

EL PAPEL DE LA VARIABILIDAD MOTORA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE APRENDIZAJE: POR ERROR O RECOMPENSA



Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Universidad Miguel Hernández de Elche.

Curso académico: 2017-2018.

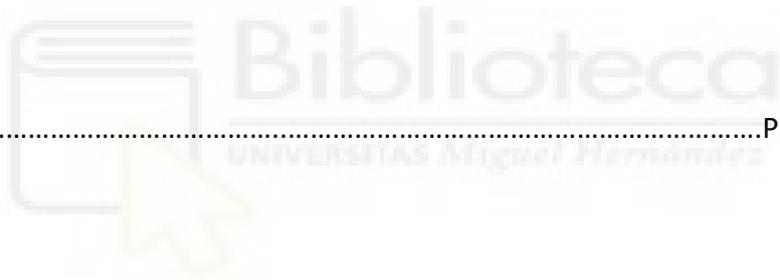
Alumno/a: Francisco Antoli Cantavella

Tutores académicos: David Barbado Murillo y Carla Caballero Sánchez



ÍNDICE PAGINADO

- Contextualización.....Páginas 3-5
- Metodología.....Páginas 6-7
- ResultadosPágina 7-9
- Discusión.....Página 9-10
- Propuestas de intervenciónPáginas 12-13
- Bibliografía.....Páginas 13 -16



Contextualización

El aprendizaje es una herramienta vital para progresar en nuestra vida, sin el cual no sabríamos hacer cosas tan sencillas y necesarias, como levantar un vaso de agua, caminar o leer. Gracias a este proceso también logramos perfeccionar nuestras habilidades, por lo tanto, manejar esta herramienta es de suma importancia en lo que se refiere al ámbito deportivo. Respecto a la mejora motriz, una de las claves que puede permitir a los entrenadores implementar estrategias para optimizar el aprendizaje es conocer los mecanismos de control del movimiento. En este sentido, en la literatura científica se ha hecho mucho énfasis en conocer por qué cuando una persona repite un movimiento nunca lo hace de forma idéntica al anterior. Eso es lo que se conoce como variabilidad motora y ha sido usualmente considerada como ruido causado por la transmisión inadecuada por parte del sistema nervioso central de los comandos motores (Churchland, Afshar, & Shenoy, 2006; Harris & Wolpert, 1998; Herzfeld & Shadmehr, 2014; Schmidt, Zelaznik, Hawkins, Frank, & Quinn, 1979; Osborne, Lisberger, & Bialek, 2005; Shmuelof, Krakauer, & Mazzoni, 2012). Dicho ruido debía ser evitado o, al menos, minimizado con el objetivo de optimizar la ejecución motora (Beers, Baraduc & Wolpert, 2002). Sin embargo, estudios más recientes han demostrado que el ruido que anteriormente se consideraba negativo podría tener un rol funcional para el aprendizaje. Se considera que dicho ruido puede posibilitar que el sistema motor realice distintas acciones con objeto de experimentar diferentes formas de actuar con la finalidad de encontrar la mejor ejecución según sean las necesidades (Barbado, Sabido, Vera-García, Gusi, & Moreno, 2012; Manor et al., 2010; Zhou et al., 2013). Estos procesos de exploración motora parecen estar relacionados con la función de los ganglios basales, los cuales segregan dopamina en función del éxito obtenido en una tarea (Schultz, Dayan & Montague, 1997). Concretamente, la segregación de dopamina es un indicador de que la acción que hemos realizado es correcta y, por tanto, la acción se ve recompensada. Mientras que la ausencia de ella indica lo contrario, que la acción que hemos realizado no ha sido correcta. La respuesta del cuerpo, en este último caso, al notar que la dopamina no ha sido segregada por los ganglios basales provoca que el siguiente movimiento cambie con objeto de buscar la solución motora adecuada. Así, por ejemplo, las personas con Parkinson, al presentar una disfunción en los ganglios basales, tienen problemas al modular su variabilidad con objeto de mejorar la ejecución motora, ya que tienen problemas para reconocer que

movimiento es correcto (Penky, Izawa & Shadmehr, 2015). Esto implica que las personas con Parkinson tendrán serias dificultades en las fases de aprendizaje.

La función adaptativa que parece presentar la variabilidad puede jugar un papel destacado en dos fases claras en el aprendizaje: la fase de exploración y la fase de explotación. Ante una acción nueva, por ejemplo, el lanzamiento de una pelota a una diana, la persona que comienza a hacer esa acción no tiene un patrón motor específico para conseguir el objetivo. El participante empezará a probar diferentes formas de lanzamiento con objeto de encontrar la solución más óptima (Wu et al., 2014). Esta fase es usualmente catalogada como fase de exploración, donde el practicante va recopilando información de cómo debe hacer las acciones gracias al feedback de los ganglios basales. Una vez el lanzador ya tiene un patrón motor consistente, pasa a la fase de explotación donde ya intenta repetir la acción más óptima y conseguir el objetivo (Herzfeld & Shadmehr, 2014).

Dado este rol funcional de la variabilidad, su repercusión en la capacidad de adaptación y aprendizaje de nuestro organismo, es razonable pensar que su modulación en la práctica por parte de los entrenadores pueda ser usado como una herramienta para maximizar la ejecución motora de un aprendiz (Kelly, Gregson, Reilly & Drust, 2013). Antes de saber que el ruido motor tenía un rol positivo, los entrenadores intentaban minimizar la variabilidad en sus entrenamientos e intentaban reducirla mediante la práctica en consistencia (Beers et al., 2002). Sin embargo, el entrenamiento en variabilidad ha sido implementando con éxito (García-Herrero, Sabido, Barbado, Martínez & Moreno, 2016) con objeto de incrementar la capacidad de exploración motora de los aprendices.

Una de las estrategias de práctica que persiguen manipular la variabilidad al practicar es la interferencia contextual (Pekny et al., 2015). Concretamente con este método se manipula el orden de las habilidades a aprender durante la práctica, de tal forma que no se repite constantemente la misma habilidad, favoreciendo la exploración del individuo. El grado de interferencia contextual puede ser regulado en el entrenamiento: en un grado bajo de interferencia contextual encontraríamos un entrenamiento en bloque donde las habilidades cambian pero se llegan a trabajar de forma seguida, mientras que si buscamos un grado alto encontramos que podemos llegar hasta hacer el orden de las habilidades aleatorio donde no se repita nunca ninguna habilidad. Por tanto, cuanto más interferencia contextual mayor variabilidad motora se encontrará (Lage et al, 2015).

Sin embargo, no está claro que la práctica en variabilidad o en altos grados de interferencia contextual arroje siempre resultados positivos (Edwards & Hodges, 2012; Shea, Lai, Wright, Immink, & Black, 2001; Zipp & Gentile, 2010). Por tanto, cabe hacerse las siguientes preguntas: ¿La variabilidad siempre es buena?, ¿Cuánta más variabilidad mejor?

¿Qué factores modulan que una mayor o menor interferencia contextual sea útil o no para maximizar el aprendizaje? Autores como Garcia-Herrero et al. (2016) sugieren, por ejemplo, que en personas inexpertas la variabilidad puede llegar a ser negativa para el aprendizaje, porque en ellas, por su falta de experiencia ya muestran un comportamiento variable y añadirles más variabilidad puede exceder la carga de entrenamiento que soporta el individuo reduciendo el ratio de aprendizaje. En cambio, a gente experta, podría no serle un problema, ya que ellos, al tener ya aprendida dicha habilidad la cual es muy difícil de mejorar, la práctica en variabilidad podrían suponerle un estímulo de aprendizaje. Por tanto, una de las claves del éxito de la práctica en variabilidad parece ser tener en cuenta las características intrínsecas del individuo, tales como su estado de forma o su edad (Caballero et al., 2017). Otro factor que puede condicionar la idoneidad o no de la práctica variable es en el tipo de aprendizaje aplicado (Wu et al., 2014). Concretamente dos son los principales tipos aplicados al aprendizaje motor: aprendizaje por recompensa, anteriormente explicado por el cual una persona modula sus acciones motoras con objeto de obtener una recompensa (Penky et al, 2015); y el aprendizaje por error, el cual estaría relacionado con nuestra capacidad de ajustar movimiento en función del error que tenemos, por ejemplo, al lanzar a una diana (Barbado et al., 2017). Si bien los estudios que han observado relaciones positivas entre variabilidad motora y aprendizaje se han analizado principalmente en tareas por recompensa (Pekny et al., 2015; Wu, et al., 2014), la realidad es que este tipo de aprendizaje aparece eminentemente en el ámbito social y es difícil enmarcarlo en el ámbito del aprendizaje motriz. Por tanto, no queda claro si el rol funcional como mediador del aprendizaje es aplicable a tareas de aprendizaje por error.

Por tanto, en base a las limitaciones de la literatura, el objetivo del presente trabajo de fin de grado fue analizar si los beneficios de la práctica variable están mediados por el nivel del aprendiz (experto o novel) y el tipo de aprendizaje error y recompensa, para lo cual se realizó una revisión sistemática.

Metodología

La revisión sistemática se rigió por los criterios establecidos por la Declaración Prisma (Urrútia & Bonfill, 2010). La búsqueda se realizó en la base de datos PubMed y se usaron los siguientes términos: "*variable practice*" or "*varied practice*" or "*random practice*" or "*variability training*" or "*varied training*" or "*ramdom trainig*".

Los criterios de inclusión seleccionados para la búsqueda fueron:

1. Artículos con máximo 10 años de antigüedad (búsqueda realizada en abril del 2018).
2. Artículos en los que solo intervengan humanos.
3. Artículos experimentales, en los que hubiera un período de intervención.
4. Artículos en los que se trabajara una habilidad al menos de dos formas diferentes.

Utilizando las palabras claves seleccionadas se encontraron un total de 133 artículos en la búsqueda y a razón de los criterios de inclusión se redujo el número a 13 artículos.

Posteriormente, tal y como se puede observar en la Tabla 1, se registró y analizó cada artículo extrayendo la siguiente información:

- I. Número de participantes, experiencia en la tarea, edad y salud de los participantes que realizaban la tarea del estudio
- II. Tarea que realizaban.
- III. Los diferentes grupos de entrenamiento.
- IV. Numero de sesiones y tiempo del entrenamiento
- V. Tipo de aprendizaje.

Tras la obtención de dicha información y la lectura y comprensión de los artículos seleccionados, se extrajeron los siguientes resultados.

Tabla 1. Tabla resumen de los diferentes artículos revisados durante la revisión sistemática.

Estudio	Participantes	Tarea	Duración	Tipo de entrenamiento	Tipo de aprendizaje	Resultados
Pauwels, Swinnen & Beets (2014)	40 participantes sanos; 18-23 años. Sin experiencia previa	Bimanual, movilidad fina	3 días 144 pruebas por día	-1 grupo de práctica bloqueada -1 grupo de práctica aleatoria	Error	El grupo de práctica aleatoria tubo un mejor rendimiento
Hernández-Davo, Urbán, Sarabia, Juan-Recio, & Javier Moreno (2014)	30 participantes sanos (13.0 ±1.5 años) 3 años de experiencia en el tenis	Saque de tenis	12 sesiones 2 bloques de 2 series por sesión 15 repeticiones por serie	-1 grupo en práctica de consistencia -1 grupo en práctica aleatoria	Error	La práctica en condiciones variables parece ser efectiva para mejorar el rendimiento del servicio de tenis.
van den Tillaar & Marques (2013)	41 participantes sanos. 7-8 años Sin experiencia	Lanzamiento de pelota	6 semanas 2 sesiones por semana Lanzaron una carga de 24kg por sesión.	-2 grupos de práctica consistente -1 grupo práctica aleatoria	Error	Los resultados indican que tanto la práctica específica como variable de arrojar a los llevan a un aumento en el rendimiento
Fazeli, Taheri & Saberi (2017)	30 participantes sanos (25-30 años) Novatos	Golpeo en golf (putting)	6 días consecutivos , 10 bloques por día, 18 ensayos cada bloque	-1 grupo de práctica bloqueada -1 grupo de práctica aleatoria	Error	Adquisición de una rica representación mental a través de la práctica aleatoria ante la práctica bloqueada.
Leving, Vegter, Groot & Woude (2016)	21 participantes sanos 20-22 años Sin experiencia previa	Propulsión en silla de ruedas	7 días 1 sesión por día 1 hora por sesión.	-1 grupo de práctica variable -1 grupo control	Error	La práctica variable aumentó la eficiencia mecánica
Jones & Croot (2016)	37 participantes sanos 18-35 años Hablantes nativos de inglés	Trabalenguas	320 ensayos 4 bloques de 80 ensayos -1 semana	-1 grupo de práctica bloqueada -1 grupo de práctica variable -1 grupo de práctica mixta	Recompensa	La práctica aleatoria y la práctica que alternaba práctica proporcionan una precisión superior.
Neva & Henriques (2013).	170 participantes sanos (21 años ± 5) Novatos	Movimiento manual hacia una diana en un espacio temporal	72 ensayos 1 día	-1 Grupo de consistencia -1 grupo de variabilidad	Error	Adaptación más rápida con la práctica en consistencia y una generalización más completa con la práctica en variabilidad.

Breslin, Hodges, Steenson & Williams (2012)	20 participantes sanos (M edad 21.85, SD = 1.04 años) Sin experiencia	Lanzamiento a canasta desde 15 pies	300 movimientos 100 cada día 3 días	-1 grupo de practica variable -1 grupo de practica constante	Error	No hubieron diferencias significativas
Travlos (2010)	72 participantes sanos (M edad = 14.1 año, SD = 0.7) Sin experiencia	Saque de vóley	45 ensayos. 15 ensayos cada día en días alternos	-2 Grupos de consistencia -1 grupo de practica serial -1 grupo de practica aleatoria -1 grupo de práctica en bloque -1 grupo control	Error	Existe una mejor adquisición en los grupos Específico y Constante en relación con los Grupos Serial. El rendimiento de transferencia es significativamente superior en los grupos Específico y Aleatorio
Bertollo, Berchicci, Carraro, Comani & Robazza (2010).	40 participantes sanos M edad = 15.8 años, SD = 1.3). Sin experiencia previa	Secuencias de baile	3 semanas, 2 sesiones por semana de 30 minutos	-1 grupo de secuencia bloqueada -1 grupo de secuencia aleatoria	Recompensa	No se observaron diferencias significativas.
Yao, DeSola & Bi (2009)	36 participantes sanos Sin experiencia en la tarea	Propulsión en silla de ruedas	10 semanas, 3 sesiones por semana, 6 bloques por sesión, 5 minutos por bloque.	-2 Grupos de práctica constante -1 Grupo de práctica variable	Error	El grupo de práctica variable produjo significativamente menos errores absolutos
Wu, Young, Schandler, Meir, Judy, Perez, J. & Cohen (2011)	82 participantes sanos M edad = 24.3 años (SD = 4.1) Sin experiencia	Movimiento manual hacia un destino en un espacio temporal	Práctica bloqueada, 48 intentos en cada uno de los 4 objetivos Práctica aleatoria, 4 intentos en 48 bloques	-2 grupo de práctica bloqueada -2 grupo de práctica aleatoria	Error	El grupo de práctica aleatoria superó al grupo de práctica bloqueado tanto en retención como en transferencia
Simon, Lee & Cullen D. (2008).	48 participantes sanos M edad = 20,7 años, SD = 2,4 años Sin experiencia previa	Escribir en un teclado 5 números determinados en un tiempo	4 bloques de 4 series de 3 intentos 1 día	-1 grupo de práctica bloqueada -1 Grupo de práctica aleatoria -2 Grupos que alternaban el tipo de práctica	Recompensa	El grupo aleatorio obtuvo una puntuación mejor que el grupo bloqueado

M = media; SD = desviación típica;

Resultados

De los 13 artículos analizados hemos encontrado que 10 de ellos realizaban tareas basadas en el aprendizaje por error mientras que los 3 restantes realizaban aprendizaje por recompensa (Tabla 1).

Respecto a los artículos que analizaron la influencia de la interferencia contextual en tareas de aprendizaje por error, observamos que 7 artículos (Fazeli, D., Taheri, H. & Saberi Kakhki 2017; Hernández-Davo, Urbán, Sarabia, Juan-Recio & Moreno, 2014; Leving, Vegter, de Groot & van der Woude, 2016; Pauwels, Swinnen & Beets, 2014; Travlos, 2010 ; Yao, DeSola & Bi, 2009; Wu et al., 2011) encontraron un mayor aprendizaje al utilizar una práctica aleatoria respecto a la práctica en consistencia. 2 artículos (Breslin, Hodges, Steenson & Williams, 2012; van den Tillaar & Marques, 2013) señalan que no hay diferencias entre ambos tipos de práctica. Finalmente un artículo (Neva & Henriques, 2013), en el que su habilidad es un movimiento manual hacia una diana en el espacio, resulta que la práctica constante provoca un aprendizaje más rápido hacia el objetivo, mientras que el entrenamiento en variabilidad crea un mayor aprendizaje en el resto de puntos de la diana.

En los 3 artículos que realizaban tareas basadas en el aprendizaje por recompensa encontramos 2 artículos en los cuales se indica que la práctica aleatoria es más beneficiosa (Jones & Croot, 2016; Simon, Lee & Cullen, 2008) y un artículo nos indica que no hay diferencias entre ambos tipos de práctica (Bertollo, Berchicci, Carraro, Comani & Robazza, 2010). Indicar que éste último artículo en el que no se encuentra diferencias significativas entre ambos tipos de práctica era el único artículo en el que los participantes eran niños de entre 7 y 8 años.

Respecto a la diferencia de tiempo utilizado en la práctica encontramos 8 artículos que tuvieron un tiempo de práctica inferior a una semana (Breslin et al., 2012; Fazeli et al., 2017; Jones & Croot, 2016; Neva & Henriques, 2013; Pauwels et al. 2014; Simon et al. 2008; Travlos, 2010; Wu et al., 2011) y 5 artículos que utilizaron un tiempo superior a una semana para la práctica de las habilidades (Bertollo et al., 2010; Hernández-Davo et al., 2014; Leving et al., 2016; van den Tillaar & Marques, 2013; Yao et al., 2009). Sobre los 8 artículos que tuvieron un tiempo de práctica inferior a una semana encontramos 7 donde la práctica aleatoria produce mejores resultados que la práctica en consistencia (Fazeli et al., 2017; Jones & Croot, 2016; Neva & Henriques, 2013; Pauwels et al., 2014; Travlos, 2010; Wu et al., 2011; Simon et al., 2008), mientras que 1 artículo no encontró diferencias (Breslin et al., 2012). De los 5 artículos con un periodo de práctica mayor a una semana encontramos 3 de ellos obtienen mejores resultados con la práctica en variabilidad (Hernández-Davo et al., 2014; Leving et al., 2016; Yao

et al., 2009) mientras que 2 artículos no encuentran diferencias. Uno de ellos es en el los participantes eran niños (van den Tillaar & Marques, 2013) y el otro se trata del aprendizaje de unos pasos de baile en una alfombra con sensores durante 3 semanas (Bertollo et al., 2010).

Discusión

Esta revisión sistemática ha sido realizada con el objetivo de comprobar el papel de la práctica en variabilidad en función del tipo de aprendizaje, por error o por recompensa. Con ello queremos saber cómo evoluciona nuestra habilidad cuando usamos un tipo de aprendizaje o el otro y analizar de qué forma es más efectivo trabajar.

Lo primero a destacar es que, entre los 13 artículos estudiados, en 10 de ellos se utilizaba un aprendizaje por error, y sólo en 3 artículos se estudiaba el aprendizaje por recompensa. Esto nos hace ver que, el aprendizaje por recompensa no ha sido tan estudiado como el aprendizaje por error y por este motivo habría que indagar más sobre este. El motivo por el que encontramos pocos artículos sobre el aprendizaje por recompensa podría ser porque en el aprendizaje motor encontramos muy pocas situaciones en las que este tipo de aprendizaje esté presente.

Comenzamos analizando los artículos donde se trabajó el aprendizaje por error, respecto al entrenamiento por variabilidad o mediante consistencia encontramos que en 7 artículos de los 10, el entrenamiento en variabilidad dio mejores resultados. De esta forma, se podría indicar que este tipo de entrenamiento es más efectivo que el entrenamiento en consistencia en tareas de aprendizaje por error. En los 3 artículos que no tienen un resultado a favor del entrenamiento por variabilidad encontramos que en un artículo se trabaja con niños de entre 7-8 años (van den Tillaar & Marques, 2013). Existe la posibilidad de que a esas edades los niños no tengan un control motor totalmente desarrollado y por su falta de experiencia ya muestran un comportamiento variable, añadirles más variabilidad puede exceder la carga de entrenamiento que soporta el individuo reduciendo el ratio de aprendizaje (García-Herreno et al., 2016). Otro artículo en el que el resultado no favorece al entrenamiento en variabilidad es el que consiste en un lanzamiento a canasta desde una distancia de 15 pasos (Breslin et al., 2012). En este artículo no se encuentra diferencias significativas entre ambos tipos de entrenamiento. El motivo puede ser porque en el artículo se defiende la idea de crear una habilidad especial en el participante, donde la habilidad sea siempre igual y en el mismo contexto, por este motivo la práctica en consistencia en este tipo de objetivo podría considerarse más eficaz. Sin embargo, indicar que aún bajo dichas condiciones, no se mostraron diferencias significativas entre ambos tipos de práctica. En el último artículo de los

tres, la tarea consistía en realizar movimiento manual hacia una diana en el espacio. Encontramos que la práctica constante provoca un aprendizaje más rápido hacia el objetivo, mientras que el entrenamiento en variabilidad crea un mayor aprendizaje en el resto de puntos de la diana. Por lo tanto, parece que si el cerebro tiene una muestra más amplia del espacio de trabajo, es capaz de generalizar los movimientos recientemente adaptados a áreas no entrenadas, pero en detrimento de la adaptación temprana (Neva & Henriques, 2013).

Decir que el artículo de van den Tillaar & Marques (2013), en el que solo participaban niños, es el único en el que presentan una muestra que no es de adultos y encontramos que no existen diferencias significativas entre los grupos de práctica. Por ello, se podría pensar que la edad puede ser un factor determinante en la eficacia de la práctica en variabilidad.

Sobre el tiempo de práctica encontramos que en todos los artículos que tienen un tiempo de práctica inferior o superior a 1 semana, los sujetos obtuvieron mejoras significativas.

En conclusión, cuando el aprendizaje es realizado por error la práctica variable tiene mayores ratios de aprendizaje que la práctica en consistencia, aunque en casos aislados como habilidades donde la interferencia contextual sea muy estable podemos optar por entrenar en consistencia ya que puede dar los mismos resultados incluso en un tiempo menor (Breslin et al., 2012; Neva & Henriques, 2013). Respecto al tiempo en el que se tiene que invertir para conseguir mejoras significativas, todos los artículos las obtuvieron, existiendo artículos donde la práctica solo se hacía durante 1 día, con esto sabemos que con 1 solo día de práctica ya obtendremos beneficios de este tipo de aprendizaje.

Sobre el aprendizaje por recompensa, solo encontramos 3 artículos donde este método se utilice. Dentro de estos 3, 2 artículos obtienen mejores resultados los participantes que entrenan en variabilidad (Jones & Croot, 2016; Simon, Lee & Cullen, 2008), en cambio solo 1 artículo no obtiene diferencias significativas entre ambos entrenamientos (Bertollo et al., 2010).

Abarcando el tiempo de práctica encontramos que todos los artículos tienen mejoras significativas tanto los 2 que tienen una práctica inferior a una semana, como el artículo que tiene un tiempo superior a una semana.

Las conclusiones del aprendizaje por recompensa no son tan claras como en el aprendizaje por error, aun así, apoyan que la práctica en variabilidad tiene más beneficios que la practica en consistencia en este tipo de aprendizaje. También podemos afirmar que en menos de una semana de prácticas aparecen mejoras significativas en la habilidad practicada.

Las conclusiones extraídas son limitadas por la falta de artículos sobre este tema, hay más variables que se podría explorar como la influencia de la edad en estos tipos de aprendizaje, en esta revisión salvo 1 articulo, todos los demás tenía como muestra a adultos.

Otra muestra interesante a explorar sería la de personas con problemas neuronales, diferenciando áreas del cerebro afectadas, de esta forma valoraríamos qué regiones del cerebro son más necesarias para cada tipo de práctica o aprendizaje.

Propuesta de intervención

Un jugador novel de fútbol, con una edad de 20 años, quiere mejorar su lanzamiento en los libres directos, incluyendo los penaltis.

Utilizaremos la estrategia del aprendizaje por error, se hará un entrenamiento de 3 semanas, entrenando 4 días a la semana, donde incluiremos una parte de entrenamiento en variabilidad con diferentes ejercicios para entrenar el libre directo, y otra parte la entrenaremos en consistencia, en esta parte se trabajará los penaltis ya que se ha visto que un ejercicio con una interferencia contextual muy baja puede tener los mismos resultados mediante este tipo de práctica pero en menor tiempo.

Entrenamiento 1

Realizaremos lanzamientos directos desde una distancia habitual en los libres directos buscando 4 aros colocados uno en cada esquina de la portería. En cada lanzamiento el jugador deberá cambiar el aro objetivo en orden aleatorio. Cada 10 lanzamientos, el lugar de lanzamiento se cambiará. Se realizará un lanzamiento cada 20-30 segundos y cada 10 lanzamientos se descansará 4 minutos. En total realizaremos 30 ensayos en 3 series de 10 repeticiones.

Entrenamiento 2

Realizaremos lanzamientos directos a un portero que tiene la posibilidad de colocar una barrera de jugadores falsos. Cada 5 lanzamientos, el lugar de lanzamiento se cambiará. Se realizará un lanzamiento cada 20-30 segundos y cada 5 lanzamientos se descansará 2 minutos. En total realizaremos 30 ensayos en 6 series de 5 repeticiones.

Entrenamiento 3

Realizaremos lanzamientos directos desde 3 distancias diferentes. Colocaremos 2 cuerdas en horizontal en la portería, dividiéndola en 3 alturas. El jugador aleatoriamente deberá intentar marcar gol por la zona que le indiquemos a la distancia que le indiquemos. Cada 10 lanzamientos, los lugares de lanzamientos se trasladarán de lugar de forma horizontal en el campo manteniendo la distancia con el fondo del campo. Se realizará un lanzamiento

cada 20-30 segundos y cada 10 lanzamientos se descansará 4 minutos. En total realizaremos 30 ensayos en 3 series de 10 repeticiones.

Entrenamiento 4

Se realizarán lanzamientos desde el punto de penalti a una esquina de la portería, en todo el entrenamiento no se alterará la esquina a la que tiene que lanzar el jugador, en el siguiente entrenamiento de penaltis se podrá cambiar de esquina a la que lanzar para tener más de 1 opción en el lanzamiento de penaltis. En el siguiente entrenamiento de penaltis. Se realizará un lanzamiento cada 20-30 segundos y cada 10 lanzamientos se descansará 4 minutos. En total realizaremos 30 ensayos en 3 series de 10 repeticiones.



Bibliografía

- Barbado, D., Caballero, C., Moreside, J., Vera-García, F. J. & Moreno, F. J. (2017). Can the structure of motor variability predict learning rate? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(3), 596.
- Barbado, D., Sabido, R., Vera-García, F. J., Gusi, N., & Moreno, F. J. (2012). Effect of increasing difficulty in standing balance tasks with visual feedback on postural sway and EMG: Complexity and performance. *Human Movement Science*, 31, 1224–1237.
- Bertollo, M., Berchicci, M., Carraro, A., Comani, S., & Robazza, C. (2010). Blocked and random practice organization in the learning of rhythmic dance step sequences. *Perceptual and motor skills*, 110(1), 77-84.
- Breslin, G., Hodges, N. J., Steenson, A., & Williams, A. M. (2012). Constant or variable practice: Recreating the especial skill effect. *Acta psychologica*, 140(2), 154-157.
- Churchland, M. M., Afshar, A., & Shenoy, K. V. (2006). A central source of movement variability. *Neuron*, 52, 1085–1096.
- Fazeli, D., Taheri, H. & Saberi Kakhki, A. (2017). Random Versus Blocked Practice to Enhance Mental Representation in Golf Putting. *Perceptual and motor skills*, 124(3), 674-688.
- García-Herrero, J. A., Sabido, R., Barbado, D., Martínez, I., & Moreno, F. J. (2016). The load of practice variability must be regulated in relation with learner expertise. *International Journal of Sport Psychology*, 47(6), 559-570.
- Harris, C. M., & Wolpert, D. M. (1998). Signal-dependent noise determines motor planning. *Nature*, 394, 780–784.
- Hernández-Davo, H., Urbán, T., Sarabia, J. M., Juan-Recio, C. & Javier Moreno, F. (2014). Variable training: effects on velocity and accuracy in the tennis serve. *Journal of sports sciences*, 32(14), 1383-1388.
- Herzfeld, D. J. & Shadmehr, R. (2014). Motor variability is not noise, but grist for the learning mill. *Nature neuroscience*, 17(2), 149.
- Jones, K. & Croot, K. (2016). The effect of blocked, random and mixed practice schedules on speech motor learning of tongue twisters in unimpaired speakers. *Motor control*, 20(4), 350-379.

- Kelly, D. M., Gregson, W., Reilly, T., & Drust, B. (2013). The development of a soccer-specific training drill for elite-level players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 938-943.
- Lage, G. M., Ugrinowitsch, H., Apolinário-Souza, T., Vieira, M. M., Albuquerque, M. R. & Benda, R. N. (2015). Repetition and variation in motor practice: a review of neural correlates. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 57, 132-141.
- Leving, M. T., Vegter, R. J., de Groot, S. & van der Woude, L. H. (2016). Effects of variable practice on the motor learning outcomes in manual wheelchair propulsion. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 13(1), 100.
- Manor, B., Costa, M. D., Hu, K., Newton, E., Starobinets, O., Kang, H. G. Lipsitz, L. A. (2010). Physiological complexity and system adaptability: Evidence from postural control dynamics of older adults. *Journal of Applied Physiology*, 109, 1786–1791.
- Neva, J. L., & Henriques, D. Y. (2013). Visuomotor adaptation and generalization with repeated and varied training. *Experimental brain research*, 226(3), 363-372.
- Osborne, L. C., Lisberger, S. G., & Bialek, W. (2005). A sensory source for motor variation. *Nature*, 437, 412–416.
- Pauwels, L., Swinnen, S. P. & Beets, I. A. (2014). Contextual interference in complex bimanual skill learning leads to better skill persistence. *PloS one*, 9(6), e100906.
- Travlos, A. K. (2010). Specificity and variability of practice, and contextual interference in acquisition and transfer of an underhand volleyball serve. *Perceptual and motor skills*, 110(1), 298-312.
- Pekny, S. E., Izawa, J. & Shadmehr, R. (2015). Reward-dependent modulation of movement variability. *Journal of Neuroscience*, 35(9), 4015-4024.
- Caballero, C., Moreno, F. J., Vaíllo, R. R., Roldán, A., Coves, Á. & Barbado, D. (2017). The role of motor variability in motor control and learning depends on the nature of the task and the individual's capabilities. *European Journal of Human Movement*, 38, 12-26.
- Schmidt, R. A., Zelaznik, H., Hawkins, B., Frank, J. S., & Quinn, J. T., Jr. (1979). Motor-output variability: A theory for the accuracy of rapid motor acts. *Psychological Review*, 47, 415–451.
- Schultz, W., Dayan, P., Montague, P.R. (1997). A Neural Substrate of Prediction and Reward. *Science*, 275, 1593-1599.
- Shmuelof, L., Krakauer, J. W., & Mazzoni, P. (2012). How is a

motor skill learned? Change and invariance at the levels of task success and trajectory control. *Journal of Neurophysiology*, 108, 578–594.

Simon, D. A., Lee, T. D., & Cullen, J. D. (2008). Win-shift, lose-stay: contingent switching and contextual interference in motor learning. *Perceptual and motor skills*, 107(2), 407-418.

van Beers, R.J., Baraduc, P. & Wolpert, D.M (2002). Role of uncertainty in sensorimotor control. *Phil Trans R Soc Lond B* 357, 1137–1145.

van den Tillaar, R. & Marques, M. C. (2013). Effect of specific versus variable practice upon overhead throwing speed in children. *Perceptual and motor skills*, 116(3), 872-884.

Wu, H. G., Miyamoto, Y. R., Castro, L. N. G., Ölveczky, B. P., & Smith, M. A. (2014). Temporal structure of motor variability is dynamically regulated and predicts motor learning ability. *Nature neuroscience*, 17(2), 312.

Wu, W. F., Young, D. E., Schandler, S. L., Meir, G., Judy, R. L., Perez, J., & Cohen, M. J. (2011). Contextual interference and augmented feedback: is there an additive effect for motor learning? *Human movement science*, 30(6), 1092-1101.

Yao, W. X., DeSola, W., & Bi, Z. C. (2009). Variable practice versus constant practice in the acquisition of wheelchair propulsive speeds. *Perceptual and motor skills*, 109(1), 133-139.

Zhou, J., Manor, B., Liu, D., Hu, K., Zhang, J., & Fang, J. (2013). The complexity of standing postural control in older adults: A modified detrended fluctuation analysis based upon the empirical mode decomposition algorithm. *PLoS ONE*, 8, e62585.