

TRABAJO FINAL DE GRADO



**APRENDE HACIENDO, APRENDE JUGANDO.
A JUGAR SE APRENDE PRACTICANDO**

Titulación: Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Curso académico: 2023 -2024

Alumna: Sara Arcos Jordán

Tutor académico: Tomás Urbán Infantes

Co-tutora académica: Carla Caballero Sánchez

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
4. MÉTODO	5
4.1. Participantes:	5
4.2. Instrumental:	6
4.3. Protocolo:	6
4.4. Recogida y análisis de datos:	7
5. DISCUSIÓN	7
5.1. Limitaciones	7
6. BIBLIOGRAFÍA	9



1. RESUMEN

El comportamiento de los sistemas vivos complejos, incluido el movimiento humano, muestra una variabilidad inherente, incluso en tareas repetitivas bajo condiciones idénticas. Esta variabilidad motora, antes vista como un error a minimizar, es ahora crucial para la adaptación y mejora del rendimiento en entornos cambiantes.

Existen dos tipos de variabilidad: intrínseca, generada naturalmente por el sistema motor, y extrínseca, influenciada por el entorno y la tarea. La práctica variable, que ajusta habilidades a diferentes patrones de movimiento y condiciones, es una estrategia efectiva para el aprendizaje motor. Sin embargo, el nivel óptimo de variabilidad es debatido, ya que tanto una variabilidad muy alta como muy baja pueden ser perjudiciales.

Este estudio evaluó los efectos de diferentes niveles de práctica variable en el rendimiento motor con nueve participantes divididos en tres grupos: sin variabilidad, baja variabilidad y alta variabilidad. Se utilizó una tarea de seguimiento y se midió el error absoluto. Los resultados esperados indican que la variabilidad baja y moderada mejoran el rendimiento, mientras que la alta variabilidad puede no ser beneficiosa.

Las limitaciones incluyen el tamaño reducido de la muestra y la falta de ajuste de la variabilidad a las características individuales. Futuras investigaciones deberían considerar la variabilidad intrínseca individual y ampliar la muestra para determinar con mayor precisión los efectos de la práctica variable en el aprendizaje motor.

Palabras clave: Variabilidad motora, Práctica variable, Aprendizaje motor, Adaptación.

2. ABSTRACT

The behavior of complex living systems, including human movement, shows inherent variability, even in repetitive tasks under identical conditions. This motor variability, once seen as an error to minimize, is now considered crucial for adaptation and performance improvement in changing environments.

There are two types of variability: intrinsic, naturally generated by the motor system, and extrinsic, influenced by the environment and the task. Variable practice, which adjusts skills to different movement patterns and conditions, is an effective strategy for motor learning. However, the optimal level of variability is debated, as both very high and very low variability can be detrimental.

This study evaluated the effects of different levels of variable practice on motor performance with nine participants divided into three groups: no variability, low variability, and high variability. A tracking task was used, and absolute error was measured. The expected results indicate that low and moderate variability improve performance, while high variability may not be beneficial.

The limitations include the small sample size and the lack of adjustment of variability to individual characteristics. Future research should consider individual intrinsic variability and expand the sample size to more precisely determine the effects of variable practice on motor learning.

Keywords: Motor variability, Variable practice, Motor learning, Adaptation

3. INTRODUCCIÓN

El mundo tal como lo conocemos está lleno de sistemas cuyo comportamiento no sigue trayectorias comunes y previsibles, siendo este tipo de comportamiento característico de sistemas vivos complejos. Es imposible observar dos movimientos idénticos en la naturaleza, incluso en el caso hipotético de que ambos se desarrollen en circunstancias y tareas iguales (Bernstein, 1967). Cuando nos referimos al movimiento humano, al analizar el comportamiento motor de las personas repitiendo diferentes acciones de una misma tarea, existen variaciones entre cada una de las ejecuciones realizadas, a eso lo llamamos variabilidad motora.

La variabilidad motora ha sido analizada en muchos ámbitos, desde la ejecución de tareas del día a día, como es el equilibrio (Jaric et al., 1999; Riley y Turvey, 2002), hasta en actividades deportivas (Alfonso y Menayo, 2019; García-Herrero et al., 2016).

Existen diferentes teorías que intentan explicar el papel que desarrolla la variabilidad en el control motor. La tendencia de estudios anteriores era la consideración de la variabilidad como un error o “ruido” del sistema, en consecuencia, una variable limitante para la realización de tareas o gestos técnicos y, por lo tanto, era necesario eliminar ese “ruido” para mejorar el rendimiento (Schmidt et al., 1979). En cambio, estudios más recientes consideran una buena estrategia el uso de la variabilidad para una mayor o mejor adaptación a un entorno cambiante, y por consiguiente, un incremento del rendimiento (Phillips et al., 2010).

Dado que la variabilidad es una característica relacionada con el movimiento y es relevante para el aprendizaje motor, es razonable suponer que la práctica de la variabilidad es un medio que debería considerarse para facilitar el aprendizaje motor (Menayo et al., 2010). La práctica en variabilidad implica desarrollar habilidades motoras, promoviendo cambios en los patrones de movimiento y en el entorno para facilitar el aprendizaje (Schmidt y Lee, 2005).

Existen dos tipos de variabilidad, intrínseca y extrínseca. La variabilidad intrínseca es la generada de forma natural por el sistema motor del participante durante la práctica de habilidades, y la variabilidad extrínseca es el resultado de la suma del entorno y las características de la tarea.

La interacción con el entorno y las constantes oscilaciones del movimiento lleva a la percepción de la variabilidad como un elemento funcional que facilita el aprendizaje y la adquisición de nuevas estructuras de coordinación (Davids et al., 2003). Por lo tanto, el beneficio de la práctica en variabilidad puede explicarse por la adaptación del participante a la variación en la dinámica intrínseca de la tarea mediante el uso de cargas variables impuestas por el control del entrenador (Davids et al., 2006).

Dentro de los estudios que analizan el uso de la variabilidad, existen controversias con el nivel de variabilidad que se debe aplicar en la práctica, ya que, tanto niveles altos como bajos de variabilidad pueden no ser favorables para el rendimiento (Davids et al., 2003). Algunos autores sostienen que para que el aprendizaje sea eficaz, el nivel de cambio debe estar dentro del rango óptimo para crear una dinámica adaptativa (Davids et al., 2008).

Para controlar el papel de la variabilidad motora en el aprendizaje y control motor, debemos tener en cuenta las particularidades de la tarea y las competencias del individuo (Caballero et al., 2017). Parece ser que la cantidad de variabilidad aplicada a la práctica debería ser establecida en base a la variabilidad intrínseca de los participantes, que puede estar relacionada con su desempeño, y en base a la variabilidad extrínseca, como el entorno en el que se desarrolla la práctica (Moreno y Ordoño, 2015). La práctica variable es un elemento importante para desarrollar el aprendizaje motor si la intensidad del entrenamiento variable se ajusta a la variabilidad motora intrínseca del participante (Caballero et al., 2024).

Además, la misma tarea puede dar lugar a diferentes niveles de carga de trabajo real para cada sujeto. Un mismo participante puede experimentar diferentes niveles de intensidad de entrenamiento según la temporada o el nivel de rendimiento en el que se encuentre en ese momento. Por tanto, cuando se utilizan estímulos con diferentes volúmenes de entrenamiento, se espera que las adaptaciones que se produzcan entre los practicantes también varíen, siendo importante saber si el volumen de entrenamiento o la cantidad de cambio es adecuada a las características del sujeto. Todo esto, se debe tener en cuenta a la hora de desarrollar programas de entrenamiento (Alfonso-Asencio et al., 2021).

Otra variable analizada en numerosos estudios es el análisis de la variabilidad motora en condiciones de habilidades abiertas (Alfonso-Asencio et al., 2021) y en condiciones de habilidades cerradas (Reynoso et al., 2013). En habilidades abiertas, la ejecución del movimiento y el entorno son variables, proporcionando al participante herramientas con esa propia variación para incrementar su rendimiento en función de los requerimientos de la tarea. En las habilidades cerradas, las condiciones son mucho más estables, por lo que el entrenamiento en consistencia se consideraba anteriormente el idóneo en este tipo de tareas.

Puesto que todas las habilidades son en parte abiertas y en parte cerradas, dado que ninguna es totalmente estable, se ha analizado en estudios posteriores y han surgido nuevas interpretaciones de la variabilidad en el comportamiento motor con respecto al tipo de variabilidad idónea en cada tipo de tareas (Coves, 2017). Algunos estudios respaldan que la práctica en variabilidad beneficia más el desempeño en tareas similares que la práctica constante, principalmente en aspectos de retención y transferencia (Alfonso-Asencio et al., 2021; Hernández-Davo et al., 2014). Por lo tanto, la práctica variable podría resultar beneficiosa para aumentar el rendimiento motor en situaciones altamente predecibles en contraste con la práctica constante.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el objetivo de este estudio es valorar los efectos de diferentes tipos de práctica en variabilidad, comparando intervenciones de entrenamientos con diferentes cargas de variabilidad (sin variabilidad, baja variabilidad y alta variabilidad) sobre el rendimiento, mediante el uso de un programa de seguimiento.

4. MÉTODO

4.1. Participantes:

En el estudio, participaron un total de 9 personas, todas ellas de forma voluntaria. Los participantes fueron 5 varones y 4 mujeres con un promedio de edad de $36,33 \pm 16,29$ años.

Los sujetos fueron seleccionados a partir de un muestreo de conveniencia. Para ser incluidos en el estudio, debían tener un manejo de ordenador básico, y ser personas sanas, sin afecciones o enfermedades neurodegenerativas como Parkinson, atrofia multisistémica, etc. para que no interfiriera en la tarea a realizar.

Los participantes se dividieron en 3 grupos en función de las condiciones de la práctica: variabilidad cero ($n=3$), variabilidad baja ($n=3$) y variabilidad alta ($n=3$). Los grupos se formaron de manera que cada grupo tuviera un sujeto de cada franja de edad de los participantes incluidos en el estudio, igualando la media de edad de todos los grupos.

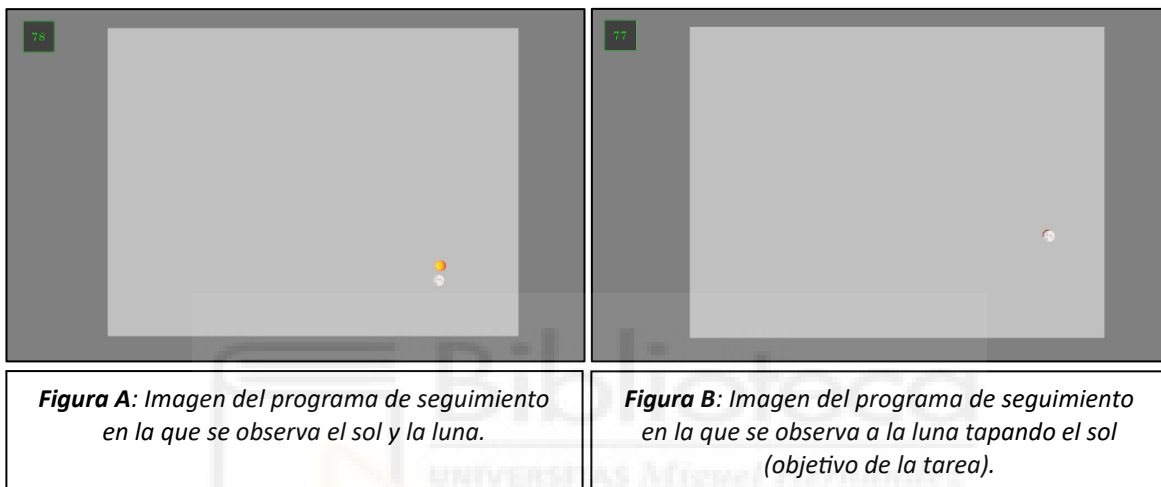
Los participantes firmaron un consentimiento informado antes de realizar el estudio, la investigación fue aprobada por la oficina de investigación responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con código de autorización TFG.GAF.TUI.SAJ.240509 y adherido a un proyecto previamente autorizado.

4.2. Instrumental:

Para la realización del estudio se utilizó un ordenador con el sistema operativo de Windows, el programa de seguimiento de la investigación diseñado por el Laboratorio de Aprendizaje y Control Motor instalado, y un ratón externo.

4.3. Protocolo:

El estudio consistió en realizar una tarea de seguimiento con un programa en el que un círculo dorado (sol) se desplaza por el tablero de la pantalla en una trayectoria aleatoria y mediante el puntero del ratón, que se presenta como un círculo gris (luna) [Figura A], tratar de situarlo sobre el sol como criterio de precisión durante la duración de cada ensayo [Figura B].



Para incrementar la dificultad de la tarea de seguimiento se realizó una variación de la dirección del movimiento del cursor del ratón. Por lo que, en los desplazamientos hacia la izquierda, el cursor se desplaza hacia la derecha y viceversa, mientras que en los movimientos hacia arriba, el cursor se desplaza hacia abajo y viceversa.

El programa contiene dos funciones, el apartado de “test”, que consiste en una tarea de seguimiento, con 3 ensayos de 80 segundos de duración cada uno y con dos descansos de 60 segundos entre cada ensayo. Y el apartado de “entrenamiento” que consiste en una tarea de seguimiento de 6 ensayos de 80 segundos de duración, con un descanso de 60 segundos entre cada ensayo.

La intervención se llevó a cabo durante 8 días, con la siguiente estructura [Tabla 1]: el primer lunes tras ver un vídeo explicativo del funcionamiento del programa de seguimiento, se realizó el test inicial o pre-test. Seguidamente, el martes, miércoles y jueves se realizó el periodo de entrenamiento. Finalmente, el viernes se realizó el test final o post-test y, 48 horas después del post-test, se realizó un test de retención o re-test.

Tabla 1: Periodización de la intervención.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
Test inicial	Entrenamiento	Entrenamiento	Entrenamiento	Test final	Descanso	Descanso	Test de retención

Todos los participantes realizaron el mismo test inicial, final y de retención, distribuyéndose los participantes para el entrenamiento en 3 grupos diferentes, el primer grupo hizo entrenamiento sin carga de variabilidad, el segundo grupo realizó un entrenamiento con una carga de variabilidad baja, y el último grupo realizó el entrenamiento con una carga de variabilidad alta.

El grupo 1 (G1) realizó práctica en variabilidad cero (V0). En el entrenamiento de práctica en variabilidad 0, tenían que realizar la misma trayectoria circular que hicieron en el test inicial y que tendrán que realizar en el test final y el de retención.

El grupo 2 (G2) realizó práctica en variabilidad baja (V1). En el entrenamiento de práctica en variabilidad 1, tenían que realizar movimientos con el ratón en una única trayectoria aleatoria.

El grupo 3 (G3) realizó práctica en variabilidad alta (V2). En el entrenamiento de práctica en variabilidad 2, tenían que realizar el entrenamiento con tres trayectorias aleatorias diferentes.

4.4. Recogida y análisis de datos:

Los datos se obtuvieron con un software desarrollado en el laboratorio de Aprendizaje y Control Motor del Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Se desarrolló en la versión JAVA 18.0.1.1. La unidad de medida manejada fueron los píxeles, normalizados en función al tamaño de la pantalla, para poder comparar entre los participantes. El registro de los valores se realizó a una frecuencia de 100 Hz.

Las variables extraídas en este estudio fueron: el nivel de variabilidad que se aplica en el entrenamiento de los participantes, como variable independiente; y el rendimiento, medido a través del error absoluto, como la variable dependiente.

El error absoluto se calculó a través de la distancia entre la trayectoria de seguimiento de cada participante con respecto a la trayectoria que debía seguir. Como índice de precisión para el análisis de los datos se tiene en cuenta el error tanto en el eje X, como en el eje Y. El indicador de error general es el promedio de los errores en los ejes X e Y.

Para el análisis de datos, se utilizó Excel para organizar y examinar los datos. Se calcularon las variables de desviación típica (SD) y el promedio de los tres ensayos, empleando valores absolutos.

5. DISCUSIÓN

Los resultados esperados según la literatura son, respecto al grupo 1 (V0) y grupo 2 (V1), una tendencia a mejorar tras el periodo de entrenamiento (Caballero et al., 2012), pero tras el periodo de descanso, en el re-test solo el grupo 2 (V1) continuará con tendencia positiva por la retención y transferencia que conlleva el entrenamiento en variabilidad (Alfonso-Asencio et al., 2021).

En cuanto al grupo 3 (V2), es posible que la carga de variabilidad sea demasiado alta para los participantes, ya que niveles muy altos de práctica variable producen poca o ninguna mejora en el aprendizaje (Moreno y Ordoño, 2015).

5.1. Limitaciones

La limitación más importante fue el bajo número de participantes. El tener una muestra tan pequeña hizo que no se pudiera realizar análisis estadísticos, por lo que a futuro, tener una muestra con más participantes serviría para poder analizar más variables.

Otra limitación fue no evaluar el periodo de entrenamiento en cada uno de los grupos de práctica, ya que solo se analizó el rendimiento obtenido en el test con el post-test, para ver si habían mejorado tras la fase de práctica y con el re-test, para ver si existía o no retención de las habilidades adquiridas.

También, hay que tener presente que no se tuvo en cuenta la variabilidad intrínseca de cada sujeto, la elección del tipo de entrenamiento que desarrolló cada sujeto se realizó de forma arbitraria. Por lo que modificar los niveles de variabilidad al practicar, adaptándolos a la variabilidad intrínseca del sujeto, puede ser un factor importante que considerar para próximos estudios.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso-Asencio, M.; Gea-García, G. M.; Menayo, R. (2021). Variabilidad inducida, velocidad de bola y aprendizaje del golpeo de revés para tenistas amateurs. *Journal of Sport and Health Research*, 13(1):57-66. <https://recyt.fecyt.es/index.php/JSHR/article/view/87370>
- Alfonso, M., & Menayo, R. (2019). Induced variability during the tennis service practice affects the performance of every tennis player individually and specifically. *European Journal of Human Movement*, 43, 86-101.
- Bernshtein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements* ([1st English ed.]). Pergamon Press.
- Caballero, C., Barbado, D., Peláez, M., & Moreno, F. J. (2024). Applying different levels of practice variability for motor learning: More is not better. *PeerJ*, 12, e17575. <https://doi.org/10.7717/peerj.17575>
- Caballero, C., Moreno, F. J., Reina, 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. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6066033>
- Caballero, C., Luis, V., & Sabido, R. (2012). Efecto de diferentes estrategias de aprendizaje sobre el rendimiento y la cinemática en el lanzamiento del armado clásico en balonmano. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 28, 83-100.
- Coves, Á. (2017). *Efecto de la aplicación de diferentes magnitudes de carga de variabilidad en el aprendizaje de la estabilidad del tronco* (Doctoral dissertation, Universidad Miguel Hernández).
- Dauids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Human kinetics.
- Dauids, K., Bennett, S., & Newell, K. M. (Eds.). (2006). *Movement system variability*. Human kinetics.
- Dauids, K., Glazier, P., Araújo, D., & Bartlett, R. (2003). Movement systems as dynamical systems: the functional role of variability and its implications for sports medicine. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(4), 245–260. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333040-00001>
- García-Herrero, J., Sanchez-Sanchez, J., Luis-Pereira, J., & Menayo, R. (2016). The effects of induced variability in the performance on shot in soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(5), 648-654. <https://doi.org/10.1177/1747954116667101>
- Hernández-Davo, H., Urbán, T., Sarabia, JM, Juan-Recio, C., y Javier Moreno, F. (2014). Entrenamiento variable: efectos sobre la velocidad y precisión en el saque de tenis. *Journal of Sports Sciences*, 32 (14), 1383–1388. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.891290>
- Jaric, S., Ferreira, S. M. S., Tortoza, C., Marconi, N. F., & Almeida, G. L. (1999). Effects of Displacement and Trajectory Length on the Variability Pattern of Reaching Movements. *Journal of Motor Behavior*, 31(4), 303–308. <https://doi.org/10.1080/00222899909600996>
- Menayo, R., Fuentes, J. P., Moreno, F. J., Reina, R., & García, J. A. (2010). Relación entre variabilidad de la práctica y variabilidad en la ejecución del servicio plano en tenis. *Motricidad. European journal of human movement*, 25, 75-92.
- Moreno, F. J., & Ordoño, E. M. (2015). Variability and practice load in motor learning. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 11(39), 62-78. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2015.03905>

- Phillips, E., Davids, K., Renshaw, I., & Portus, M. (2010). Expert performance in sport and the dynamics of talent development. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(4), 271–283. <https://doi.org/10.2165/11319430-000000000-00000>
- Reynoso, S. R., Solana, R., Vaíllo, R. R., & Hernández, F. (2013). Aprendizaje diferencial aplicado al saque de voleibol en deportistas noveles. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 114, 45-52. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2013/4\).114.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2013/4).114.04)
- Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2002). Variability and Determinism in Motor Behavior. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 99–125. <https://doi.org/10.1080/00222890209601934>
- Schmidt, R.A. and Lee, T.D. (2005) *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Human Kinetics, Champaign.
- 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(5), 415–451.

