000$ , respectively) (Table 8).

una correlación media con el índice de fatiga, mientras que la potencia promedio y la fuerza promedio relativa presentan fuerte correlación con el índice de fatiga alcanzado dentro de la piscina ( $r = -0.814$ ;  $p < 0.000$  y  $r = -0.819$ ;  $p < 0.000$ , respectivamente). (Tabla 8)

The sexual maturation variables showed a strong correlation between mammary development and pubic hair ( $r = 0.821$ ;  $p < 0.000$ ). With age, an increase in the value of the mean correlation for mammary development ( $r = 0.698$ ;  $p < 0.001$ ) and pubic hair ( $f = 0.549$ ;  $p < 0.007$ ) was found. Table 9 shows the values of the correlation between the physical components and the degree of development reached. The intensity of the relationship is between medium and strong, and it is statistically significant.

Las variables de maduración sexual presentaron fuerte correlación entre el desarrollo mamario y el vello púbico ( $r = 0.821$ ;  $p < 0.000$ ). Con la edad, se notó incremento del valor de correlación media para desarrollo mamario ( $r = 0.698$ ;  $p < 0.001$ ) y ( $f = 0.549$ ;  $p < 0.007$ ) del vello púbico. La tabla 9 muestra los valores encontrados de la correlación entre los componentes del físico y el grado de desarrollo alcanzado. La intensidad de la relación se ubica entre media y fuerte, siendo estadísticamente significativas.

The most obvious indicators of development for girls is pubic hair, followed by shape of breasts.

Los indicadores más evidentes de desarrollo para las niñas lo representó el vello púbico seguido de la forma de las mamas.

Variables   Variables	Maximum strength	Mean strength	Fatigue index in pool	Maximum power
	Fuerza máxima (kg)	Fuerza promedio (kg)	Índice fatiga en piscina (%)	Potencia máxima (w/kg)
Maximum strength (kg)   Fuerza máxima (kg)		0.947**	-0.662	0.834**
Mean strength (kg)   Fuerza promedio (kg)				0.889**
Fatigue index in pool (%)   Índice fatiga en piscina (%)		-0.819		-0.52
Maximum power (w/kg)   Potencia máxima (w/kg)	0.828**	0.909	-0.814	0.969**

\* The correlation is significant at 0.05 (bilateral). \*\* The correlation is significant at 0.01 (bilateral).  
\* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral). \*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

**Table 8.** Correlations of strength and power variables

**Tabla 8.** Correlaciones variables fuerza y potencia

Spearman's Rho Rho de Spearman	Pubic hair Vello púbico	Decimal age Edad decimal (years   años)	Height Estatura (cm)	Body mass Masa corporal (kg)	Body surface area Superficie corporal (m <sup>2</sup> )	Arm span Envergadura (cm)	Mean strength Fuerza promedio (kg)
Genital	0.913*						
Genital	N 5						
Mammary	0.821**	0.719**	0.662**	0.617**	0.627**	0.494*	
Mamario	N 18	18	18	18	18	18	
Pubic hair		0.536**	0.497*	0.5	0.503	0.421*	0.415*
Vello púbico	N 23	23	23	23	23	23	23

\* The correlation is significant at 0.05 (bilateral). \*\* The correlation is significant at 0.01 (bilateral).  
\* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral). \*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

▲ **Table 9.** Correlations of sexual maturation variables

▲ **Tabla 9.** Correlaciones variables de maduración sexual

## Discussion of Results

The different metabolic capacities, just like the acquisition of skills, are affected by growth and development (Malina, 1994), so the factors that predict swimming performance can vary for young swimmers. These factors may be related to age, height, weight, arm span, fat and lean body mass and others. According to Wagner and Fernandes (2005), there are no differences between genders, except that height is slightly lower and the percentage of body fat is a bit higher in girls, while boys show slightly higher muscle mass.

Different authors suggest that the differences between genders begin to become more noticeable after the age of 10, when the pre-pubescent start on their road to puberty, which is marked by hormonal changes. This dovetails with the results found in the anthropometric variables, in which the boys with a mean age of  $12.4 \pm 0.55$  were larger than girls, although the girls had a higher percentage of fat.

A strong correlation has been reported between height and swimming performance in swimmers, which could be explained by the fact that greater height comes with longer upper members, which benefits efficient movement through the water (Latt et al., 2010). The values obtained for the population evaluated match these authors' suggestions; specifically, height and arm span showed a strong correlation, in which  $f = 9.28^{**}$ ;  $p > 0.000$ .

Likewise, body surface area plays a key role in the swimmer's movement through the water. The larger the body surface area, the greater the contact area with the water on which resistance or braking forces can be exerted. When moving through the water, there is friction with the body surface area,

## Discusión de los resultados

Las distintas capacidades metabólicas, como la adquisición de habilidades, se ven afectadas por el crecimiento y desarrollo (Malina, 1994), por lo tanto los factores que predicen el rendimiento en el nado pueden variar para los nadadores jóvenes. Estos factores pueden estar relacionados con la edad, estatura, peso, envergadura, masa grasa y magra, entre otras. Según Wagner y Fernandes (2005) no existen diferencias entre géneros, excepto que en las niñas la estatura es ligeramente menor y el porcentaje de grasa un poco mayor, y los niños presentan un poco más de masa muscular.

Diversos autores plantean que las diferencias entre géneros empiezan a hacerse más notorias a partir de los 10 años de edad, momento en el cual los pre púberes inicia su paso a la pubertad, marcado por un cambio hormonal. Esto coincide con los resultados obtenidos en las variables antropométricas, en la que los niños con edad promedio de  $12.4 \pm 0.55$  años superaron en tamaño a las niñas, excepto en el porcentaje de grasa.

En nadadores se ha reportado existe una fuerte correlación entre la estatura y el rendimiento de nado lo que podría explicarse por el hecho que la mayor estatura se acompaña de segmentos superiores de mayor longitud, lo que beneficia la eficacia en el desplazamiento (Latt et al., 2010). Los valores obtenidos por la población evaluada concuerda con lo planteado por los autores, la estatura y envergadura presentó una fuerte correlación donde  $f = 9.28^{**}$ ;  $p > 0.000$ .

De igual manera, durante el desplazamiento del nadador, la superficie corporal juega un papel importante. Mientras mayor es la superficie corporal, mayor será el área de contacto con el agua sobre la que se puede ejercer fuerzas de resistencia o frenado. En el momento de desplazarse se produce rozamiento del agua con la

a force that tends to lower the swimmer's speed (Gutiérrez, 1997). In boys, the mean value of body surface area is 1.41 m<sup>2</sup> while for girls it is 1.26 m<sup>2</sup>, so this may be an advantage for girls' swimming performance.

To understand the changes that occur during growth, it is essential to consider the evaluation of the different components in the maturation of each athlete, including the distribution of fatty tissue. The group of subjects studied showed a difference in adipose tissue, which was more obvious during puberty, as females acquire more adipose tissue during this period. The group of boys showed a higher percentage of body fat, even when they spent more time on weekly training.

The amount of adipose tissue and its distribution in subjects who train can be regarded as a sound indicator of the quality of the training in the different preparation cycles, since the intensity of the physical activity performed is crucial to changes in adipose tissue (Landers, Blanksby, & Smith, 2000).

In a Venezuelan population, Méndez (1996) states that while the development of the mammary glands in girls takes place between the ages of 7.7 and 12.3 and the development of pubic hair between the ages of 8.5 and 12.6, in males genital development takes place between the ages of 9.8 and 12.8 and the growth of pubic hair between ages 10 and 14.3. The group of youngsters studied showed sexual maturation between average and late, which could be disadvantageous for competitive performance. Forty-three percent showed late sexual development. Therefore, the values of the anthropometric variables, strength and power, as well as the competitive performance of these swimmers, may be under the performance of athletes who show the early maturation characteristic of this sport.

The anthropometric variables showed a strong correlation with the strength and power variables, which confirms that as body size increases, the values of strength and power do as well. Likewise, the strength produced inside the water is strongly correlated with the power produced in the laboratory; in consequence, any achievements outside the water will have a positive influence on swimming performance.

The amount of experience in swimming practice among girls and boys was similar ( $4.72 \pm 2.72$  and  $6.60 \pm 2.79$  years, respectively). However, the males spent more hours per week training than the females.

superficie corporal, constituyéndose como fuerza que tiende a reducir la velocidad del nadador (Gutiérrez, 1997). En el caso de los niños, el valor promedio de la superficie corporal fue de 1.41 m<sup>2</sup> mientras el de las niñas fue de 1.26 m<sup>2</sup>, para las niñas puede representar ventaja en su desempeño durante el nado.

Para comprender los cambios que ocurren durante el crecimiento es necesario considerar la evaluación de la maduración de cada atleta en sus diferentes componentes, entre ellos la distribución del tejido graso. El grupo de sujetos estudiados mostró diferencia del tejido adiposo, fue más evidente en los años puberales, durante esa etapa las mujeres acumulan más tejido adiposo. El grupo de niños, aun cuando dedican mayor frecuencia de entrenamiento semanal, presentaron mayor porcentaje de grasa corporal.

La adiposidad y su distribución en sujetos que entrenan, podría considerarse como un buen indicador de la calidad del entrenamiento en los distintos ciclos de la preparación, pues la intensidad de la actividad física realizada es determinante en los cambios provocados en el tejido adiposo (Landers, Blanksby, & Smith, 2000).

En población venezolana, Méndez (1996) señala que mientras que en las niñas, el desarrollo de las glándulas mamarias se produce entre los 7.7 y 12.3 años y el desarrollo del vello pubiano entre los 8.5 años y los 12.6 años, en el caso de los varones, el desarrollo genital se produce entre los 9.8 y 12.8 años y el crecimiento del vello púbico entre los 10 y los 14.3 años de edad. El grupo de jóvenes estudiados presentan una maduración sexual entre promedio y tardío lo que podría ser desventajoso para el desempeño competitivo. El 43% presentó un desarrollo sexual tardío. Por lo tanto, los valores de las variables antropométricas, fuerza y potencia, así como el desempeño competitivo de estos nadadores podrán estar por debajo del desempeño de atletas con maduración precoz característica de este deporte.

Las variables antropométricas presentaron fuerte correlación con las variables de fuerza y potencia, por lo tanto se confirma que a medida que el tamaño del cuerpo incrementa, los valores de fuerza y potencia también lo hacen. De igual manera, la fuerza producida dentro del agua tiene fuerte correlación con la potencia producida en el laboratorio, en consecuencia los avances que se logren en seco, tendrán incidencia favorable sobre el desempeño durante el nado.

La experiencia en la práctica de la natación, de niñas y niños fue similar ( $4.72 \pm 2.72$  y  $6.60 \pm 2.79$  años respectivamente). Sin embargo, los varones dedican más horas de entrenamiento durante la semana que las hembras.



Based on that, it was determined that there are statistically significant differences between the groups that train fewer hours per week (1.5 hours) and the two remaining groups (6 and 12 hours). The values of strength and muscle power are affected by the amount of time spent training each week.

## Conclusions and Recommendations

The anthropometric differences, strength and muscle power are more obvious after the age of 10: the body size impacts performance on both general and specific tests. The larger the body, the higher the level of strength and power; the higher the weekly frequency of training, the better the swimmer's performance both inside and outside the pool; planned, systematic training guarantees effective changes in the swimmers' expression of strength and muscle power.

The use of Tanner's self-evaluation questionnaire (1975) is recommended, which confirms the correspondence between biological age and sexual maturation, along with periodic monitoring of the period of individual growth and development through anthropometric and performance evaluations. The length of the training should be adjusted as the age goes up in line with the principle of the individualisation of loads.

## Conflict of Interests

None.

## References | Referencias

- Arellano, R. (2004). *Aplicación de la evaluación biomecánica en el entrenamiento de nadadores*. Seminario Europeo de entrenadores de natación. Madrid.
- Arias, F. (2004). *El proyecto de investigación científica. Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, (4.ª ed.).
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate Anaerobic Test. An update on Methodology, reliability and validity. *Sport Medicine*, 4(6), 381-394. doi:10.2165/00007256-198704060-00001
- Berger, M. A., Hollander, A. P., & De Groot, G. (1997). Technique and energy losses in front crawl swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(11), 1491-1498. doi:10.1097/00005768-199711000-00016
- Cancela, J., & Ramírez, E. (2003). La formación de jóvenes nadadores. Evolución de la composición corporal y de los niveles de fuerza de desplazamiento en nadadores/as brasileños/as de edad comprendida entre los 13 y 23 años. *Lecturas, Educación Física y Deportes, Revista Digital*, año 9, n.º 65. Recuperado de <http://www.efdeportes.com/efd65/nadador.htm>

A partir de ello se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos que entrenan menos horas a la semana (1.5 horas) con respecto a los dos grupos restantes (6 y 12 horas). Los valores de fuerza y potencia muscular se ven afectados por el tiempo de entrenamiento durante la semana.

## Conclusiones y recomendaciones

Las diferencias antropométricas, fuerza y potencia muscular se hacen más evidentes a partir de los 10 años de edad: las dimensiones corporales impactan sobre el desempeño de las pruebas general y específica. A mayor tamaño corporal, se produce mayor nivel de fuerza y potencia; la mayor frecuencia semanal de entrenamiento semanal influye sobre el rendimiento del nadador dentro y fuera de la piscina; el entrenamiento planificado de forma sistematizada garantiza cambios efectivos en la expresión de la fuerza y potencia muscular de los nadadores.

Se recomienda el uso del cuestionario de autoevaluación de Tanner (1975), que confirme la correspondencia entre la edad biológica y la maduración sexual, y monitorizar el periodo de crecimiento y desarrollo, mediante la evaluación antropométrica y de rendimiento, individual de manera periódica. Se deben ajustar los períodos de duración de las horas de entrenamiento, a medida que aumentan las edades, de acuerdo con el principio de individualización de las cargas.

## Conflicto de intereses

Ninguno.

- Dotan, R., & Bar-Or, O. (1983). Load optimization for the Wingate Anaerobic Test. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 51(3), 409-417. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6685039>
- Gutiérrez, M. (1997). Bases biomecánicas de la natación. *Revista Biomecánica*, V(8), 45-50. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/6636>
- Haycock, G. B., Schwartz, G. J., & Wisolky, D. H. (1978). Geometric Method for measuring Body Surface Area. A height-weight formula validated in infants, children and adult. *The Journal of Pediatrics*, 93(1), 62-66. doi:10.1016/S0022-3476(78)80601-5
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- ISAK. (2001). *International Standards For Anthropometric Assessment*. Glasgow: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

- Landers, G., Blanksby, B., Ackland, T., & Smith, D. (2000). Kinanthropometric differences between world championship senior and junior elite triathletes. En P. Raeburn (Ed.), *The Journal of Triathlon Science* (Noosa, Queensland ed., Vol. Single, pp. 74-87). Rockhampton, Queensland: Central Queensland University.
- Landers, G., Blanksby, B., Ackland, T., & Smith, D. (2000). Kinanthropometric differences between World Championship senior and junior elite triathletes. *The Journal of Triathlon Science*, 74-87. Recuperado de <http://www.ausport.gov.au/fulltext/1999/triathlon/landers.blanksby.ackland.smith.pdf>
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., ... Jürimäe, T. (2010). Indicadores fisiológicos, biomecánicos y antropométricos del rendimiento del sprint de natación en nadadores adolescentes. *Revista entrenamiento deportivo Grupo sobre entrenamiento*. Recuperado de <http://www.natacionmexico.com/portal/Articulos/Cientificos/IndicadoresFisiologicosBiomecanicosyAntropometricosdelRendimientodelEsprintdeNatacionenNadadoresAdolescentes.jsp>
- Llana, B. (2002). *El análisis biomecánico en natación*. Recuperado de [http://www.notinat.com.es/docs/analisis\\_biomecanico\\_en\\_natacion.pdf](http://www.notinat.com.es/docs/analisis_biomecanico_en_natacion.pdf)
- Llana, B., Tella, J., Benavent, G., & Brizuela, G. (2002). Analysis of tethered swimming force, tethered swimming power, swimming speed and antropometrical characteristics of young swimmer in crawl stroke. 20 International Symposium on Biomechanics in Sports. Recuperado de <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/619/544>
- Llana, B., Tella, V., & Brizuela, G. (1999). La fuerza propulsiva durante el nado. Estado actual de conocimientos. *Revista digital Colección ICD: investigación en ciencias del deporte* (21), 69-76. Recuperado de <http://revistasdigitales.csd.gob.es/index.php/ICD/article/view/123>
- Malina, R. (1994). Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22, 389-433.
- Méndez, H. (1996). *Estudio nacional de crecimiento y desarrollo humano de la República de Venezuela*. Caracas, Venezuela: Ministerio de la Secretaría. Fundacredesa.
- Morouço, P. (2009). Force production in tethered swimming and its relationship with performance. A new approach to evaluate the anaerobic capacity of swimmers? Recuperado de [http://www.researchgate.net/publication/40005779\\_Force\\_production\\_in\\_tethered\\_swimming\\_and\\_its\\_relationship\\_with\\_performance\\_A\\_new\\_approach\\_to\\_evaluate\\_the\\_anaerobic\\_capacity\\_of\\_swimmers](http://www.researchgate.net/publication/40005779_Force_production_in_tethered_swimming_and_its_relationship_with_performance_A_new_approach_to_evaluate_the_anaerobic_capacity_of_swimmers)
- Newton, R. (2008). Entrenamiento seco para nadador velocista. *Revista Alto Rendimiento*, 7(42), 7-20. Recuperado de <http://www.altorendimiento.com/revista-alto-rendimiento/42-capacidad-de-salto-triatlon/1745-entrenamiento-seco-para-nadador-velocista>
- Pérez, B. (1997). Efectos del entrenamiento sobre el crecimiento y desarrollo en niños y adolescentes. *Revista digital Tribuna del Investigador*, 4(2), 102-111. Recuperado de <http://www.tribunadelinvestigador.com/ediciones/1997/2/art-4/>
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Skillman, R. J., Van Loan, M. D., & Bembien, D. A. (1988). Skin-fold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60(5), 709-23. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/322496512>
- Tanner J. (1975). The measurement of maturity. Transactions. *European Orthodontic Society*, 45-60.
- Tolga, A., & Yusuf, B. (2002). Experimental and analytical investigation of the mechanics of crawl stroke swimming. *Mechanics research communications*, 31(2), 243-261. doi:10.1016/j.mechres-com.2003.07.001
- Toussaint H., & Beek P. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Revista Sports Medicine*, 13(1), 8-24. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1553457>
- Wagner, R., & Fernandes J. (2005). Estudio de la relación entre el somatotipo y la madurez sexual con la cualidad física fuerza en niños y jóvenes. *Fitness & Performance Journal*. doi:10.3900/fpj.4.6.332.s
- Zatsiorski, V. M. (1989). *Metrología deportiva*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.