

# Aprendizaje diferencial aplicado al saque de voleibol en deportistas noveles

*Differential Learning Applied to Volleyball Serves in Novice Athletes*

**SANDRA RUTH REYNOSO**

**RAFAEL SABIDO SOLANA**

**RAÚL REINA VAÍLLO**

**FRANCISCO JAVIER MORENO HERNÁNDEZ**

Centro de Investigación del Deporte. Laboratorio de Aprendizaje y Control Motor  
Universidad Miguel Hernández (España)

Correspondencia con autora

Sandra Ruth Reynoso  
[sandrareynoso@hotmail.com](mailto:sandrareynoso@hotmail.com)

## Resumen

El aprendizaje diferencial se ha mostrado útil para la mejora de determinadas habilidades motrices. Los resultados en poblaciones noveles contrastan con las recomendaciones basadas en la práctica en condiciones de variabilidad o interferencia contextual que cuestionan su utilidad en el aprendizaje de nuevas habilidades. En el presente trabajo se comparan las modificaciones de la velocidad y la precisión del saque en voleibol al aplicar las metodologías de entrenamiento por consistencia y de aprendizaje diferencial. Una muestra de 33 participantes sin experiencia en voleibol se dividió en tres grupos. Dos grupos llevaron a cabo tres semanas de entrenamiento, mientras que el tercero conformó el de control. Los participantes fueron evaluados antes y en dos ocasiones posteriores. En cada test se registró la precisión y la velocidad de los saques. De los resultados se destaca la mejora tanto en precisión como en velocidad de los grupos de práctica. Además, el grupo de entrenamiento diferencial presenta una mejoría en la consistencia de la precisión, disminuyendo el error variable de sus ensayos. La principal conclusión del estudio es que la metodología del entrenamiento diferencial puede ser una metodología muy eficaz para el aprendizaje del saque en voleibol en poblaciones noveles.

**Palabras clave:** aprendizaje diferencial, aprendizaje motor, variabilidad, voleibol, saque

## Abstract

*Differential Learning Applied to Volleyball Serves in Novice Athletes*

*Differential learning has proved useful for improving certain motor skills. The results with novice populations contrast with recommendations based on practice under conditions of variability or contextual interference which call into question its usefulness in learning new skills. In this paper we compare the changes in the speed and accuracy of the serve in volleyball when implementing training methodologies for consistency and differential learning. A sample of 33 participants with no experience in volleyball was divided into three groups. Two groups carried out three weeks of training, while the third formed the control group. Participants were assessed beforehand and on two subsequent occasions. In each test the accuracy and speed of service were recorded. The results highlight the improvement in both accuracy and speed of the practice groups. Furthermore, the differential training group presented improved consistency in accuracy, decreasing the variable error of their attempts. The main conclusion of the study is that the methodology of differential training can be a very effective method for learning the serve in volleyball with novice populations*

**Keywords:** differential learning, motor learning, variability, volleyball, serve

## Introducción

Tanto el aprendizaje como el entrenamiento de la técnica deportiva, se han basado tradicionalmente en la repetición de un gesto modelo para alcanzar el mejor rendimiento (Gentile, 1972; Schöllhorn, Michel-

brink, Welminski, & Davids, 2009). Este modelo de entrenamiento de la técnica, que se aplica predominantemente para la mejora de las acciones individuales, porque luego se repiten “aparentemente” de la misma manera en la competición, lo mencionaremos

en nuestro estudio como entrenamiento en consistencia (EC), también llamado *entrenamiento tradicional o clásico* en otros artículos. No obstante, han surgido nuevas perspectivas con enfoques diferentes para optimizar el rendimiento en el entrenamiento técnico.

Las aproximaciones de la teoría general de sistemas complejos aplicada al aprendizaje motor están siendo extrapoladas al entrenamiento deportivo como alternativa para la mejora de gestos técnicos (Torrents, Balagué, Perl, & Schöllhorn, 2007). Dichas aproximaciones exponen dos diferencias importantes con las anteriores metodologías de entrenamiento de la técnica: (i) resaltan la individualidad del movimiento, alejándose de modelos teóricos “ideales”, y (ii) conciben las desviaciones del movimiento como un camino hacia la adaptación técnica y no como una interferencia negativa (Schöllhorn, Mayer-Kress, Newell, & Michelbrink, 2009).

Numerosos estudios biomecánicos han revelado que en la repetición de un gesto técnico, por parte de un mismo deportista, se pueden comprobar niveles significativos de variabilidad en la ejecución (Bauer & Schöllhorn, 1997; Sforza et al., 2002).

Basándose en estas nuevas perspectivas, la variabilidad del movimiento, lejos de ser considerado un mero error, se considera necesaria para las adaptaciones motrices del deportista, previniendo una pérdida de complejidad del sistema (Button, Davids, & Schöllhorn, 2006). Así, las desviaciones de un movimiento “modelo” o “ideal” se interpretan como fluctuaciones, en la organización del movimiento, relevantes para los procesos de adaptación motriz (Riley & Turvey, 2002; Zanohe & Kelso, 1992).

De la influencia de esas fluctuaciones en la adaptación del sistema surgen las bases del aprendizaje diferencial (DL) (Schöner, Haken, & Kelso 1986). El DL busca alcanzar el mejor rendimiento de un movimiento técnico a través de la modificación constante de las acciones motrices que el deportista realiza, en respuesta a una serie de tareas no habituales, y que le conducen a buscar la respuesta adecuada para cada una de las situaciones planteadas (Schöllhorn, Beckmann, Janssen, & Drepper, 2010). Una de las bases del DL es crear diferencias entre movimientos consecutivos, evitando la repetición del mismo movimiento, y aplicando el rol de las fluctuaciones durante el proceso de aprendizaje (Schöllhorn, Mayer-Kress, et al., 2009).

En la bibliografía, a la hora de definir el DL, se plantea la cuestión de su diferencia con la metodología de la variabilidad en la práctica (Schmidt, 1975). La principal distinción radica en que mientras la práctica variable incide en variables claves, con la intención de dar consistencia a las invariables de un programa motor generalizado (Schmidt & Young, 1987), el DL implica ejercicios que desarrollan variaciones de las propias características invariantes del movimiento. Así, bajo el prisma del DL, las características invariantes de un programa motor también son modificadas mediante la variación de las articulaciones implicadas en el movimiento, la velocidad o aceleración de éste o el cambio en la estructura temporal (Schöllhorn, Beckmann, Janssen, et al., 2010). A estas variaciones se les deben añadir las posibles modificaciones del material o del entorno, que ya se contemplaba en el entrenamiento en variabilidad, unidas al concepto de no repetición como ya se ha comentado anteriormente (Schöllhorn, Beckmann, & Davids, 2010).

El DL ha mostrado sus beneficios en el rendimiento de tareas deportivas como el lanzamiento en fútbol (Trokel & Schöllhorn, 2003), el paso de vallas (Schöllhorn, Beckmann, Janssen, et al., 2010) o la salida en patinaje de velocidad (Savelsbergh, Kamper, Rabijs, Koning, & Schöllhorn, 2010). Todos estos trabajos obtienen un mayor rendimiento deportivo bajo las premisas del DL que aplicando, lo que los autores han denominado, *entrenamiento tradicional o clásico*. Asimismo, su utilidad también ha sido señalada tanto en poblaciones expertas como en noveles (Savelsbergh et al., 2010). Esta aplicación del DL en etapas iniciales estaría en contradicción con la idea de aplicar prácticas de variabilidad o interferencia contextual en poblaciones inexpertas (Magill & Hall, 1990; Hebert, Landin, & Solmon, 1996).

Römer, Schöllhorn, Jaitner, & Preiss (2003), compararon el DL con un entrenamiento tradicional durante cinco semanas para la mejora de la recepción en voleibol. Los jugadores mostraron mejoras significativas de la precisión en las recepciones, en ambos grupos. No obstante, observaron que la mejora en la precisión era mayor en el grupo de DL respecto al grupo de entrenamiento tradicional. Spratte, Janssen y Schöllhorn (2007) compararon el DL frente a una metodología tradicional en el entrenamiento de salto vertical en jugadores de voleibol. Los resultados reflejaron un cambio en la técnica intraindividual del grupo de DL, permitiendo optimizar el rendimiento en la tarea de salto con paso de aproximación, previo a la ejecución de un remate.

	DL	EC	GC
N	10	11	12
Edad	21,00 ± 0,94	22,00 ± 2,10	22,00 ± 2,00
Altura (cm)	172,00 ± 8,23	172,45 ± 7,98	173,33 ± 6,37
Peso (kg)	65,50 ± 9,87	68,00 ± 9,56	69,00 ± 8,70

DL = Aprendizaje diferencial; EC = Entrenamiento en consistencia; GC = Grupo control.

**Tabla 1.** Descriptivos de la muestra por grupo

Estas tareas mencionadas, como el salto o la recepción, están muy influenciadas por acciones previas que condicionan la ejecución del jugador, por lo que se puede deducir que el DL mejoraría la capacidad de adaptación del deportista ante situaciones cambiantes que se le puedan plantear. Sin embargo en la acción técnica del saque, que aplicaremos en el presente estudio, donde el jugador selecciona y controla las variables de ejecución a realizar, parece que el trabajo de aprendizaje tradicional basado en la repetición para mejorar un gesto técnico sigue siendo el más utilizado.

El objetivo de este estudio es comparar las modificaciones en la velocidad y precisión del saque de mano alta en apoyo en voleibol que tienen lugar al aplicar las metodologías de entrenamiento tradicional y de DL. De esta manera esperamos que el grupo de DL aumente el rendimiento de la tarea en participantes sin experiencia previa y en una habilidad cerrada como es el saque de voleibol.

## Método

### Muestra

En el estudio participaron 33 estudiantes de forma voluntaria (11 mujeres y 21 hombres). Todos eran diestros, no habían entrenado ni competido previamente en el deporte del voleibol.

Los participantes fueron distribuidos en tres grupos tras la aplicación del test inicial, clasificados en base a las variables género, velocidad y precisión de los servicios. Una vez distribuidos los tres grupos, se asignaron de manera aleatoria los diferentes niveles de aplicación de la variable independiente: grupo Aprendizaje Diferencial (DL), grupo Entrenamiento en Consistencia (EC) y grupo Control (GC) quedando constituidos según se detalla en la *tabla 1*.

Antes de iniciar el estudio, los participantes fueron informados del procedimiento y los tiempos que se emplearían en este estudio, dando su consentimiento expreso de participación. Todas las intervenciones fueron avaladas

por el comité ético de la institución responsable del estudio.

### Instrumental

En la medición de la velocidad de la pelota en los saques se utilizó un radar SR3600. Para grabar el punto de caída del balón, en relación con la diana, donde los participantes debían dirigir su saque, se utilizó una cámara de video digital HD Sony Handycam AVCHD 6.1Mp. Esta cámara se ubicó a 11 metros sobre la pista, de manera que filmara una perspectiva cenital de la diana. Las grabaciones fueron digitalizadas mediante el *software* Kinovea 0.8.15, y se calcularon las coordenadas reales de cada lugar de caída del balón a partir de un sistema de referencia colocado sobre la pista. En las sesiones de entrenamiento, se utilizó un ordenador para mostrar la secuencia de los ejercicios y para mantener los mismos tiempos de descanso, entre ensayo y series, en los dos grupos experimentales.

Se emplearon balones Mikasa MG V-230, de 230 g, homologados por la Federación Internacional de Voleibol (FIVB).

### VARIABLES

La variable independiente fue el método de entrenamiento, cuyo efecto se estudió entre los test (inicial, final y de retención) y entre los dos grupos experimentales y el grupo de control. Las variables dependientes fueron la velocidad, medida en km/h, y la precisión, operativizada en los valores del módulo del error, error absoluto del eje anteroposterior (eje Y), error absoluto del eje lateral (eje X), y en error variable (desviación típica del error, tanto en valor absoluto como por ejes), respecto al centro de la diana.

### Procedimiento

El tratamiento constó de un test inicial, 11 sesiones de entrenamiento (divididas en tres semanas), un test

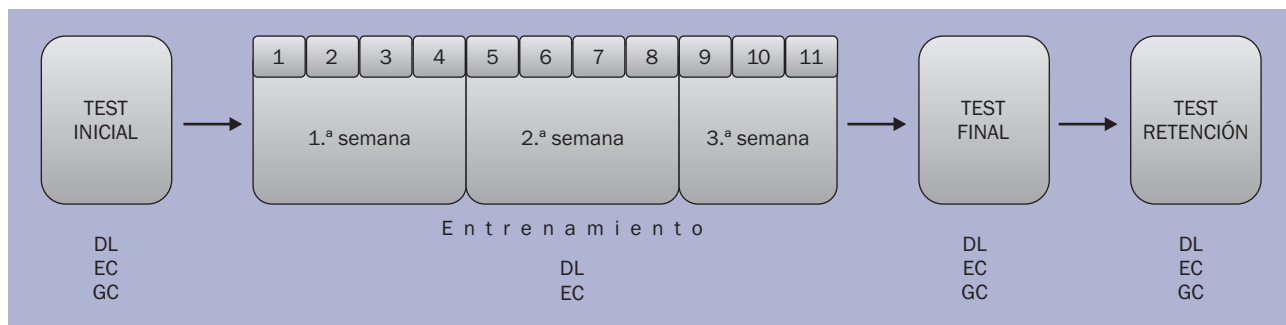


Figura 1. Cronograma del estudio

final el día después de la fase de aprendizaje, y un test de retención tres días después del tratamiento (fig. 1).

Tres días antes del test inicial se mantuvo una reunión con los participantes y se les proporcionó información audiovisual sobre la ejecución de la técnica correcta del saque, según el Coach Manual I de la FIVB (Federación Internacional de Voleibol, 2011). Previamente al test inicial, el ejecutante comenzaba una rutina de calentamiento, guiada por el equipo de investigación, que finalizaba posicionando al participante en la zona de saque (fig. 2) para que realizara dos saques como acción final del calentamiento. El test consistía en cuatro series de ocho saques en dirección a una diana colocada en el

suelo del otro campo (zona 1 del campo, próxima a la línea lateral, ver fig. 2). La trayectoria del balón debía superar la altura de la red pero no alejarse excesivamente de esta, por lo que se colocó una cinta un metro por encima de la red y se les indicó a los participantes que trataran de pasar el balón entre la red y la cinta superior. Se marcaron pausas de cinco segundos entre saques, y de 60 segundos entre series.

En las sesiones de entrenamiento se ejecutaban tres series de 15 ejercicios de saque, con los mismos intervalos de pausa entre las series que los tests, dirigiendo el balón al campo contrario por el espacio red-cinta y hacia el punto de caída en la diana.

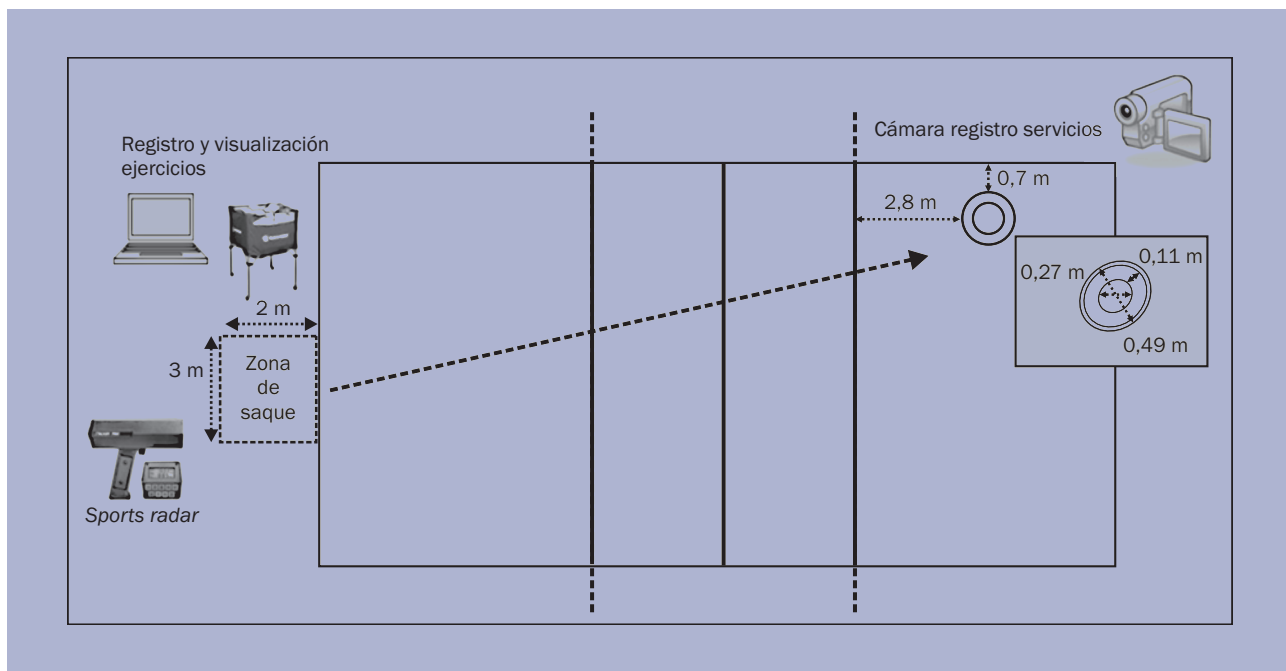


Figura 2. Medidas en la zona de registro (pista reglamentaria) e instrumentos utilizados

El grupo de EC realizaba sus saques bajo la premisa de repetir el gesto técnico, que se le había presentado al inicio de la investigación, sin recibir instrucciones correctivas. El grupo de DL realizó sesiones de entrenamiento en las que se iban alternando continuamente ejecuciones diferentes de golpes del balón por sobre la cabeza. A los participantes del grupo DL se le guió la secuencia de ejercicios mediante un ordenador ubicado junto a la posición de saque, de forma que nunca repitiera dos golpes iguales seguidos. En las primeras dos sesiones se apoyó la información audiovisual con información verbal cuando los participantes lo solicitaban. El GC no realizó entrenamiento alguno.

### Análisis estadístico

Los datos del error y de la velocidad fueron introducidos en una base de datos creada con el *software* SPSS 18. Se llevó a cabo un estudio de datos atípicos (*outliers*) y una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para conocer la distribución de los datos, excluyendo del

análisis inferencial los valores obtenidos por cinco participantes (uno del GC, dos del EC y dos del DL). Verificada la distribución normal, el efecto del entrenamiento se analizó mediante un ANOVA de dos vías de medidas repetidas, introduciendo como factor intersujeto el grupo y solicitando una prueba *post-hoc* de Bonferroni para analizar las diferencias por pares. Se determinaron tres niveles de medida intragrupo: inicial, final y retención. Para todos los análisis se estableció un nivel de significación de  $p < ,05$ .

### Resultados

Comentaremos en primer lugar que el análisis ANOVA mostró que no existían diferencias significativas entre los grupos en los tests iniciales para las variables de error y de velocidad.

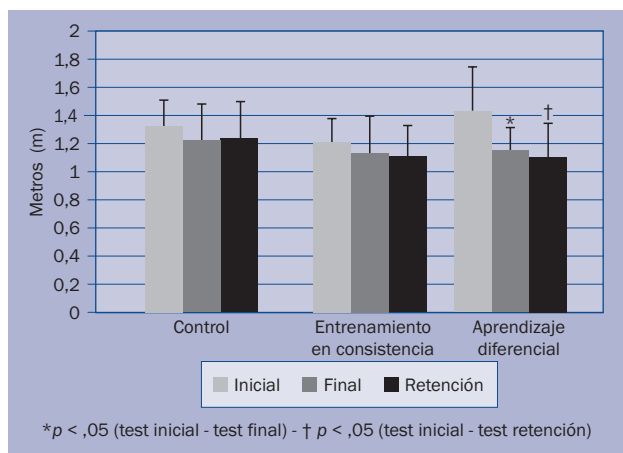
En la *tabla 2* se pueden observar los estadísticos descriptivos para los grupos experimentales en los tres tests.

La variable módulo del error absoluto no mostró diferencias significativas para ninguno de los grupos al

	Test inicial			Test final			Test retención		
	M	±	SD	M	±	SD	M	±	SD
<i>Grupo control</i>									
Módulo error absoluto	2,92	±	0,51	2,57	±	0,40	2,60	±	0,48
Error absoluto X	1,17	±	0,30	1,24	±	0,23	1,22	±	0,31
Error absoluto Y	2,43	±	0,63	1,97	±	0,57*	2,03	±	0,69
Módulo error variable	1,34	±	0,19	1,24	±	0,26	1,25	±	0,27
Error variable X	1,34	±	0,31	1,53	±	0,33	1,41	±	0,38
Error variable Y	1,60	±	0,28	1,57	±	0,41	1,57	±	0,35
Velocidad media	43,68	±	3,62	46,62	±	4,40	46,54	±	5,03
<i>Grupo entrenamiento en consistencia</i>									
Módulo error absoluto	2,80	±	0,70	2,25	±	0,64	2,41	±	0,73
Error absoluto X	1,47	±	0,29	1,39	±	0,34	1,52	±	0,56
Error absoluto Y	2,08	±	0,81	1,49	±	0,59**	1,57	±	0,55††
Módulo error variable	1,23	±	0,17	1,15	±	0,26	1,12	±	0,22
Error variable X	1,51	±	0,36	1,50	±	0,28	1,56	±	0,42
Error variable Y	1,48	±	0,16	1,43	±	0,26	1,35	±	0,25
Velocidad media	45,77	±	5,48	50,21	±	5,28**	49,41	±	4,78†
<i>Grupo de aprendizaje diferencial</i>									
Módulo error absoluto	3,09	±	0,79	2,44	±	0,80	2,46	±	0,84
Error absoluto X	1,66	±	0,38	1,45	±	0,27	1,45	±	0,35
Error absoluto Y	2,21	±	0,94	1,63	±	0,90**	1,61	±	0,76††
Módulo error variable	1,45	±	0,32	1,17	±	0,16*	1,12	±	0,25†
Error variable X	1,76	±	0,27	1,53	±	0,26	1,52	±	0,28
Error variable Y	1,88	±	0,51	1,43	±	0,26*	1,57	±	0,24
Velocidad media	45,73	±	6,80	48,96	±	5,00*	48,55	±	4,38

\*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,01$  (test inicial - test final); †  $p < ,05$ ; ††:  $p < ,01$  (test inicial - test retención)

◀ **Tabla 2.**  
Comparación de estadísticos descriptivos entre grupos y significación entre las fases de evaluación



**Figura 3.** Diferencias intragrupo del módulo del error variable

analizar la evolución entre las diferentes situaciones. Sin embargo, en la evolución de la precisión en el eje anteroposterior (error absoluto en Y) sí se encuentran mejoras estadísticamente significativas entre el test inicial y el test final en el grupo DL ( $F = 11,94$ ;  $p < ,01$ ;  $\eta p2 = 0,63$ ), en el EC ( $F = 20,95$ ;  $p < ,01$ ;  $\eta p2 = 0,72$ ) y en el GC ( $F = 15,45$ ;  $p < ,05$ ;  $\eta p2 = 0,72$ ). En cambio, solo los grupos DL ( $F = 18,25$ ;  $p < ,01$ ;  $\eta p2 = 0,72$ ) y EC ( $F = 10,30$ ;  $p < ,01$ ;  $\eta p2 = 0,63$ ), muestran diferencias entre el test inicial y el test de retención.

La variable módulo del error variable (fig. 3) sí presentó diferencias entre los valores iniciales y los del test final ( $F = 5,11$ ;  $p < ,05$ ;  $\eta p2 = 0,42$ ) y de retención ( $F = 3,40$ ;  $p < ,05$ ;  $\eta p2 = 0,33$ ) para el grupo DL.

Respecto al error variable del eje anteroposterior se han encontrado diferencias significativas solo en el grupo de DL ( $F = 4,43$ ;  $p < ,05$ ;  $\eta p2 = 0,39$ ) entre las situaciones del test inicial y final.

El análisis del error en el eje lateral no ha presentado diferencias significativas por efecto del entrenamiento en ninguno de los grupos.

En relación con la evolución de la velocidad media de golpeo del balón, se han obtenido diferencias significativas para el grupo de DL entre el test inicial y el final ( $F = 6,88$ ;  $p < ,05$ ;  $\eta p2 = 0,50$ ), y para el grupo de EC en las comparaciones test inicial-test final ( $F = 9,94$ ;  $p < ,01$ ;  $\eta p2 = 0,55$ ) y test inicial-test de retención ( $F = 6,83$ ;  $p < ,05$ ;  $\eta p2 = 0,46$ ).

## Discusión

Los resultados del presente estudio, a semejanza de otros trabajos de entrenamiento de la técnica (Schöllhorn

et al., 2006; Schöllhorn, Michelbrink, et al., 2009), presentan tendencias a mejorar el rendimiento en el gesto del saque de mano alta en apoyo en voleibol, tanto en el grupo EC como en el DL. Sin embargo, esas tendencias observadas en nuestro estudio no son estadísticamente significativas como las obtenidas en anteriores trabajos de Trockel y Schöllhorn (2003) o de Römer et al. (2003).

El análisis de los resultados por ejes muestra diferencias significativas para todos los grupos en el eje anteroposterior, por lo que se deduce que en la tarea propuesta, las principales modificaciones se obtienen en la profundidad de los saques realizados. Esa mejoría no se observa en el eje lateral, siendo los ajustes en anchura menos sensibles al proceso de aprendizaje planteado.

La digitalización de ensayos respecto a un objetivo ha sido una herramienta empleada en otros trabajos de DL (Beckmann, Winkel, & Schöllhorn, 2008), pero en ellos solo se ha considerado analizar la distancia del ensayo respecto al objetivo. Creemos que el análisis por ejes es un aspecto relevante para determinar aspectos claves del rendimiento, así como de dónde proceden y se dan las modificaciones durante un proceso de aprendizaje o entrenamiento.

Los resultados obtenidos los hallamos en sintonía con otros trabajos de la bibliografía como el de Römer et al. (2003), quienes aplicaron un protocolo basado en DL para mejorar la recepción del saque en voleibol. En dicho estudio, tanto el grupo de DL como el grupo que ellos denominaron de “entrenamiento clásico”, mejoraron estadísticamente su precisión tras el tratamiento, y además obtuvieron diferencias entre grupos al terminar la intervención, siendo mejor la precisión del grupo DL respecto del otro. Estas diferencias entre grupos no aparecen en nuestro tratamiento, quizás debido a que el grupo de “entrenamiento clásico” del trabajo de Römer et al. (2003) hiciera una progresión de ejercicios técnicos en lugar de entrenar directamente la habilidad en sí. Probablemente, esto pudo hacer que la evolución de dicho grupo fuese menor que la que nosotros hemos conseguido bajo la metodología de aprendizaje en consistencia.

En cuanto a la consistencia del error, medido a través del error variable, el grupo de DL ha obtenido una modificación estadísticamente significativa, lo que indica que esta metodología favoreció que los participantes de este grupo redujeran la dispersión en la precisión de sus servicios, aumentando la consistencia del resultado. Fialho, Benda y Ugrinowitsch (2006) encontraron que,

ni el entrenamiento en bloque, ni el basado en interferencia contextual, presentaban una tendencia a reducir la desviación típica tras un tratamiento de cuatro sesiones. Esto contrasta con nuestros resultados, aunque hay que tener en cuenta que hay una importante diferencia entre la duración del tratamientos de Fialho et al. (2006) y el presente trabajo, y también, que la muestra de dicho estudio era experta, mientras que los participantes de nuestra investigación eran noveles en la habilidad de aprendizaje requerida. De esta forma, podemos sugerir que el DL, aplicado en el aprendizaje del saque en voleibol, puede ser de utilidad en las primeras etapas de adquisición de esta habilidad.

No obstante, esta idea discrepa con las conclusiones de autores como Wulf y Shea (2002), quienes entienden que herramientas como la interferencia contextual o la variabilidad en la práctica se deberían desestimar en el proceso de aprendizaje motor, debido a la alta variabilidad que muestran por sí los sujetos más inexpertos. Así, nuestros resultados estarían más acordes con las sugerencias de Schöllhorn, Mayer-Kress, et al. (2009), quienes afirman que existe un valor óptimo de perturbación en el proceso de aprendizaje que permite mejorar el nivel de adquisición del practicante. Asimismo, la aplicación del DL que hemos llevado a cabo en nuestro estudio, podría ser una carga adecuada de variabilidad para mejorar el nivel en participantes sin experiencia.

Los beneficios de ambas metodologías de aprendizaje no sólo se han observado en los parámetros de precisión, sino también en los de la velocidad del saque. Mientras que la precisión ha sido una variable ampliamente estudiada en los trabajos de DL (Römer et al., 2003; Trockel & Schöllhorn, 2003), la valoración de la velocidad está menos referenciada. El trabajo de Wagner y Müller (2008) indica una mejora de este parámetro al aplicar la metodología del DL, aunque debemos señalar que en ese trabajo sólo se intervino sobre un participante. Así, en modalidades donde la precisión y la velocidad del móvil son criterios de rendimiento, tanto el EC como el DL permitirían mejorar la velocidad de lanzamiento.

## Conclusiones

La principal conclusión de nuestro estudio es la utilidad del DL en la mejora del rendimiento en la precisión y velocidad del saque de mano alta en apoyo en voleibol. Dicha mejoría, que es similar en parámetros

de error absoluto a la que hemos encontrado en el grupo EC, es mayor, sin embargo, en el *error variable*, medida que se redujo de manera estadísticamente significativa en el grupo de DL y que hemos constatado que es poco referenciada en trabajos previos.

Basándonos en todo lo expuesto, podemos recomendar aplicar en noveles la utilización de la metodología de DL para mejorar la velocidad y precisión (especialmente su consistencia) del saque de voleibol durante el proceso de su aprendizaje.

## Agradecimientos

Este estudio ha sido posible gracias a la financiación del proyecto DEP 2010-19420, subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España

## Referencias

- Bauer, H. U., & Schöllhorn, W. (1997). Self-organizing maps for the analysis of complex movement patterns. *Neural Processing Letter*, 5(3), 193-199. doi:10.1023/A:1009646811510
- Beckmann, H., Winkel, C., & Schöllhorn, W. I. (2010). Optimal range of variation in hockey technique training. *International Journal of Sports Psychology*, 41, 5-10.
- Button, C., Davids, K., & Schöllhorn, W. (2006). Coordination profiling of movement systems. En K. Davids, S. Bennett & K. Newell (Eds.), *Movement System Variability* (pp. 133-152). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fialho, J. V., Benda, R. N., & Ugrinowitsch, H. (2006). The contextual interference effect in a serve skill acquisition with experienced volleyball players. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 65-78.
- Federación Internacional de Voleibol (FIVB) (2011). *Coaches Manual I*. Suiza: Fédération Internationale de Volleyball. Recuperado de <http://www.fivb.org/EN/Technical-Coach/Document/CoachManual/English/>
- Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17(1), 3-23. doi:10.1080/00336297.1972.10519717
- Hebert, E. P., Landin, D., & Solmon, M. A. (1996). Practice schedule effects on the performance and learning of low and high skilled studies: an applied study. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67(1), 52-58. doi:10.1080/02701367.1996.10607925
- Magill, R. A., & Hall, K. G. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9(3-5), 241-289. doi:10.1016/0167-9457(90)90005-X
- Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2002). Variability and determinism in motor behavior. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 99-125. doi:10.1080/00222890209601934
- Römer, J., Schöllhorn, W. I., Jaitner, T., & Preiss, R. (2003). Differenzielles lernen bei der Aufschlagannahme im Volleyball. En J. Krug & T. Müller (Eds.), *Messplätze, Messplatztraining, Motorisches Lernen* (pp. 129-133). Sankt Augustin: Academia Verlag.
- Savelsbergh, G. J. P., Kamper, W. J., Rabius, J., Koning, J. J., & Schöllhorn, W. I. (2010). A new method to learn to start in speed skating: A differential learning approach. *International Journal of Sport Psychology*, 41(4), 415-427.

- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82(4), 225-260. doi:10.1037/h0076770
- Schmidt, R. A., & Young, D. E. (1987). Transfer of movement control in motor learning. En S. M. Cormier & J. D. Hagman (Eds.), *Transfer of learning: Contemporary research applications* (pp. 47-79). New York: Academic Press.
- Schöllhorn, W., Beckmann, H., & Davids, K. W. (2010). Exploiting system fluctuations. Differential training in physical prevention and rehabilitation programs for health and exercise. *Medicina (Kaunas)*, 46(6), 365-373.
- Schöllhorn, W. I., Beckmann, H., Janssen, D., & Drepper, J. (2010). Stochastic perturbations in athletics field events enhance skill acquisition. En I. Renshaw, K. Davids & G. J. P. Savelsbergh (Eds.), *Motor learning in practice. A constraints-led approach* (pp. 69-82). London: Routledge.
- Schöllhorn, W. I., Beckmann, H., Michelbrink, M., Sechelmann, M., Trockel M., & Davids, K. (2006). Does noise provide a basis for the unification of motor learning theories? *International Journal of Sport Psychology*, 37(2-3), 186-206.
- Schöllhorn, W., Mayer-Kress G., Newell K. M., & Michelbrink M. (2009). Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations. *Human Movement Science*, 28(3), 319-333. doi:10.1016/j.humov.2008.10.005
- Schöllhorn, W., Michelbrink, M., Welminski, D., & Davids, D. (2009). Increasing stochastic perturbations enhance skill acquisition and learning of complex sport movements. En D. Araujo, H. Ripoll & M. Raab (Eds.), *Perspectives on cognition and action in sport* (pp. 59-73). Hauppauge, NY: Nova Science.
- Shöner, G., Haken, H., & Kelso, J. A. S. (1986). A stochastic theory of phase transitions in human hand movement. *Biological Cybernetics*, 53(4), 247-257. doi:10.1007/BF00336995
- Sforza C., Turci M., Grassi G. P., Shirai Y. F., Pizzini G., & Ferrario, V. F. (2002). Repeatability of mae-geri-keage in traditional karate: a three-dimensional analysis with black-belt karateka. *Perceptual and Motor Skills*, 95(2), 433-44. doi:10.2466/pms.2002.95.2.433
- Spratte, M., Janssen, D., & Schöllhorn, W. I. (2007). Recognition of jumping patterns in volleyball after traditional and differential strength training by means of artificial neural nets. En *Book of Abstracts of the 3rd European Workshop on Movement Sciences* (pp. 167-168). Köln: Sportverlag Straub.
- Torrents, C., Balagué, N., Perl, J., & Schöllhorn, W. (2007). Linear and nonlinear analysis of the traditional and differential strength training. *Education Physical Training Sport*, 3(66), 39-47.
- Trockel, M., & Schöllhorn, W. I. (2003). Differential training in soccer. En W. I. Schöllhorn, C. Bohn, J. M. Jäger, H. Schaper & M. Alichmann, *European Workshop on Movement Science. Mechanics, Physiology, Psychology*. Köln: Sport Buch Strauss.
- Wagner, H., & Müller, E. (2008). The effects of differential and variable training on the quality parameters of and handball throw. *Sports Biomechanics*, 7(1), 54-71. doi:10.1080/14763140701689822
- Wulf, G., & Shea, C. B. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9(2), 185-211. doi:0.3758/BF03196276
- Zanone, P. G., & Kelso, J. A. (1992). Learning and transfer as dynamical paradigms for behavioral change. En G. E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorial in motor behavior II* (pp. 563-582). Amsterdam: North Holland.