



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

¿AJUSTAR EL PERFIL TORQUE-ROM DE UN EJERCICIO AL PERFIL TORQUE-LONGITUD DEL MÚSCULO AGONISTA INDUCIRÁ MAYORES GANANCIAS DE MASA MUSCULAR O FUERZA A LARGO PLAZO?

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

CURSO 2021-2022

TUTOR ACADÉMICO: FRANCISCO DAVID BARBADO MURILLO

CARLOS TORRALBA GÁLVEZ

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<i>ENTRENAMIENTO ISOCINÉTICO</i> .....	3
<i>LEVAS, SU MODIFICACIÓN GEOMÉTRICA Y MÁQUINAS DE PALANCAS</i> .....	4
<i>BANDAS ELÁSTICAS Y CADENAS</i> .....	4
<i>IMPLEMENTACIÓN DE LA INERCIA</i> .....	5
<i>EFFECTOS CRÓNICOS DE EJERCICIOS DE FUERZA QUE MODIFIQUEN EL PERFIL TORQUE-ROM</i> .....	5
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i> .....	6
<b>PROPUESTA DE INTERVENCIÓN</b> .....	7
<i>PARTICIPANTES</i> .....	7
<i>DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN</i> .....	7
<i>CONTROL DE VARIABLES A OBSERVAR</i> .....	10
<i>PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS</i> .....	11
<i>CONTROL DE VARIABLES CONTAMINANTES</i> .....	11
<i>LIMITACIONES</i> .....	11
<b>REFERENCIAS</b> .....	12



## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento con pesas es uno de los tipos de entrenamiento de fuerza más usados y desarrollados desde hace años en todo el mundo. Diversas metodologías han sido investigadas y desarrolladas, programando y prescribiendo variables fundamentales para el control de la carga de entrenamiento, como son la intensidad, el volumen, la densidad de trabajo (Bird et al., 2005; Schoenfeld et al., 2017), el carácter del esfuerzo (Balsalobre-Fernández et al., 2021), la frecuencia (Ralston et al., 2018) y la selección de ejercicios (Baz-Valle et al., 2019; Barbalho et al., 2021). Una variable relevante para controlar la carga de entrenamiento que ha sido poco estudiada por la dificultad de modularla es la fluctuación del torque ( $\text{Torque} = \text{Fuerza} \times \text{Distancia al eje de rotación}$ ) experimentado en un ejercicio a lo largo del rango de movimiento (ROM) (Folland & Morris, 2008) el cual en puede ajustarse en mayor o menor medida a la fuerza intramuscular desarrollada. Esto se debe a la variación de la posición de la masa levantada con respecto al eje de rotación principal en el movimiento experimentando así fluctuaciones de la carga real para una misma masa levantada. Además, cada músculo tiene unas capacidades distintas de ejercer fuerza dependiendo de su longitud fascicular en cada parte del ROM. De ahí la idea de poder ajustar más o menos ambos factores descritos.

Se ha sugerido que la resistencia constante (entrenamiento tradicional) no puede estimular completamente el sistema neuromuscular en ejercicios como la sentadilla o el press de banca. Lo atribuyen al uso de menores porcentajes de fuerza máxima durante las últimas fases del levantamiento. Puesto que la cantidad de fuerza producida por los grupos musculares involucrados en estos ejercicios aumenta durante las últimas etapas de la fase concéntrica. Es decir, la magnitud del estímulo mecánico no es la misma en todo el ROM (Arazi et al., 2020). Y teniendo en cuenta la importancia del trabajo total, ( $\text{repeticiones} \times \text{series} \times \text{fuerza concéntrica promedio}$ ) podría no ser óptimo para estimular dichas adaptaciones (S. Walker et al., 2013).

Con objeto de maximizar la fuerza muscular ejercida a lo largo de todo el ROM, se han propuesto diversos métodos para variar dicho perfil de resistencia (perfil 'torque-ROM') del ejercicio como son a) el entrenamiento isocinético b) la variación geométrica de las levas equipadas en máquinas de musculación c) la adición de bandas de resistencia o cadenas y d) el uso de inercia.

### ENTRENAMIENTO ISOCINÉTICO

El entrenamiento isocinético se basa en la realización de repeticiones con contracciones dinámicas en las que la velocidad angular es constante. Dicha velocidad angular puede estar presente por una resistencia interna que se adapta a la fuerza aplicada. Al alcanzar la velocidad angular preestablecida (a unos pocos grados del inicio del ROM) la resistencia al movimiento será determinada por el esfuerzo del sujeto (Grimby, 1982). Ajustándose así la resistencia ejercida por el dispositivo a la capacidad de ejercer fuerza del músculo agonista durante toda la repetición. Se ha sugerido que ya que este tipo de entrenamiento mantiene una velocidad constante y, por lo tanto, una aceleración cero, se proporciona una mecánica más adecuada para obtener un esfuerzo concéntrico máximo a lo largo de un ROM concreto en comparación con el entrenamiento isotónico, permitiendo que el 'Trabajo' se produzca ( $\text{Trabajo} = \text{Fuerza} \times \text{Desplazamiento}$ ) lo cual supone una



Figura 1. Dinamómetro isocinético 'Cybex NORM' (Wilcock et al., 2008).

diferencia respecto al entrenamiento isométrico (Desplazamiento = 0) (Frost et al., 2010).

Gracias a este método de entrenamiento, la fuerza en cada ángulo del ROM será la máxima que el músculo pueda producir a esa longitud fascicular.

### LEVAS, SU MODIFICACIÓN GEOMÉTRICA Y MÁQUINAS DE PALANCAS

Las máquinas de musculación tradicionales cuentan con una resistencia externa (como placas o discos incrementales en peso) conectada con un brazo de palanca rotatorio (en el que el usuario aplica fuerza). Entre estos dos elementos se encuentra un sistema de cables con una polea principal [conocida como leva (figura 2)] cuya geometría se puede variar (Staniszewski et al., 2020).

Mediante la manipulación de estos elementos, podemos conseguir resistencias distintas a lo largo del ROM del mismo ejercicio. Una leva circular (figura 2, c) dará como resultado una carga constante durante todo el ROM (S. Walker et al., 2011), mientras que una leva asimétrica (figura 2, b) dará una resistencia variable a lo largo del mismo ROM, ya que aumenta o disminuye el radio de esta, generando mayores o menores brazos de palanca respecto al cable de la polea (Frost et al., 2010; Urbanik et al., 2013; Biscarini, 2003).

A este apartado se le puede añadir otra modalidad de máquinas de musculación (figura 3) en la que la carga se encuentra en el extremo de una palanca, la cual es movilizada por el sujeto mediante el agarre del extremo opuesto de dicha palanca. En este caso la resistencia también varía durante el movimiento debido al aumento-disminución del brazo de momento (figura 4). Pudiendo así diseñar palancas específicas para hacer más o menos exigentes partes concretas del ROM.

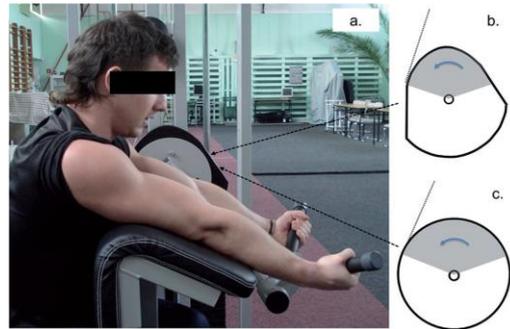


Figura 2. Diferentes levass durante un curl scott (Michał Staniszewski et al., 2020).

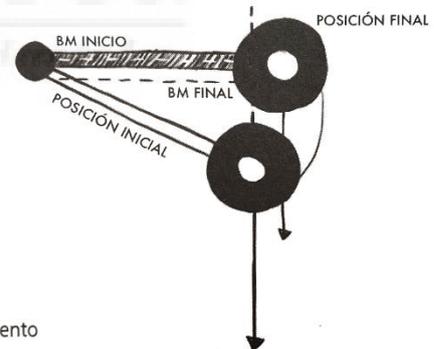


Figura 4. Ejemplo de la variación del brazo de momento con respecto al eje de rotación (Guzmán, 2022).

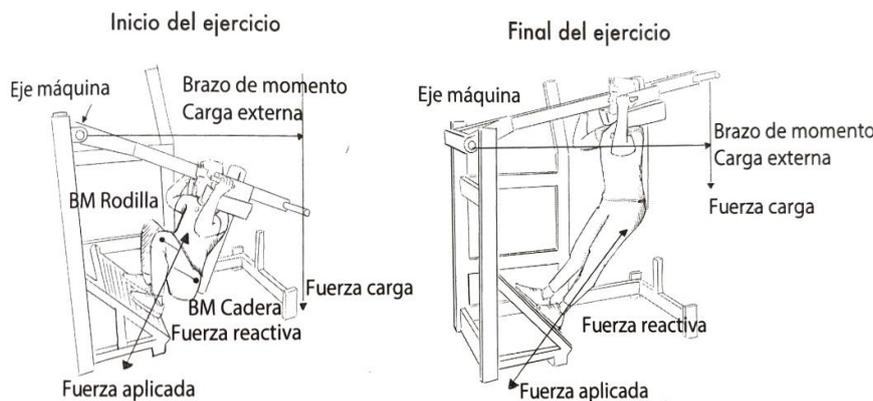


Figura 3. Esquema de una sentadilla pendular en máquina (Guzmán, 2022).

## BANDAS ELÁSTICAS Y CADENAS

La adición de bandas de resistencia (si añade resistencia; figura 5a) o asistencia (si resta resistencia; figura 5b) y de cadenas es usualmente empleada para modificar la curva torque-ROM de un ejercicio haciéndolo más fácil o más difícil en algún punto del ROM. Comúnmente se emplea en ejercicios multiarticulares (figura 6) como la sentadilla o el press banca, añadiendo resistencia al final del movimiento (fin de la fase concéntrica) donde los principales músculos agonistas pierden gran parte de la tensión debido a la disminución de las demandas del propio patrón de movimiento.



Figura 6. Peso muerto con resistencia extra al final del ROM (Heelas et al., 2021).

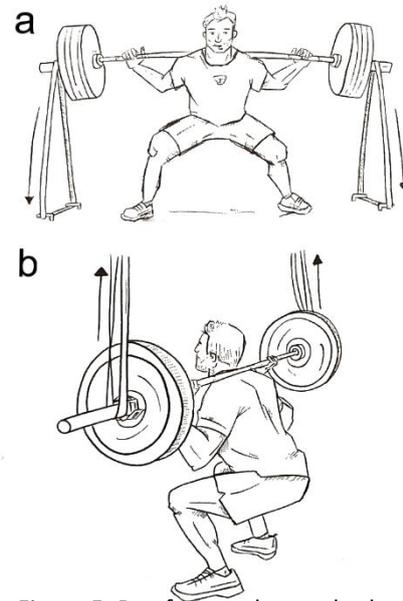


Figura 5. Dos formas de usar las bandas elásticas: como resistencia y como asistencia (Guzmán, 2022).

## IMPLEMENTACIÓN DE LA INERCIA

Tomar impulso (usar inercia) puede afectar en gran medida a la cantidad de carga que puede levantarse con éxito y al esfuerzo requerido para ello. En un ejercicio compuesto como la sentadilla, el impulso generado después de la posición de sentadilla completa (punto más bajo del movimiento) se puede utilizar para superar la subsiguiente debilidad biomecánica en el punto medio de la fase concéntrica del levantamiento (Arandjelović, 2011).

Cuanto mayor es el impulso de la carga levantada, mayor tiempo se mantendrá esta en movimiento contra gravedad, incluso en ausencia de cualquier fuerza adicional ejercida contra ello por el sujeto. Por todo esto, el impulso (es decir, la inercia) se puede utilizar para superar puntos débiles de un levantamiento biomecánicamente hablando. Lo que podemos traducir en ajustar el perfil torque-ROM del ejercicio al torque-longitud del músculo (Arandjelović, 2013).

## EFFECTOS CRÓNICOS DE EJERCICIOS DE FUERZA QUE MODIFIQUEN EL PERFIL TORQUE-ROM

Una vez conocidas todas estas formas de variar el perfil de resistencia (perfil torque-ROM) surge una pregunta, ¿adaptar o ajustar dicho perfil torque-ROM de un ejercicio al perfil torque-longitud del músculo agonista de dicho ejercicio inducirá mayores ganancias de masa muscular o fuerza a largo plazo?

La literatura científica actual es escasa como para poder responder a esta pregunta de forma concluyente. En estudios previos se ha visto que el entrenamiento isocinético (EI) por sí solo, si bien produce aumentos en la masa muscular y la fuerza, estas no fueron significativamente mayores que las proporcionadas por entrenamientos tradicionales (ET). En estos trabajos, los grupos musculares entrenados y medidos fueron mayoritariamente el bíceps braquial, el cuádriceps femoral y los

isquiosurales (Ruas et al., 2018; Geremia et al., 2018; Coratella et al., 2015; Housh et al., 1992; Lacerte et al., 1992; Matta et al., 2017).

En cuanto a la variación geométrica de las poleas, tanto el ET (caracterizado por el uso de levas simétricas) como el entrenamiento con levas variables (ELV) parecen producir una hipertrofia muscular similar (Nunes et al., 2020; Michał Staniszewski et al., 2020; Urbanik et al., 2013; Walker et al., 2013). Sin embargo, sí parece proporcionar mayores aumentos de la fuerza y la potencia respecto al ET (Michał Staniszewski et al., 2017; Urbanik et al., 2013; Walker et al., 2011).

Hablando del entrenamiento con bandas elásticas y cadenas (ERV), en la literatura se puede observar que hay una tendencia clara a favor del ERV respecto al ET. Esta se observa en las ganancias de fuerza, potencia y velocidad de levantamiento en ejercicios compuestos como la sentadilla libre, el press de banca y el peso muerto (Arazi et al., 2020; Heelas et al., 2021; Revière et al., 2017; Rhea et al., 2009). Sin embargo, si la tensión ejercida por la banda de resistencia alcanza o excede el 30% de la carga total de la barra, los aumentos de potencia y velocidad se observan mínimos e incluso nulos (Heelas et al., 2021).

Para finalizar, dentro de la escasa literatura acerca de la inercia en el entrenamiento de fuerza, se vio que la adición de 'momentum' (inercia) en el ejercicio de elevaciones laterales con mancuerna, aumentó el torque muscular incluso sin un aumento de la carga externa (Arandjelović, 2013). Y si además se añadía un poco más de carga externa, el torque muscular incrementaba aún más. Además, se propuso que si el aumento de dicha carga externa es excesivo, el potencial hipertrófico se verá mermado por la disminución de repeticiones de cada serie con la consiguiente reducción del tiempo bajo tensión (TUT) de la musculatura agonista (Arandjelović, 2013). Para maximizar el torque máximo por repetición se propuso que la velocidad angular óptima debía ser de 30-60°/s (Arandjelović, 2013).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Toda esta información deja ver que puede ser interesante de cara a aumentar la fuerza, sin embargo, no es tan claro respecto a la hipertrofia. Por ello, planteo dos hipótesis:

❖ La primera consiste en que ajustar dichos perfiles de resistencia de los ejercicios y de fuerza muscular, permite al músculo trabajar de forma máxima en mayor parte del ROM del ejercicio en comparación con el entrenamiento tradicional. De lo contrario, se estaría 'desaprovechando' gran parte del estímulo que se podría estar llevando.

❖ La segunda consiste en que ajustar dichos perfiles de resistencia de los ejercicios y de fuerza muscular, lleva a realizar un número mayor de repeticiones en cada serie, con el consiguiente aumento del volumen de entrenamiento total. Esto se debe a que no se llega al fallo muscular en una parte concreta del ROM en la que las demandas del ejercicio suponen demasiado para el músculo agonista en dicha longitud. Como analogía de lo anterior, esa parte del ROM de la que hablo, sería un factor limitante, el eslabón débil de una cadena. Puesto que no permite sacar el máximo potencial en el resto de zonas del ROM al forzar la serie a terminar 'prematuramente'.

Después de indagar profundamente en la literatura, encuentro dos puntos que pueden no ser los más acertados para probar este tipo de entrenamiento. Uno es el volumen de entrenamiento semanal de los protocolos aplicados (11 series/semana de media) y el otro, la duración de las intervenciones (10.8 semanas de media). Considero necesario y útil un aumento en ambas variables (Schoenfeld et al., 2017). Por tanto, el objetivo de este trabajo es verificar si el entrenamiento ajustado (perfiles Torque-ROM y Torque-Longitud) proporciona mayores incrementos de masa muscular y de fuerza que el entrenamiento tradicional ante un alto volumen de entrenamiento a largo plazo.

## PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

### PARTICIPANTES

Se cogería un total de 25 sujetos, divididos de 5 en 5 entre los cuatro grupos que seguirán el protocolo de intervención y el grupo control. Se reclutarán alumnos o personas adjuntas de la facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

#### ❖ Criterios de inclusión:

- Sujetos varones de 18-35 años.
- Sujetos con experiencia previa en el entrenamiento de fuerza pero que no hayan entrenado de forma constante (al menos 1 vez cada 2 semanas) el deltoides directamente en los últimos 2-3 meses.
- Sujetos que no vayan a entrenar este grupo muscular de forma directa durante todo el periodo de intervención.

### DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN

La intervención consistirá en la puesta en práctica de cuatro protocolos de entrenamiento distintos a lo largo de 16 semanas, dos basados en un ejercicio de fuerza 'tradicional' (ET) [uso exclusivo de pesos libres y con un perfil torque-ROM muy diferente al torque-longitud del músculo diana (medido mediante 3 métodos distintos: Rastreador 3D con Potenciometría (Kuechle et al., 1997), Fluoroscopia (Walker et al., 2016) e implante biomodular (Bergmann et al., 2011))] y otros dos con un ejercicio 'ajustado' (EA) (uso de una máquina con un perfil torque-ROM muy similar al torque-longitud del músculo diana). Cada uno de los dos tipos de entrenamiento (ET y EA) se dividirá en otros dos grupos. Uno en el que se trabajará en base al porcentaje del 1RM (ETRM y EARM) y otro en base al TUT (ETTUT y EATUT).

#### ❖ Grupos:

*Entrenamiento tradicional RM:* Se realizarán unas elevaciones laterales con mancuernas (figura 7).

*Entrenamiento ajustado RM:* Se realizarán unas elevaciones laterales en máquina de palancas ('Etenon OSS Fitness - Lateral raises machine'; figura 8).

*Entrenamiento tradicional TUT:* Se realizarán unas elevaciones laterales con mancuernas (figura 7).

*Entrenamiento ajustado TUT:* Se realizarán unas elevaciones laterales en máquina de palancas ('Etenon OSS Fitness - Lateral raises machine'; figura 8).

*Grupo control:* Este grupo no realizará ningún tipo de actividad fuera de la que venía realizando anteriormente.



Figura 7. Elevaciones laterales con mancuerna.



Figura 8. Etenon OSS Fitness - Lateral raises machine.

❖ Variables de carga de los protocolos: En los grupos de entrenamiento en base al %1RM (ETRM y EARM), se igualará la intensidad (mismo %1RM) y se estandarizarán las series llevándolas hasta el fallo muscular. Para ello, se realizará una medición directa del 1RM de cada ejercicio. Para testar que ese %1RM se ajusta realmente al que le correspondería en una serie de 10 repeticiones, haremos una serie al fallo muscular con una carga submáxima del 10RM. Si no es correcto, se reajustaría la carga. Una vez hallado el %1RM correcto, se realizarán las series del protocolo con una carga del 10RM y se finalizarán una vez alcanzado el fallo muscular.

En los grupos de entrenamiento en base al TUT (ETTUT y EATUT), se igualarán el número de repeticiones y el TUT de cada serie (se estandarizará cada repetición como se explica en el siguiente apartado). Se realizarán 10 repeticiones por serie.

Todos los grupos realizarán un número total de 2 sesiones de entrenamiento a la semana y en cada una, 8 series de su ejercicio correspondiente.

❖ Estandarización de cada serie para los protocolos basados en el TUT: Se estandarizarán las series realizando cada repetición bajo el ritmo de un metrónomo (40 ppm), en el que cada repetición estará constituida por 2 pulsos, uno que dará inicio a la repetición y otro que indicará el final de la fase concéntrica. La excéntrica vendrá en el intervalo entre el segundo pulso y el primero de la siguiente repetición (figura 9). Los sujetos se familiarizarán con el ritmo descrito gracias a la realización previa a cada sesión de 2 series de 10 repeticiones del movimiento sin ningún tipo de carga. Esta estandarización del tiempo busca igualar el TUT de cada serie, puesto que es una de las variables clave para el desarrollo de la hipertrofia (Martins-Costa, 2022).

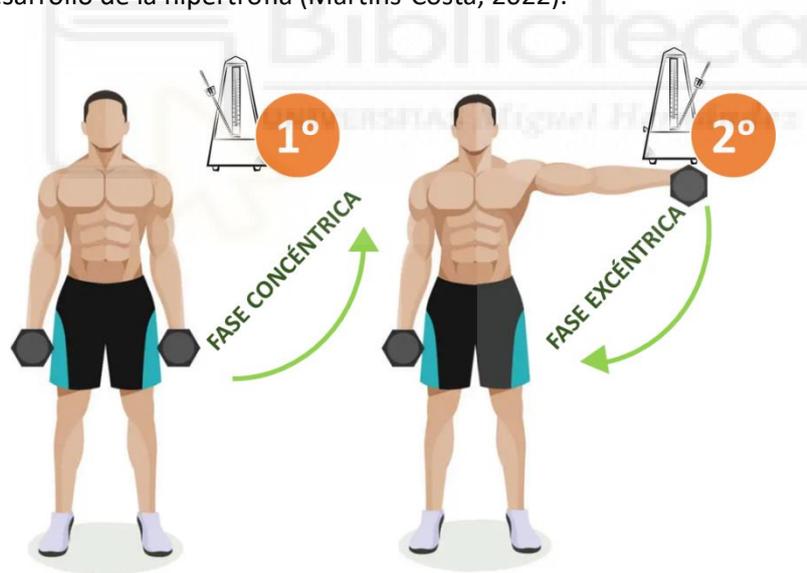


Figura 9. Ejemplo de una repetición con metrónomo.

❖ Relación entre los perfiles Torque-ROM de los ejercicios y Torque-Longitud del músculo:

- Ejercicio de los grupos ET: a) En las elevaciones laterales con mancuernas, el perfil de resistencia descrito va de menos a más torque por un aumento en el brazo de momento (figura 10).

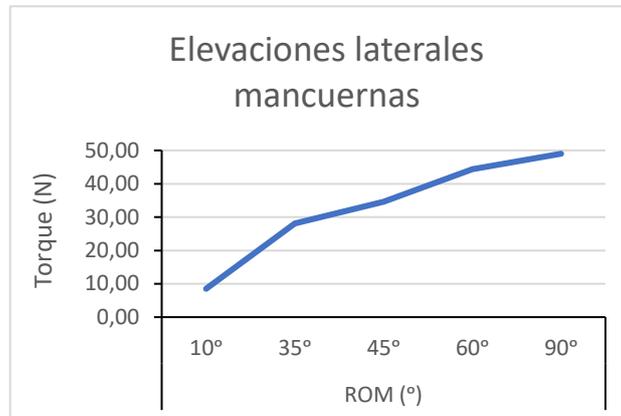


Figura 10. Perfil Torque-ROM de elevaciones laterales con mancuerna. Gráfica de elaboración propia calculada por trigonometría.

- Ejercicios de los grupo EA: a) En las elevaciones laterales en máquina, el perfil de resistencia descrito dibuja una U invertida aplanada (figura 11).

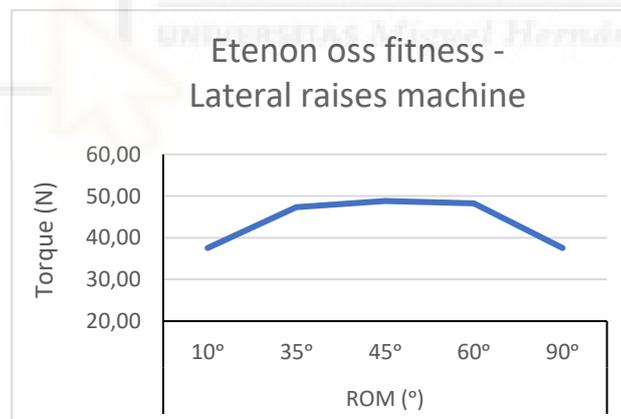


Figura 11. Perfil Torque-ROM de elevaciones laterales en máquina. Gráfica de elaboración propia calculada por trigonometría.

- Perfil Torque-Longitud de la porción medial del deltoides: El máximo pico de fuerza de la porción medial del deltoides durante una abducción en el plano frontal se encuentra a unos 60° del ROM aproximadamente (figura 12: Hik & Ackland, 2019; figura 13: Arandjelović, 2013).

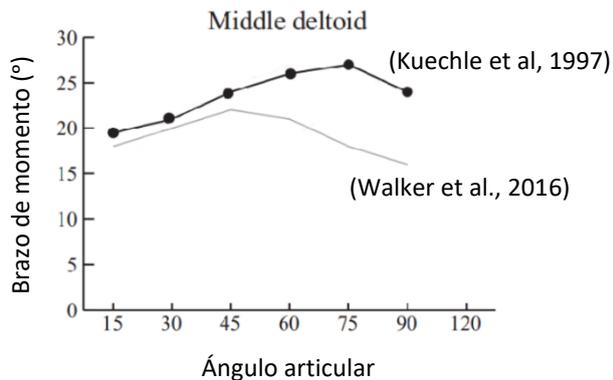


Figura 12. Torque-Rango articular deltoides medial.

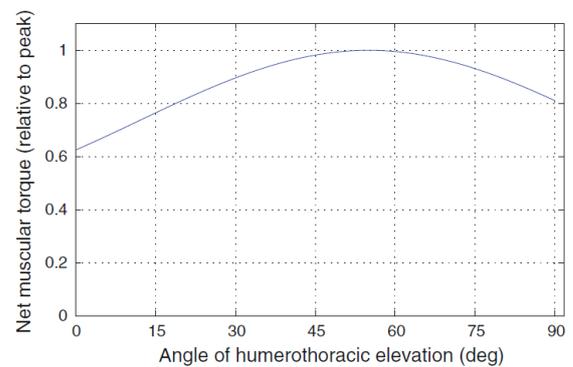


Figura 13. Perfil Torque-Rango articular deltoides medial.

Si comparamos las gráficas, podemos ver cómo el ejercicio de los grupos EA (figura 11) se amolda mucho más al perfil Torque-Rango articular del deltoides medial (figura 12 y 13) que el de los grupos ET (figura 10).

#### CONTROL DE VARIABLES A OBSERVAR

- ❖ **Fuerza:** Se medirá el 1RM de forma directa para cada uno de los ejercicios planteados tanto para ET como para EA, independientemente de haberlos realizado durante la intervención o no (es decir, se medirán los 2 ejercicios para los 4 grupos).

- ❖ **Composición corporal:** Ante la ausencia de trabajos previos para la valoración de la masa muscular del deltoides y más concretamente de la porción medial de este, propongo un protocolo antropométrico que consiste en la toma de dos contornos y un pliegue.

- **Contornos:** a) En posición anatómica, se medirá con cinta métrica desde el acromion a la tuberosidad deltoidea, en línea recta y reposando la cinta sobre el contorno muscular (figura 14 y 15); b) Desde una abducción de 90° del hombro en el plano frontal, con codo a 90° de flexión y palma de la mano mirando al suelo. Se medirá el perímetro del hombro posicionando la cinta lo más pegada posible a la axila (figura 16).



Figura 16. 'Contorno b' (abducción de hombro y flexión de codo).



Figura 14. 'Contorno a' (posición anatómica).



Figura 15. 'Contorno a' (posición anatómica).

- **Pliegue:** Se tomará un pliegue con plicómetro desde la misma posición que el ‘contorno a’, justo a la mitad de la distancia total tomada en dicha medición previa (Ej: si la medición del ‘contorno a’ es igual a 12cm, el pliegue se tomará a 6cm de dicha distancia; figura 17 y 18).



Figura 17. Pliegue deltoideo de lado.



Figura 18. Pliegue deltoideo de frente.

Para ambas variables (fuerza y composición corporal) se realizarán valoraciones parciales durante la intervención. Una previa a la puesta en práctica del protocolo de entrenamiento (PRE), otra a las 8 semanas (MID) y por último, al final del protocolo (POST).

#### PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Los datos se analizarán con el software informático RStudio. El nivel de significancia se establecerá en  $p \leq 0.05$ . Se realizará un ANOVA mixto (Rouder et al., 2016) con los datos PRE, MID y POST de cada variable a observar por separado (un análisis para los datos de Fuerza y otro para los datos de Composición corporal). Si estos son significativamente distintos, se procederá a realizar las comparaciones múltiples mediante pruebas t student para muestras independientes o relacionadas con la corrección de Bonferroni (Armstrong, 2014). El tamaño del efecto del ANOVA se expresará como eta-cuadrada ( $\eta^2$ ). Un valor de eta-cuadrada  $<0.2$  se considerará como pequeño efecto, un valor 0.2-0.8 como efecto mediano y un valor  $>0.8$  como efecto grande (Mastrich et al., 2021). El tamaño del efecto de las comparaciones múltiples se valorará con la g de Hedge (Hedges, 2014) categorizado como: trivial ( $g < 0.2$ ), pequeño ( $0.2 \leq g < 0.5$ ), moderado ( $0.5 \leq g < 0.8$ ) y grande ( $g \geq 0.8$ )

#### CONTROL DE VARIABLES CONTAMINANTES

❖ Estandarización de la dieta entre sujetos y eficiencia de la misma de cara a la hipertrofia: Con el objetivo de generar un ambiente propicio para el aumento de la masa muscular se darán ciertas directrices dietéticas principales. Llegar a un superávit calórico diario de 200-300kcal (Slater et al., 2019) y a un consumo proteico diario de 1.6-2.2g/kg de peso corporal (Stokes et al., 2018; Morton et al., 2018) durante toda la intervención. Se controlará el cumplimiento de dichas directrices mediante la recopilación de los datos del registro semanal de una aplicación móvil, “MyFitnessPal”. En ella, cada sujeto deberá introducir todo lo ingerido en su día a día durante la intervención.

#### LIMITACIONES

❖ Mediciones antropométricas no testadas clínicamente: La ausencia de trabajos previos para la valoración de la masa muscular del deltoides y más concretamente de la porción medial de este, me obliga a diseñar mi propio protocolo antropométrico.

❖ Factores genéticos (predisposición al aumento de la masa muscular o fuerza): la literatura ha demostrado que existen diferencias entre sujetos en cuanto a la capacidad o facilidad para ganar masa muscular y fuerza (Harridge, 2007; Liu et al., 2008). Por ello se debe tener en cuenta como un factor fuera del control de la intervención.

## REFERENCIAS

- Arandjelović, O. (2011). Optimal effort investment for overcoming the weakest point: New insights from a computational model of neuromuscular adaptation. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1715–1723. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1814-y>
- Arandjelović, O. (2013). Does cheating pay: The role of externally supplied momentum on muscular force in resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 135–145. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2420-y>
- Arazi, H., Salek, L., Nikfal, E., Izadi, M., Tufano, J. J., Elliott, B. T., & Brughelli, M. (2020). Comparable endocrine and neuromuscular adaptations to variable vs. constant gravity-dependent resistance training among young women. *Journal of Translational Medicine*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02411-y>
- Armstrong, R. A. (2014). When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic & Physiological Optics : The Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 34(5), 502–508. <https://doi.org/10.1111/opo.12131>
- Balsalobre-Fernández, C., Muñoz-López, M., Marchante, D., & García-Ramos, A. (2021). Repetitions in Reserve and Rate of Perceived Exertion Increase the Prediction Capabilities of the Load-Velocity Relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 724–730. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002818>
- Barbalho, M., Souza, D., Coswig, V., Abrahim, O., Paoli, A., & Gentil, P. (2021). The Effects of Resistance Exercise Selection on Muscle Size and Strength in Trained Women. *International Journal of Sports Medicine*, 42(4), 371–376. <https://doi.org/10.1055/a-1121-7736>
- Baz-Valle, E., Balsalobre-Fernández, C., Alix-Fages, C., & Santos-Concejero, J. (2022). A Systematic Review of the Effects of Different Resistance Training Volumes on Muscle Hypertrophy. *Journal of Human Kinetics*, 81(1), 199–210. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0017>
- Baz-Valle, E., Schoenfeld, B. J., Torres-Unda, J., Santos-Concejero, J., & Balsalobre-Fernández, C. (2019). The effects of exercise variation in muscle thickness, maximal strength and motivation in resistance trained men. *PLoS ONE*, 14(12), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226989>
- Bergmann, G., Graichen, F., Bender, A., Rohlmann, A., Halder, A., Beier, A., & Westerhoff, P. (2011). In vivo gleno-humeral joint loads during forward flexion and abduction. *Journal of Biomechanics*, 44(8), 1543–1552. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.02.142>
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Biscarini, A. (2003). Dynamic effects of muscle moment arm variation and heavy external loads on hinge joints. *Journal of Applied Biomechanics*, 19(3), 223–238. <https://doi.org/10.1123/jab.19.3.223>
- Coratella, G., Milanese, C., & Schena, F. (2015). Unilateral eccentric resistance training: A direct comparison between isokinetic and dynamic constant external resistance modalities. *European Journal of Sport Science*, 15(8), 720–726. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1060264>
- Folland, J., & Morris, B. (2008). Variable-cam resistance training machines: Do they match the angle - Torque relationship in humans? *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 163–169. <https://doi.org/10.1080/02640410701370663>
- Frost, D. M., Cronin, J., & Newton, R. U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance: Fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Medicine*, 40(4), 303–326. <https://doi.org/10.2165/11319420-000000000-00000>

- Geremia, J. M., Baroni, B. M., Lanferdini, F. J., Bini, R. R., Sonda, F. C., & Vaz, M. A. (2018). Time course of neuromechanical and morphological adaptations to triceps surae isokinetic eccentric training. *Physical Therapy in Sport*, 34, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.09.003>
- Grimby, G. (1982). Isokinetic training. *International Journal of Sports Medicine*, 3(Suppl.1), 61–64. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1026108>
- Harridge, S. D. R. (2007). Plasticity of human skeletal muscle: Gene expression to in vivo function. *Experimental Physiology*, 92(5), 783–797. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2006.036525>
- Hedges L., Olkin I. *Statistical Methods for Meta-Analysis*. Academic Press; Orlando, FL, USA: 2014.
- Heelas, T., Theis, N., & Hughes, J. D. (2021). Muscle Activation Patterns During Variable Resistance Deadlift Training With and Without Elastic Bands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(11), 3006–3011. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003272>
- Hik, F., & Ackland, D. C. (2019). The moment arms of the muscles spanning the glenohumeral joint: a systematic review. *Journal of Anatomy*, 234(1), 1–15. <https://doi.org/10.1111/joa.12903>
- Housh, D. J., Housh, T. J., Johnson, G. O., & Chu, W. K. (1992). Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 73(1), 65–70. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.1.65>
- Iversen, V. M., Norum, M., Schoenfeld, B. J., & Fimland, M. S. (2021). No Time to Lift? Designing Time-Efficient Training Programs for Strength and Hypertrophy: A Narrative Review. *Sports Medicine*, 51(10), 2079–2095. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01490-1>
- Kuechle, D. K., Newman, S. R., Itoi, E., & Morrey, B. F. (n.d.). *Herpertz01.Pdf*. 429–439. <http://www.nice.org.uk/nicemedia/pdf/cg77niceguideline.pdf>
- Lacerte, M., deLateur, B. J., Alquist, A. D., & Questad, K. A. (1992). Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training programs: Effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(11), 1059–1062.
- Liu, Y., Heinichen, M., Wirth, K., Schmidtbleicher, D., & Steinacker, J. M. (2008). Response of growth and myogenic factors in human skeletal muscle to strength training. *British Journal of Sports Medicine*, 42(12), 989–993. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.045518>
- Mastrich, Z., & Hernandez, I. (2021). Results everyone can understand: A review of common language effect size indicators to bridge the research-practice gap. *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 40(10), 727–736. <https://doi.org/10.1037/hea0001112>
- Matta, T. T., Nascimento, F. X., Trajano, G. S., Simão, R., Willardson, J. M., & Oliveira, L. F. (2017). Selective hypertrophy of the quadriceps musculature after 14 weeks of isokinetic and conventional resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1111/cpf.12277>
- Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., Aragon, A. A., Devries, M. C., Banfield, L., Krieger, J. W., & Phillips, S. M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*, 52(6), 376–384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
- Nunes, J. P., Jacinto, J. L., Ribeiro, A. S., Mayhew, J. L., Nakamura, M., Capel, D. M. G., Santos, L. R., Santos, L., Cyrino, E. S., & Aguiar, A. F. (2020). Placing greater torque at shorter or longer muscle lengths? Effects of cable vs. barbell preacher curl training on muscular strength and hypertrophy in young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–8. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165859>

- Ralston, G. W., Kilgore, L., Wyatt, F. B., Buchan, D., & Baker, J. S. (2018). Weekly Training Frequency Effects on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Medicine - Open*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0149-9>
- Rivière, M., Louit, L., Strokosch, A., Seitz, L. B., Rivière, J. R., Louit, L., Strokosch, A., Seitz, L. B., Rivière, M., Louit, L., Strokosch, A., & Seitz, L. B. (2017). Variable Resistance Training Promotes Greater Strength and Power Adaptations Than Traditional Resistance... *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(July 2016), 947–955.
- Rhea, M. R., Kenn, J. G., & Dermody, B. M. (2009). Alterations in speed of squat movement and the use of accommodated resistance among college athletes training for power. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(9), 2645–2650. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3e1b6>
- Rouder, J. N., Engelhardt, C. R., McCabe, S., & Morey, R. D. (2016). Model comparison in ANOVA. *Psychonomic Bulletin and Review*, 23(6), 1779–1786. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1026-5>
- Ruas, C. V., Brown, L. E., Lima, C. D., Gregory Haff, G., & Pinto, R. S. (2018). Different Muscle Action Training Protocols on Quadriceps-Hamstrings Neuromuscular Adaptations. *International Journal of Sports Medicine*, 39(5), 355–365. <https://doi.org/10.1055/s-0044-100391>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1073–1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>
- Slater, G. J., Dieter, B. P., Marsh, D. J., Helms, E. R., Shaw, G., & Iraki, J. (2019). Is an Energy Surplus Required to Maximize Skeletal Muscle Hypertrophy Associated With Resistance Training. *Frontiers in Nutrition*, 6(August), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00131>
- Staniszewski, Michał, Mastalerz, A., & Urbanik, C. (2020). Effect of a strength or hypertrophy training protocol, each performed using two different modes of resistance, on biomechanical, biochemical and anthropometric parameters. *Biology of Sport*, 37(1), 85–91. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2020.92517>
- Staniszewski, Michał, Urbanik, C., Mastalerz, A., Iwalska, D., Madej, A., & Karczewska, M. (2017). Comparison of changes in the load components for intense training on two machines: With a variable-cam and with a disc plate. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(6), 782–789. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06350-7>
- Stokes, T., Hector, A. J., Morton, R. W., McGlory, C., & Phillips, S. M. (2018). Recent perspectives regarding the role of dietary protein for the promotion of muscle hypertrophy with resistance exercise training. *Nutrients*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/nu10020180>
- Urbanik, C., Staniszewski, M., Mastalerz, A., Karczewska, M., Lutostawska, G., Iwańska, D., Madej, A., Ostrowska, E., Gwarek, L., & Tkaczyk, J. (2013). Evaluation of the effectiveness of training on a machine with a variable-cam. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 15(4), 93–102. <https://doi.org/10.5277/abb130412>
- Walker, D. R., Struk, A. M., Matsuki, K., Wright, T. W., & Banks, S. A. (2016a). How do deltoid muscle moment arms change after reverse total shoulder arthroplasty? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 25(4), 581–588. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.09.015>
- Walker, D. R., Struk, A. M., Matsuki, K., Wright, T. W., & Banks, S. A. (2016b). How do deltoid muscle moment arms change after reverse total shoulder arthroplasty? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 25(4), 581–588. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.09.015>
- Walker, S., Hulmi, J. J., Wernbom, M., Nyman, K., Kraemer, W. J., Ahtiainen, J. P., & Häkkinen, K. (2013). Variable resistance training promotes greater fatigue resistance but not hypertrophy versus

constant resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 113(9), 2233–2244. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2653-4>

Walker, S., Peltonen, H., Avela, J., & Häkkinen, K. (2011). Kinetic and electromyographic analysis of single repetition constant and variable resistance leg press actions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.12.004>

Wilcock, A., Maddocks, M., Lewis, M., Howard, P., Frisby, J., Bell, S., El Khoury, B., Manderson, C., Evans, H., & Mockett, S. (2008). Use of a Cybex NORM dynamometer to assess muscle function in patients with thoracic cancer. *BMC Palliative Care*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/1472-684X-7-3>

