

Efecto de la práctica mental kinestésica en la fuerza y actividad mioeléctrica del bíceps braquial, luego de un periodo de inmovilización de codo en adultos-jóvenes sanos

Effects of kinesthetic mental practice in strength and myoelectric activity of the brachialis biceps due to an elbow immobilization period in healthy young adults

¹ Nicole Ulloa-Escalante, ² Raquel Elena Castro-Pérez, ³ Bryan Montero Herrera, & ⁴ Judith Jiménez-Díaz

Ulloa-Escalante, N., Castro-Pérez, R.E., Montero, B., & Jiménez-Díaz, J. (2022). Efecto de la práctica mental kinestésica en la fuerza y actividad mioeléctrica del bíceps braquial, luego de un periodo de inmovilización de codo en adultos-jóvenes sanos. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 23(1), enero-junio, 1-11. <https://doi.org/10.29035/rcaf.23.1.3>

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la práctica mental kinestésica (PMK) en la fuerza y actividad eléctrica muscular (AEM) del bíceps braquial, luego de un periodo de inmovilización del codo en un grupo de personas adultos jóvenes sanos. Un total de 14 personas (18,64 ± 0,92 años de edad) participaron voluntariamente del estudio, a las cuales se les evaluó la fuerza muscular de prensión y la AEM del bíceps braquial utilizando un dinamómetro de mano y un equipo de electromiografía, respectivamente, antes y después de un periodo de inmovilización del brazo no dominante, y se asignaron aleatoriamente a uno de dos grupos: grupo control (GC) o experimental (GE). El GE realizó PMK: tres series de 15 repeticiones con un minuto de descanso entre series, tres veces al día durante los seis días de inmovilización, mientras que el GC no realizó PKM durante su inmovilización. Al aplicar una prueba de ANOVA de dos vías, no se encontraron diferencias significativas en la fuerza ni en la AEM. Sin embargo, la fuerza del GC disminuyó en 23,75%, mientras que la del GE aumentó en 33,19%. Los resultados sugieren que un periodo de inmovilización del codo de seis días no fue suficiente para que la fuerza ni la AEM disminuyan significativamente, lo que supone que la PMK realizada no es necesaria en periodos menores a seis días.

Palabras clave: práctica mental, electromiograma, pérdida de fuerza, dinamómetro.

¹ Estudiante de bachillerato, Ciencias del Movimiento Humano. Escuela de Educación Física y Deportes / Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-9255-8882> | nicole.ulloa@ucr.ac.cr

² Estudiante de bachillerato, Ciencias del Movimiento Humano Escuela de Educación Física y Deportes / Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0003-4991-3233> | raquicastrope2220@gmail.com

³ Licenciado, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0003-2204-4760> | bryan.monteroherrera@ucr.ac.cr

⁴ PhD., Escuela de Educación Física y Deportes / Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0001-8663-7413> | judith.jimenez_d@ucr.ac.cr

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of kinesthetic mental practice (KMP) on the strength and muscular electrical activity (MEA) of the brachial biceps, after a period of immobilization of the elbow in a group of healthy young adults. A total of 14 volunteer participants (18.64 ± 0.92 years of age) were part in the study. The muscle strength and the AEM of the brachial biceps were assessed using a hand dynamometer and an electromyography equipment, respectively, before and after a period of immobilization of the non-dominant arm. After the pretest, they were randomly assigned to one of two groups: control group (GC) or experimental group (GE). The GE performed 3 sets of 15 repetitions with one-minute rest between sets, three times a day of PMK during the 6 days of immobilization, while the GC did not perform PKM during its immobilization. A 2-way ANOVA test (group x measurement) indicated non-significant differences in strength or AEM. However, the strength of the GC decreased by 23.75%, while increased by 33.19% in the GE. The results suggest that a period of immobilization of the elbow of 6 days was not enough for the strength or the AEM to decrease significantly, which means that the PMK is not necessary in periods of immobilization of less than 6 days.

Key words: mental practice, electromyography, strength loss, dynamometer.

INTRODUCCIÓN

Las personas –incluyendo los deportistas– son susceptibles a sufrir algún tipo de lesión, que cuando conlleva a una inmovilización de la región afectada, es posible que se presente una pérdida de la masa muscular, la fuerza muscular, agilidad, velocidad u otra capacidad física, por lo que posterior al periodo de inmovilización se requerirá de una recuperación con la participación interdisciplinaria de terapeutas y preparadores físicos (Kraemer et al., 2009).

La fuerza muscular es la capacidad que posee un músculo o grupos de músculos de ejercer su máxima capacidad contráctil al momento de contraerse y depende de cambios tales como el área de sección transversal del músculo, número de unidades motoras reclutadas y sincronización de unidades motoras, entre otros (Heyward, 2008; Suchomel et al., 2018). En varios estudios, se ha encontrado que la pérdida de fuerza muscular se presenta por la inmovilización total de una extremidad (Dirks et al., 2016; Vígelsø et al., 2015; Wall et al., 2014). En un grupo de hombres saludables (con edad promedio de 23 años) se encontró una disminución de la fuerza, el área transversal muscular y la masa muscular del *cuádriceps*, entre los cinco y 14 días de inmovilización de la rodilla, por medio de un yeso de pierna completa (Wall et al.,

2014). Asimismo, posterior a dos semanas de inmovilización de la pierna, se encontró una reducción en la capacidad de contracción máxima en hombres jóvenes (20-27 años) y adultos mayores (60-75 años), mientras que solo los jóvenes perdieron masa muscular (Vígelsø et al., 2015).

La práctica mental (PM), también conocida como entrenamiento de habilidades mentales (Olusoga et al., 2014), imaginería motora (Liu et al., 2014) o preparación mental (Vodičar et al., 2012), es la imaginación de una determinada tarea, pero sin efectuar ningún movimiento o contracción muscular (Driskell et al., 1994). La PM se subdivide en práctica mental visual (PMV) (Rozand et al., 2014) y práctica mental kinestésica (PMK) (Slimani et al., 2016). La primera, implica únicamente auto-visualizar el movimiento (Frenkel et al., 2014; Robles & Gil, 2019); mientras que la PMK, a diferencia de la PMV, permite a quien la ejecuta, no solo imaginarse a él o ella misma haciendo una determinada acción, sino que al mismo tiempo y de manera mental, experimentar las sensaciones provenientes de dicho movimiento, tales como: contracciones musculares, esfuerzo, velocidad y fuerza (Robles & Gil, 2019; Slimani et al., 2016).

La PM ha sido efectiva para mantener o incluso aumentar los niveles de fuerza, al aplicarlo durante

un periodo de inmovilización en personas sanas o en proceso de recuperación de lesiones (Robles & Gil, 2019). Por ejemplo, un grupo de estudiantes universitarios (entre los 17 y 30 años) realizó PM (se imaginó presionando una bola de hule) durante cinco minutos, tres veces al día, durante 10 días en los que tuvieron inmovilizado el antebrazo no dominante; posterior a la inmovilización, este grupo no presentó disminución de la fuerza en la flexión y extensión de muñeca, mientras que el grupo que no realizó práctica mental disminuyó la fuerza significativamente (Newsom et al., 2003). De manera similar, realizar PM contribuyó a que no se presentara cambio en la fuerza de prensión de la mano como parte de un tratamiento de rehabilitación posterior a una cirugía del tendón flexor y un periodo de inmovilización de seis semanas (Stenekes et al., 2009).

La fuerza está relacionada tanto con hipertrofia muscular como con la adaptación neuronal (Bahari et al., 2011). La evidencia indica que la pérdida de fuerza por inmovilización se puede deber a alteraciones musculares y neurológicas, por ejemplo, después de un periodo de inmovilización de cuatro semanas de los flexores del codo, se encontró que las personas que no realizaron ningún tipo de intervención presentaron -21,7% en la contracción voluntaria isométrica, -35,2% en la electromiografía del músculo bíceps braquial, -26% en la tasa de desarrollo de la fuerza y -5,1% en la circunferencia del brazo (Valdes et al., 2021). Además, posterior a un periodo de inmovilización del codo de cuatro semanas, se encontró que realizar práctica mental (cinco sesiones por semana) en un grupo de hombres de 22 años, favorece al aumento de la fuerza del flexor del codo, mientras que la actividad eléctrica muscular (AEM) aumentó significativamente en el flexor del codo, sin embargo, disminuyó en el extensor del codo (Bahari et al., 2011).

Una posible explicación de la efectividad de la PM se debe a que, tanto al imaginar los movimientos como al ejecutarlos, se comparten conexiones neuronales similares. Es decir, al realizar

alguna de las dos prácticas (física o mental) se activan las mismas zonas del cerebro, entre ellas, el área motora suplementaria, la corteza premotora lateral, los ganglios basales y el cerebelo, las cuales participan en la preparación y anticipación de la acción, y están presentes en su consecuente ejecución (Jackson et al., 2003; Kuhtz-Buschbeck, et al., 2003; Meugnot et al., 2014). A nivel periférico, Di Rienzo et al. (2015) y Slimani et al. (2016) concuerdan en que los estímulos generados en dichas regiones cerebrales activarán las motoneuronas implicadas en el movimiento, lo cual, con el transcurso de los ensayos, aumentará el reclutamiento y sincronización de disparo de las mismas, favoreciendo en esta oportunidad la fuerza producida.

Según Yang et al. (2012) las lesiones en el deporte han aumentado considerablemente por factores tales como la profesionalización, la competitividad y la oportunidad de practicarlo por periodos más prolongados de tiempo. Aunado a lo anterior, una lesión no solo puede observarse desde el enfoque de la recuperación propiamente, sino que involucra, además, aspectos emocionales y sociales (Wiese-Bjornstal, 2014), por lo que la opción de otros recursos o de técnicas que contribuyan a una pronta recuperación y vuelta a la práctica, se hace más que necesario en la actualidad. Con la práctica mental enfocada en el movimiento o contracción muscular de la extremidad inmovilizada, se favorece a que no haya disminución o se logre mantener la fuerza y/o masa muscular, facilitando el proceso de recuperación. Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la práctica mental kinestésica en la fuerza y actividad eléctrica del bíceps braquial, luego de un periodo de inmovilización del codo, en un grupo de personas adultos jóvenes sanos. Basados en la literatura consultada se planteó como hipótesis que: realizar PMK presenta beneficios en los niveles de fuerza y de actividad eléctrica muscular en comparación con el grupo control después de un periodo de inmovilización.

METODOLOGÍA

Diseño. El presente estudio es un ensayo clínico aleatorizado (ECA) de grupos paralelos asignados aleatoriamente; se contó con dos mediciones (pretest y post test). Los participantes conocían al grupo al que pertenecían.

Participantes. El estudio se realizó con un grupo de 14 estudiantes universitarios voluntarios (siete hombres y siete mujeres), con un rango de edad entre los 17 y 24 años. El muestreo utilizado fue no probabilístico de conveniencia, que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión establecidos *a priori*: no presentar una lesión reciente en el brazo no dominante, no haber sufrido miopatía o cualquier otra afección que pudiera influir en las mediciones de fuerza y comprender los requisitos para realizar imágenes mentales. Este estudio se apejó a la declaración de Helsinki.

Instrumentos. Para la medición de la fuerza se empleó un dinamómetro digital de mano CAMRY modelo EH101, el cual registra los intentos realizados en kilogramos. La actividad eléctrica del músculo (AEM) se midió utilizando un equipo de electromiografía (EMG) marca NORAXON-MYOTRACE 400, el software MyoResearch XP MT400 (Clinical Edition 1.07.41) y una computadora Dell (modelo Latitude E6400). Además, se utilizaron electrodos de monitorización con soporte de espuma (3M de 3,2 cm de ancho y 4 cm de largo). Se requirió de un metrónomo (Metronome Beats Pro) para reproducir la velocidad específica requerida para evaluar la AEM, mancuernas con dos pesos diferentes (5 lb para las mujeres y 10 lb para los hombres). Se utilizó el programa Audacity (versión 2.3.2.) para grabar el audio utilizado para la práctica mental. Por último, para fines descriptivos de la muestra se utilizó un tallímetro y báscula marca SECA (modelo 286).

Procedimientos. Los participantes asistieron en dos ocasiones al laboratorio. En la primera sesión, se explicó el estudio y se firmó el consentimiento informado para ser participante del estudio; en caso de que fueran mayores de edad (18 años o más). Para

las personas menores de edad (17 años), firmaron un asentimiento informado (y se les solicitó, que el representante legal firmara el consentimiento informado). Se obtuvo el peso y la talla de los participantes.

Primero, se colocaron los electrodos a los participantes; para ello se limpiaron con alcohol los tres puntos a nivel del bíceps braquial del brazo no dominante, para captar mejor la señal y disminuir la impedancia que conlleva la generación de ruido en la señal final (Stegeman & Hermens, 2007). Para obtener la AEM del bíceps se solicitó a la persona realizar el movimiento de flexión de codo con mancuerna (tres series de 15 repeticiones cada una y un minuto de descanso entre series, 5 lb mujeres y 10 lb hombres, con una velocidad de 3 beats por compás). Previo a la medición, se les explicó el movimiento y se realizaron dos intentos de práctica. Para registrar el inicio de las señales, se fijó un nivel basal para los participantes. Las señales del EMG se limpiaron utilizando las funciones de rectificación –descarta los datos negativos y mantiene solo los positivos (Reaz et al., 2006)– y suavizado –elimina o reduce la señal que es producida cuando un grupo de motoneuronas disparan al mismo tiempo produciendo una superposición de la señal (Konrad, 2005)–. Posteriormente, se hizo la prueba de fuerza con el dinamómetro, en que se pidió a los participantes realizar una contracción voluntaria al máximo.

Al final de la primera sesión, se demostró la colocación del cabestrillo y se brindaron las indicaciones generales de cómo debían mantener inmovilizado su brazo no dominante durante los seis días; se les solicitó que únicamente se quitaran el cabestrillo para dormir, bañarse y vestirse y que los movimientos que hicieran en estos momentos específicos fueran mínimos, además, se les solicitó no realizar ejercicio durante esos días.

Las personas participantes fueron asignadas aleatoriamente (simple al azar - tipo tómbola) a uno de los dos grupos: grupo control o experimental. El grupo control no realizó PMK durante los seis días de inmovilización, mientras que el grupo experimental

realizó tres series de 15 repeticiones, con un minuto de descanso entre series de PMK, tres veces al día, durante seis días. Para la PMK, se utilizó un script que fue grabado y enviado por mensaje de audio al teléfono celular. Por este mismo medio, se les recordó diariamente a los participantes realizar el tratamiento.

El script fue el siguiente:

“Es posible que desee cerrar sus ojos para facilitar su concentración, vamos a respirar tres veces consecutivas. Yo contaré cinco segundos para que pueda inspirar todo lo que pueda por la nariz y después de cinco segundos exhalaremos todo el aire que inspiró por la boca. Mientras realizamos este ejercicio, quiero que sienta cómo su caja torácica empieza a expandirse y de igual forma sus pulmones, cuando expiremos sienta como libera todo lo que había acumulado en los primeros cinco segundos. Todo su cuerpo en este preciso momento estará relajándose al mismo tiempo que avanzamos con las respiraciones. Al contar tres, comenzaremos con la primera respiración; recuerde que tiene cinco segundos, contamos “1, 2, 3; comience a respirar” “1...2...3...4...5”; exhalamos el aire lentamente “1...2...3...4...5”, volvemos a inhalar en “1, 2, 3, comience a respirar” “1...2...3...4...5”; exhalamos el aire lentamente “1...2...3...4...5”; vamos a la última repetición de este ejercicio, sienta cómo su cuerpo se ha estado relajando conforme hemos realizado las respiraciones, la última inhalación comenzará en “1, 2, 3, comience a respirar” “1...2...3...4...5”; exhalamos el aire lentamente “1...2...3...4...5”. Ahora quiero que trate de imaginarse sentado en la silla, sosteniendo la mancuerna con la que entrenamos el otro día; debe sentir como el brazo y bíceps de su brazo inmovilizado están teniendo una contracción en este preciso momento por estar sosteniendo la

mancuerna. Cuando contemos tres, quiero que trate de realizar una flexión de codo, debe imaginarse levantando la mancuerna y bajándola, siguiendo el tempo del metrónomo, como lo practicamos la sesión anterior. Recuerde, siempre trate de mantener una respiración constante, ya sea que respire mientras sube el peso o mientras lo baje; recuerde no sostener la respiración en ningún momento durante las repeticiones. Mientras realiza estas contracciones, debe intentar sentir cómo su músculo se está tensando mientras eleva la mancuerna y cómo éste se relaja cuando vuelve a la posición inicial. Al mismo tiempo, conforme avanzan las repeticiones empezará a experimentar las sensaciones de fatiga y de dolor propios del ejercicio, todo esto se está sintiendo en el bíceps. Debe intentar sentir todo esto, pero sin moverse físicamente. Al contar tres comenzaremos con la primera serie en “1, 2, 3, comience” ... (suena el metrónomo) descansamos por un minuto, volvemos a comenzar la segunda serie en “1, 2, 3, comience” ... (suena el metrónomo) descansamos por un minuto, estamos ya en la tercera y última serie de esta sesión, comenzaremos en “1, 2, 3, comience” (suena el metrónomo). Vamos a respirar tres veces consecutivas, puede comenzar a abrir sus ojos lentamente. Hemos finalizado con la sesión del momento.”

En la segunda sesión, los participantes asistieron al laboratorio seis días después de la inmovilización. Al igual que en la primera sesión, se midió la AEM y la fuerza del brazo inmovilizado.

Análisis de datos

Se calculó la estadística descriptiva (media y desviación estándar) y se analizaron los supuestos de normalidad (prueba Shapiro Wilk) y homocedasticidad (prueba de Levene) de los datos.

Se realizó una prueba t-Student para grupos independientes para comprobar la equivalencia entre grupos al inicio del estudio. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de 2 vías grupo (2) por medición (2), con medidas repetidas en el último factor, para las variables de fuerza y AEM. Los análisis del estudio se realizaron por medio del programa estadístico Statistical Package for Social Sciences (IBM-SPSS®, IBM Corporation, New York, USA) versión 25, se consideró estadísticamente significativo un valor $p < 0,05$. Adicional a lo anterior, se calculó el porcentaje de cambio de cada grupo, utilizando la siguiente fórmula: media del postest, menos la media del pretest, dividido entre la desviación estándar del pretest, multiplicado por 100. Se realizó un análisis *a posteriori* de la potencia del estudio.

RESULTADOS

Los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p > 0,05$). Las personas participantes fueron siete hombres y siete mujeres con edad promedio de 18,64 años ($\pm 0,92$), estatura promedio de 163,68 cm ($\pm 6,49$) y peso promedio de 63,15 kg ($\pm 10,64$). En la Tabla 1, se muestran los valores de fuerza y actividad eléctrica.

Los resultados de la prueba t-Student, indicaron que no hay diferencias entre los grupos al inicio del estudio en la variable de fuerza ($t = 0,909$; $p = 0,381$), ni en la variable de AEM ($t = -0,698$; $p = 0,498$).

Tabla 1

Estadística descriptiva para fuerza y actividad eléctrica del músculo según grupo y medición.

| Variable | Grupo | Pretest | | Postest | |
|-------------|--------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| | | \bar{X} | DE | \bar{X} | DE |
| Fuerza (kg) | Control | 31,47 | $\pm 5,89$ | $\pm 30,07$ | $\pm 4,29$ |
| | Experimental | 27,71 | $\pm 9,21$ | $\pm 30,77$ | $\pm 10,01$ |
| AEM (mV) | Control | 1947,62 | $\pm 1044,76$ | $\pm 1947,90$ | $\pm 1133,74$ |
| | Experimental | 2412,43 | $\pm 1417,90$ | $\pm 2359,71$ | $\pm 1596,93$ |

Nota: valores se muestran en Media (M) y Desviación estándar (DE). AEM = actividad eléctrica del músculo. La unidad de medida de la fuerza es kilogramos (kg). La unidad de medición de la AEM es microvoltios (mV).

Fuerza

Al aplicar la prueba de ANOVA de 2 vías grupo x medición, no se encontró una interacción significativa entre los factores ($F = 4,130$, $p = 0,065$), ni diferencias de grupo ($F = 0,148$, $p = 0,707$), ni de medición ($F = 0,517$, $p = 0,464$). El porcentaje de cambio indicó que el grupo control presentó una disminución de la fuerza de 23,75%, mientras que el experimental aumentó en 33,19%.

Actividad eléctrica muscular

Al aplicar la prueba de ANOVA de dos vías grupo x medición, no se encontró una interacción significativa entre los factores ($F = 0,033$, $p = 0,859$), ni diferencias de grupo ($F = 0,405$, $p = 0,536$), ni de medición ($F = 0,032$, $p = 0,860$). El porcentaje de cambio indicó que el grupo control presentó un cambio en la AEM de -3.71%, mientras que el experimental cambió un 0,02%.

Sin embargo, cabe destacar que el análisis *a posteriori* de potencia fue de 0,464, el cual se encuentra por debajo del límite inferior recomendado por Keppel & Wickens (2004), lo que indica una probabilidad 53,6% de que, si haya diferencias significativas y no se detectaran en este estudio por un tamaño de muestra pequeño.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la PMK en la fuerza y actividad eléctrica del músculo del bíceps braquial, luego de un periodo de inmovilización del codo en un grupo de personas adultas. Los resultados demostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la fuerza ni en la actividad eléctrica muscular entre los sujetos que realizaron PMK y los que no la realizaron, durante la inmovilización de la extremidad no dominante. Sin embargo, el porcentaje de cambio que presentó el grupo que realizó la PMK en la fuerza fue positivo, mientras que el porcentaje de cambio del grupo que no realizó PMK fue negativo.

La PM ha presentado efectos positivos, ya sea incrementando la fuerza o manteniéndola, durante un periodo de inmovilización (Bahari et al., 2011; Robles & Gil, 2019). Las regiones del cuerpo inmovilizadas, los tratamientos y las duraciones implementadas para evaluar la variable fuerza han sido bastante variados. El de menor duración tardó 10 días y se inmovilizó el brazo, los participantes hacían PM tres veces al día por cinco minutos para evaluar los cambios de fuerza en la flexión y extensión de muñeca (Newsom et al., 2003). Clark et al. (2014) se enfocaron en evaluar la fuerza de la muñeca después de que sus participantes permanecieran con el brazo inmovilizado por cuatro semanas y realizaran una intervención de cinco semanas, haciendo contracciones imaginarias de cinco segundos con cinco segundos de descanso, un total de 52 veces. En el estudio de Frenkel et al. (2014), durante tres semanas los sujetos tuvieron inmovilizado el antebrazo y efectuaron sesiones de PM de 15 minutos. Tal y como sostiene la literatura, inmovilizaciones con una duración de cuatro

semanas probablemente sean necesarias para notar cambios en la fuerza y la AEM producto de la PM (Bahari et al., 2011). Sin embargo, con el estudio de Newsom et al. (2003) ya con 10 días se obtienen diferencias significativas entre los distintos tratamientos (es decir, PM y control). Es importante aclarar que, a la fecha no se encontraron estudios cuya intervención fuera menor a 10 días para evaluar los cambios en términos de fuerza con un entrenamiento de PM después de un periodo de inmovilización, por lo tanto, era de relevancia conocer si antes de ese momento ya existían posibles alteraciones en la fuerza, dado que es un dato no conocido actualmente.

Considerando lo comentado anteriormente con los hallazgos de nuestro trabajo, es de suponer que efectivamente seis días no son suficientes para ocasionar una diferencia significativa en el cambio de la fuerza después de un periodo de inmovilización del codo en un grupo de adultos jóvenes sanos de 18 años, al realizar o no PMK. No obstante, es de importancia resaltar que el grupo que realizó PM presentó un cambio de fuerza de 33,19%, mientras que no realizar PM implicó una disminución de la fuerza de 23,75%. Estos resultados son apoyados por resultados similares, donde realizar PM implicó un aumento de la fuerza del 16% (Leung et al., 2013) o del 30% (Bahari et al., 2011).

La literatura científica sugiere que la PM es efectiva, ya que activa las mismas zonas cerebrales que al realizar el movimiento como tal (Jackson et al., 2003; Stecklow et al., 2010). Además, se ha comprobado que la PM favorece a la activación eléctrica en el músculo (Guillot et al., 2007). Adicional a lo anterior, la fuerza y la PM se relacionan por medio de dos procesos: las adaptaciones neurológicas y las respuestas fisiológicas (Slimani et al., 2016). El primer proceso menciona que, durante la PM, el componente neural participa más en las ganancias de fuerza comparadas con el componente muscular, ya que ayuda a organizar y ejecutar el programa motor, lo que conlleva que se mejore la coordinación intramuscular y/o la activación hacia los músculos claves en el

movimiento, permitiendo que se incremente su rendimiento (Yao et al., 2013). En relación con los procesos fisiológicos, Slimani et al. (2016) mencionan en una revisión de literatura, que existen aumentos en la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la ventilación pulmonar por activación del sistema nervioso autónomo proveniente de la PM llevada a cabo por las personas.

Los resultados del presente estudio sugieren que un periodo de inmovilización del codo de seis días no es tiempo suficiente para que la fuerza disminuya significativamente, y la PM realizada, no presentara un efecto significativo en la fuerza ni en la AEM, aunque, realizar PM presentó un porcentaje de cambio positivo del 33% de la fuerza en la extremidad inmovilizada, contrario al porcentaje de cambio negativo de la fuerza que presentó el grupo que no realizó PM. Se debe tener en cuenta que en esta investigación se presentaron algunas limitaciones, por ejemplo, realizar la inmovilización con cabestrillo, en vez de utilizar un objeto más reforzado como una férula o yeso, ya que el cabestrillo podría facilitar un movimiento mínimo. Otra limitación que destacar, es el tamaño de muestra, ya que es pequeña, lo cual reduce la posibilidad de detectar un resultado significativo el 46% de las veces. En las ciencias del movimiento humano Keppel & Wickens (2004) mencionan que la potencia en un estudio debe estar entre 50% y el 90%, mientras que Thomas et al. (2005) indican que la potencia debe ser del 80%. Sin embargo, además del tamaño de muestra, el valor de alfa y el efecto del tratamiento en sí, también afectan directamente la potencia del estudio. Por lo que, para reducir el impacto del tamaño de la muestra, se emplearon instrumentos de medición precisos y se utilizó una muestra homogénea.

Se recomienda realizar PM en la extremidad que ha sido inmovilizada desde el primer día, ya que permitirá preservar las funciones, no solamente a nivel cortical (por ejemplo, planeamiento de la tarea) sino también de ejecución a nivel periférico (Debarnot et al., 2021; Newbold et al., 2020), incluyendo, por ende, disminuciones no drásticas en

los niveles de fuerza, lo cual facilitaría un proceso de rehabilitación.

En conclusión, realizar PM no presenta un cambio significativo en la fuerza ni en la actividad eléctrica muscular del bíceps, durante la inmovilización de la extremidad no dominante; sin embargo, realizar PM aumentó la fuerza en 33,19%, mientras que no realizar PM disminuyó la fuerza en 23,75%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bahari, S. M., Damirchi, A., Rahmaninia, F., & Salehian, M. H. (2011). The effects of mental practice on strength gain and electromyographic changes in elbow flexor muscles. *Annals of Biological Research*, 2(6), 198-207. <https://www.scholarsresearchlibrary.com/abstract/the-effects-of-mental-practice-on-strength-gain-and-electromyographic-changes-in-elbow-flexor-muscles-9314.html>
- Clark, B. C., Mahato, N. K., Nakazawa, M., Law, T. D., & Thomas, J. S. (2014). The power of the mind: the cortex as a critical determinant of muscle strength/weakness. *Journal of neurophysiology*, 112(12), 3219-3226. <https://doi.org/10.1152/jn.00386.2014>
- Debarnot, U., Perrault, A. A., Sterpenich, V., Legendre, G., Huber, C., Guillot, A., & Schwartz, S. (2021). Motor imagery practice benefits during arm immobilization. *Scientific Reports*, 11, 8928. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88142-6>
- Di Rienzo, F., Blache, Y., Kanthack, T. F., Monteil, K., Collet, C., & Guillot, A. (2015). Short-term effects of integrated motor imagery practice on muscle activation and force performance. *Neuroscience*, 305, 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.07.080>

- Dirks, M. L., Backx, E. M. P., Wall, B. T., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. C. (2016). May bed rest cause greater muscle loss than limb immobilization?. *Acta Physiologica*, 218(1), 10-12. <https://doi.org/10.1111/apha.12699>
- Driskell, J. E., Copper, C., & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance?. *Journal of Applied Psychology*, 79(4), 481-492. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.4.481>
- Frenkel, M. O., Herzig, D. S., Gebhard, F., Mayer, J., Becker, C., & Einsiedel, T. (2014). Mental practice maintains range of motion despite forearm immobilization: A pilot study in healthy persons. *Journal of rehabilitation medicine*, 46(3), 225-232. <https://doi.org/10.2340/16501977-1263>
- Guillot, A., Lebon, F., Rouffet, D., Champely, S., Doyon, J., & Collet, C. (2007). Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology*, 66(1), 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.05.009>
- Heyward, V. H. (2008). *Evaluación de la Aptitud Física y Prescripción del Ejercicio*. Médica Panamericana.
- Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C. L., & Doyon, J. (2003). Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *Neuroimage*, 20(2), 1171-1180. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00369-0](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00369-0)
- Keppel, G., & Wickens, T. D. (2004). *Design and Analysis: A Researcher's Handbook*. Prentice Hall. <https://books.google.com/books?id=SOckAQAAIAAJ>
- Konrad, P. (2005). *The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography*. Noraxon INC. USA.
- Kraemer, W., Denegar, C., & Flanagan, S. (2009). Recovery From Injury in Sport: Considerations in the Transition From Medical Care to Performance Care. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 1(5), 392-395. <https://doi.org/10.1177/1941738109343156>
- Kuhtz-Buschbeck, J. P., Mahnkopf, C., Holzknecht, C., Siebner, H., Ulmer, S., & Jansen, O. (2003). Effector-independent representations of simple and complex imagined finger movements: A combined fMRI and TMS study. *European Journal of Neuroscience*, 18(12), 3375-3387. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2003.03066.x>
- Leung, M. C. M., Spittle, M., & Kidgell, D. J. (2013). Corticospinal Excitability Following Short-Term Motor Imagery Training of a Strength Task. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*, 8(1), 35-44. <https://doi.org/10.1515/jirspa-2012-0006>
- Liu, H., Song, L., & Zhang, T. (2014). Mental practice combined with physical practice to enhance hand recovery in stroke patients. *Behavioural neurology*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/876416>
- Meugnot, A., Almecija, Y., & Toussaint, L. (2014). The embodied nature of motor imagery processes highlighted by short-term limb immobilization. *Experimental Psychology*, 61(3), 180-186. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000237>
- Newsom, J., Knight, P., & Balnave, R. (2003). Use of Mental Imagery to Limit Strength Loss after Immobilization. *Journal of Sport Rehabilitation*, 12(3), 249-258. <https://doi.org/10.1123/jsr.12.3.249>

- Newbold, D. J., Laumann, T. O., Hoyt, C. R., Hampton, J. M., Montez, D. F., Raut, R. V., Ortega, M., Mitra, A., Nielsen, A., Miller, D., Adeyemo, B., Nguyen, A., Scheidter, K., Tanenbaum, A., Van, A., Marek, S., Schlaggar, B., Carter, A., Greene, D., ... Dosenbach, N. U. (2020). Plasticity and spontaneous activity pulses in disused human brain circuits. *Neuron*, 107(3), 580-589. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.05.007>
- Olusoga, P., Maynard, I., Butt, J., & Hays, K. (2014). Coaching under pressure: Mental skills training for sports coaches. *Sport and exercise psychology review*, 10(3), 31-44. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.639384>
- Reaz, M. B. I., Hussain, M. S., & Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG signal analysis: Detection, processing, classification and application. *Biological procedures online*, 8(1), 11-35. <https://doi.org/10.1251/bpo115>
- Robles, E. P., & Gil, J. A. D. (2019). Efectos de la imagería motora aplicada durante el periodo de inmovilización o posquirúrgico en miembro superior: Una revisión sistemática. *Fisioterapia*, 41(4), 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2019.05.002>
- Rozand, V., Lebon, F., Papaxanthis, C., & Lepers, R. (2014). Does a mental training session induce neuromuscular fatigue? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(10), 1981-1989. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000327>
- Slimani, M., Tod, D., Chaabene, H., Miarka, B., & Chamari, K. (2016). Effects of Mental Imagery on Muscular Strength in Healthy and Patient Participants: A Systematic Review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(3), 434-450. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974856/>
- Stecklow, M. V., Infantosi, A. F. C., & Cagy, M. (2010). EEG changes during sequences of visual and kinesthetic motor imagery. *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, 68(4), 556-561. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2010000400015>
- Stegeman, D., & Hermens, H. (2007). Standards for surface electromyography: The European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM). *Roessingh Research and Development*, 108-112.
- Stenekes, M. W., Geertzen, J. H., Nicolai, J.-P. A., De Jong, B. M., & Mulder, T. (2009). Effects of Motor Imagery on Hand Function During Immobilization After Flexor Tendon Repair. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(4), 553-559. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.10.029>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports medicine*, 48(4), 765-785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. (2005). *Research Methods in Physical Activity* (5ª Ed.). Human Kinetics.
- Valdes, O., Ramirez, C., Perez, F., Garcia - Vicencio, S., Nosaka, K., & Penailillo, L. (2021). Contralateral effects of eccentric resistance training on immobilized arm. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(1), 76-90. <https://doi.org/10.1111/sms.13821>
- Vigelsø, A., Gram, M., Wiuff, C., Andersen, J., Helge, J., & Dela, F. (2015). Six weeks' aerobic retraining after two weeks' immobilization restores leg lean mass and aerobic capacity but does not fully rehabilitate leg strength in young and older men. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 47(6), 552-560. <https://doi.org/10.2340/16501977-1961>

- Vodičar, J., Kovač, E., & Tušak, M. (2012). Effectiveness of athletes' pre-competition mental preparation. *Kinesiology Slovenica*, 18(1), 22-37.
<https://www.proquest.com/docview/1032975081>
- Wall, B. T., Dirks, M. L., Snijders, T., Senden, J. M. G., Dolmans, J., & van Loon, L. J. C. (2014). Substantial skeletal muscle loss occurs during only 5 days of disuse. *Acta Physiologica*, 210(3), 600-611.
<https://doi.org/10.1111/apha.12190>
- Wiese-Bjornstal, D. M. (2014). Reflections on a quarter-century of research in sports medicine psychology. *Revista de psicología del deporte*, 23(2), 411-421.
<https://www.redalyc.org/pdf/2351/235131674021.pdf>
- Yang, J., Tibbetts, A. S., Covassin, T., Cheng, G., Nayar, S., & Heiden, E. (2012). Epidemiology of overuse and acute injuries among competitive collegiate athletes. *Journal of athletic training*, 47(2), 198-204.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.2.198>
- Yao, W. X., Ranganathan, V. K., Allexandre, D., Siemionow, V., & Yue, G. H. (2013). Kinesthetic imagery training of forceful muscle contractions increases brain signal and muscle strength. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 561.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00561>

Dirección para correspondencia

Nicole Ulloa-Escalante
Estudiante de bachillerato, Ciencias del Movimiento Humano
Escuela de Educación Física y Deportes
Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano,
Universidad de Costa Rica.
Dirección postal: 40602
San José, Costa Rica.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9255-8882>

Contacto:
nicole.ulloa@ucr.ac.cr

Recibido: 15-06-2021
Aceptado: 12-07-2021



Este obra está bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.