



Efectos del Rango de Movimiento en el Entrenamiento de Fuerza

Trabajo fin de Grado - Revisión Bibliográfica



Grado en Ciencias de la Actividad
Física y el Deporte

Universidad Miguel Hernández de Elche

Alumna: Raquel Català Requena

Tutor Académico: Rafael Sabido Solana

Curso Académico: 2016-2017

Índice

1. Contextualización	3
2. Procedimiento de Revisión (Metodología)	5
3. Revisión bibliográfica (Desarrollo)	6
a. Características generales	6
b. Efectos de variables.....	6
4. Discusión.....	8
5. Propuesta de intervención	9
6. Bibliografía	10



1. Contextualización

El músculo esquelético posee la capacidad de cambiar sus características estructurales en respuesta a estímulos externos (es decir, es adaptable). La naturaleza de estas adaptaciones es manipulada, entre otras cosas, por el estímulo mecánico proporcionado a dicho músculo (McMahon, Onambélé-Pearson, Morse, Burden & Winwood, 2013). El entrenamiento de fuerza es un ejemplo de ello y puede ser modificado o adaptado en función de los objetivos o mejoras que queramos producir. Debemos saber que a la hora de planificar, además de modificar el peso o la carga que manejamos y el tipo de ejercicio (dinámico o isométrico), también podemos trabajar en diferentes angulaciones. El ángulo que alcancemos para realizar un determinado movimiento de una articulación es dependiente de dos componentes: el ROM (Range of motion) y la longitud del músculo. El ROM se ve influido por la estructura ósea asociada y las características fisiológicas del tejido conectivo y la longitud del músculo se refiere a la capacidad de un músculo que cruza la articulación, para moverse a través del ROM disponible. Para los músculos que pasan sobre una sola articulación, el rango de movimiento y la amplitud de la longitud del músculo medirán lo mismo, pero para los músculos que pasen sobre dos o más articulaciones, el rango de longitud del músculo será menor que el rango total de movimiento de las articulaciones sobre las cuales pasa el músculo (Reese & Bandy, 2016).

Aplicando estos conceptos a los distintos ejercicios utilizados en entrenamiento, podríamos diferenciar entre trabajar en ROM completo o ROM parcial. Normalmente, la fuerza isométrica se mide para un solo rango de movimiento y una única posición corporal (Pavol & Grabiner, 2000). Pero para los movimientos dinámicos es diferente, la literatura afirma que existe una especificidad en el rango de movimiento puesto que las mejoras son mayores en los ángulos ejercitados (Morrissey, Harman, & Johnson, 1995). A la hora de hacer una sentadilla, por ejemplo, se puede realizar en una variedad de profundidades, generalmente medidas por el grado de flexión en la rodilla. Los entrenadores suelen clasificar a las sentadillas en 3 grupos básicos: squats parciales (40° ángulo de la rodilla), squats medios (70 a 100°) Y sentadillas profundas (mayores de 100°). Sin embargo, no se han reconocido universalmente medidas normalizadas de cuantificación, y la terminología puede diferir entre los investigadores (Schoenfeld, 2010). También podemos observar otro ejemplo en la Figura 1.

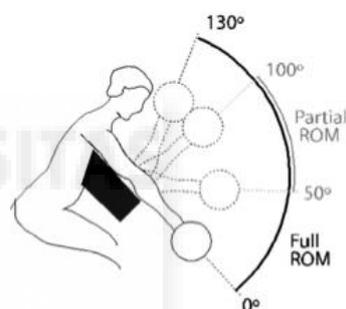


Figura 1: ROM articular del ejercicio Biceps en banco Scott (Pinto et al., 2012)

Una vez conocidos estos conceptos, surgen las siguientes preguntas ¿qué diferencias existen entre trabajar en una angulación respecto a otra? ¿La activación muscular es la misma para todos los ángulos? ¿Ocurre lo mismo en todas las articulaciones de nuestro cuerpo?

Una vez conocidos estos conceptos, surgen las siguientes preguntas ¿qué diferencias existen entre trabajar en una angulación respecto a otra? ¿La activación muscular es la misma para todos los ángulos? ¿Ocurre lo mismo en todas las articulaciones de nuestro cuerpo?

Por lo que respecta a activación muscular, concretamente en el ejercicio de sentadilla, parece que no existen diferencias significativas en la activación de glúteo mayor, glúteo menor, bíceps femoral y vasto lateral en los tres tipos de sentadilla pero que a mayor rango de movimiento se obtienen mayores mejoras (Contreras, Vigotsky, Schoenfeld, Beardsley, & Cronin, 2016). Otros autores afirman que el nivel de activación muscular del cuádriceps es similar pero que la media sentadilla produce una mayor activación muscular del glúteo mayor, el bíceps femoral, el sóleo y los erectores espinales de la columna (Da Silva et al., 2017).

El gastrocnemio muestra niveles moderados de activación durante la sentadilla, y su actividad tiende a aumentar progresivamente a medida que las rodillas se flexionan y disminuye a medida que las rodillas se extienden (Schoenfeld, 2010). Esta activación ocurre durante la contracción dinámica, pero resulta importante destacar que ocurre durante la activación muscular isométrica: en primer lugar, la sentadilla a 90° genera mayor activación muscular total

que la sentadilla a 140°. Por otra parte, el ángulo de la rodilla no afecta a la activación muscular de los isquiotibiales, por lo que se recomienda realizar la sentadilla isométrica a 90° para maximizar el reclutamiento neuromuscular de los extensores de la rodilla y la cadera (Marchetti et al., 2016)

Otros estudios, se han centrado en comparar si el trabajo en diferentes angulaciones predice el hecho de sufrir o no determinadas lesiones. Por ejemplo, Hartmann, Wirth & Klusemann, 2013 evaluaron si las sentadillas con menor flexión de la rodilla (media y cuarto) eran más seguras para el sistema musculoesquelético, y afirmaron que durante la sentadilla profunda, la articulación de la rodilla y la espinal pueden sufrir mayor estrés, provocado por las distintas fuerzas a las que se somete la articulación. En este sentido, suponemos que a mayor flexión, las fuerzas que deben soportar los tejidos serán mayores. No obstante, siempre que la técnica y la carga sean buenas, la sentadilla profunda es un buen entrenamiento para la prevención de lesiones y el fortalecimiento de las extremidades inferiores. Por otra parte, Schoenfeld (2010) afirma que la profundidad de la sentadilla debe ser consistente con las metas y habilidades del individuo. Las fuerzas de compresión se producen en o cerca de la máxima flexión de la rodilla, por tanto las personas con trastornos patelofemorales deben evitar ángulos de flexión elevados. También, Trafimow, Schipplein, Novak, & Andersson, (1993) demostraron que los sujetos cambiaron su técnica en sentadillas de una columna vertebral vertical a una flexión lumbar después de la fatiga del cuádriceps, lo que aumentó el estrés en la región lumbar. Esto puede condicionar la posición y la angulación del ejercicio.

Otros parámetros que se ven modificados con la variación del ROM, pueden venir determinados por la respuesta cardiovascular. La restricción del rango de movimientos del ejercicio de flexión del antebrazo aumenta la respuesta cardiovascular y la producción de torque en comparación con el rango completo de movimiento (Sullivan, Knowlton, DeVita, & Brown, 1996).

Por lo que se refiere a la utilización de distintas angulaciones para influir en fenómenos de potenciación post-activación y su transferencia a determinadas habilidades como el salto, Esformes & Bampouras (2013) sugieren que el squat más profundo aumenta la activación máxima del glúteo y el trabajo producido es responsable del aumento del rendimiento de CMJ (Counter Movement Jump o salto con contramovimiento). También las sentadillas profundas provocan una post-activación que conduce a un incremento en el rendimiento del sprint (Knight, 2013).

Después de haber conocido todas estas adaptaciones de carácter agudo, resulta importante cuestionarse con qué tipo de angulación será más beneficioso entrenar o si depende de los objetivos o de los deportistas a quien vayan enfocados. ¿Qué angulación produce la mayor hipertrofia, la completa o la parcial? ¿Y cuál la mayor pérdida de grasa? ¿Estarán relacionados los momentos angulares con el reclutamiento de fibras y el incremento de la síntesis proteica? ¿Cuál produce la mayor transferencia a habilidades como el salto o el sprint después de un periodo de entrenamiento?

Durante el siguiente trabajo intentaremos resolver todas estas incógnitas, por tanto, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado, será conocer los efectos crónicos en diversas variables, después de haber realizado un entrenamiento de fuerza con diferentes angulaciones, analizando la literatura específica relacionada.

2. Procedimiento de Revisión (Metodología)

Esta revisión sistemática de la literatura fue realizada siguiendo las directrices que propone la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Metaanalyses) (Urrutia, & Bonfill, 2010). La búsqueda bibliográfica se realiza de artículos publicados del 1 de enero de 1988 hasta el 1 de enero de 2017, con el fin de garantizar la calidad del trabajo, ya que la existencia de artículos sobre el tema es limitada. La búsqueda se realizó a través de la base de datos electrónicos de conocimiento PubMed, utilizando las palabras claves “Angle variability exercise”, “Angle variation exercise”, “Strenght angle variation”, “Comparison angle squat” y “Range of motion resistance training”.

Los criterios de inclusión para estos artículos fueron: (1) que fueran programas de intervención que utilicen variación de ángulos y (2) que estén escritos en Inglés. Los criterios de exclusión fueron: (1) los artículos realizaran descripciones técnicas o biomecánicas de ejecución de los ejercicios y (2) que describieran el ROM de determinados gestos deportivos.

La búsqueda identificó 665 artículos en total, de la base de datos descrita y de los obtenidos de otros artículos. Se revisaron los resúmenes de todos los artículos con el fin de identificar los estudios que presentaban los criterios de inclusión citados anteriormente, quedándonos con 35 estudios leídos a texto completo. De éstos, se eliminaron 20 artículos por criterios de exclusión.

En definitiva, estos artículos debían proporcionar información sobre las adaptaciones producidas al usar diferentes angulaciones en programas de entrenamiento. La figura 2, muestra de manera sintética, el proceso que se ha llevado para la selección de los artículos, así como el número de artículos obtenido después de cada cribado.



Figura 2. Proceso de selección de los artículos

3. Revisión bibliográfica (Desarrollo)

a. Características generales

De los 15 artículos que forman parte de la muestra de esta revisión, 12 realizan su protocolo de intervención utilizando ejercicios del miembro inferior; concretamente, 7 utilizan el ejercicio squat o sentadilla y 5 el ejercicio leg extension en máquina isotónica. Los tres artículos restantes, utilizan el miembro superior para la realización de sus estudios, concretamente dos de ellos utilizan el ejercicio bench press y uno de ellos utiliza el curl de bíceps.

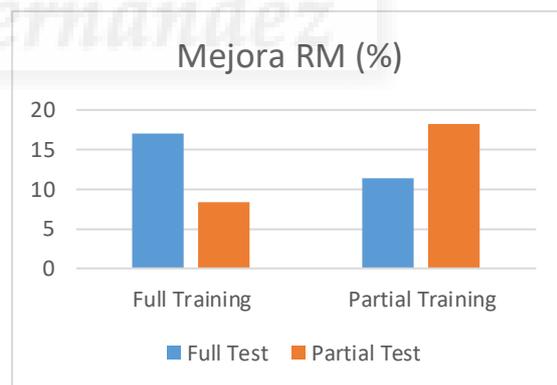
Por lo que respecta al periodo de intervención de los estudios analizados, los mismos tienen una duración de entre 5 y 16 semanas, siendo el promedio de 9,73 semanas. Además, la frecuencia de entrenamiento de los estudios es de entre 2 y 4 días semanales, siendo la media de 2,57 días.

En cuanto a los sujetos utilizados como muestra, 13 de los estudios utilizan población no deportista y únicamente 2 de los estudios trabajan con personas ya entrenadas. El promedio del número de sujetos utilizados es de 29,8 con una desviación típica de 16, 4 y teniendo los mismos una edad promedio de $22,74 \pm 1,82$.

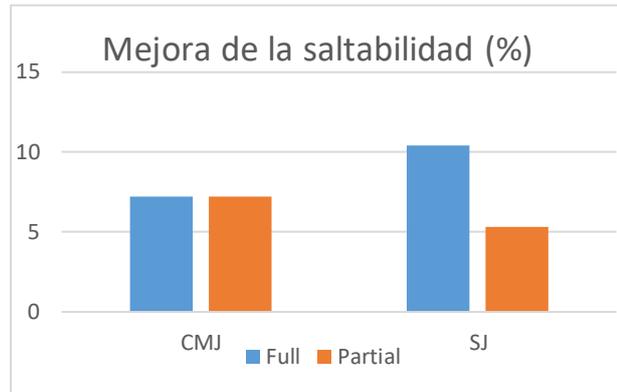
b. Variables de estudio

Para poder analizar los datos y dar uniformidad a los grupos, se han clasificado según su ROM. $\frac{1}{4}$ ROM y $\frac{1}{2}$ ROM forman el grupo Partial y ROM completo conforma el grupo Full. El cambio observado en las variables analizadas después del periodo de intervención de los diferentes estudios, se muestra a continuación:

- **RM:** 8 de los artículos, estudian la modificación del RM, incluyendo articulaciones de miembro superior e inferior. Teniendo en cuenta las medias obtenidas de los diferentes grupos, se constata que cada uno mejora en su rango de entrenamiento. No obstante, el grupo Partial mejora más en porcentajes absolutos y el grupo Full, mejora más en ambos rangos.

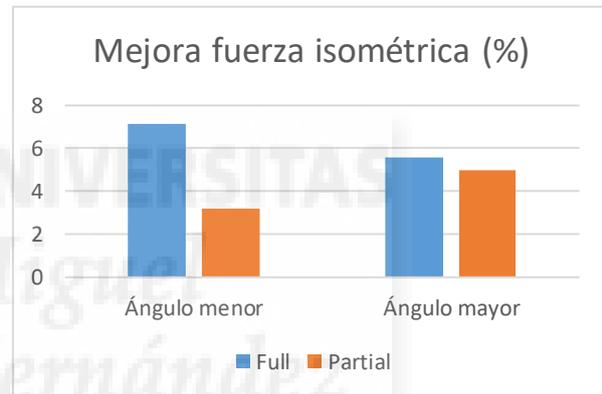


- **Transferencia a la saltabilidad:** Los estudios que analizan el salto fueron 3. El incremento en la media de sus resultados muestra que la mejora para el CMJ es similar en los dos grupos pero el incremento en el SJ es superior en el grupo Full.



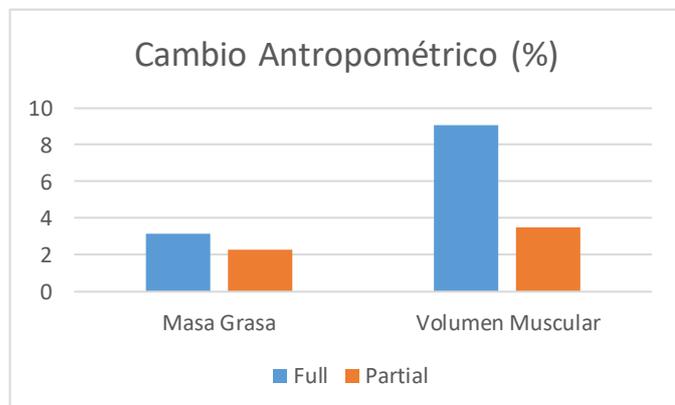
- **Transferencia a la velocidad:** Solamente uno de los estudios analiza esta variable, concretamente medida en un sprint en 40 yardas. Los resultados muestran que la velocidad en sprint mejora después del entrenamiento en el grupo Partial, obteniéndose los mejores resultados con la utilización de la ¼ sentadilla (-2%) frente a la media sentadilla (-1%) y la sentadilla completa (-0%). Cabe destacar que este estudio se realizó con deportistas entrenados.

- **Mejora de la fuerza isométrica:** La fuerza isométrica es objeto de estudio en 3 de los artículos de la muestra. La media de sus resultados muestra que el grupo Full mejora en mayor medida, tanto para ángulos de trabajo mayores como para ángulos menores.



- **CSA Tendón y síntesis de colágeno:** El artículo de Bloomquist et al. (2013) es el único de la muestra que analiza esta variable y parece ser que no existen cambios en estas variables durante las 12 semanas de duración del estudio, ni entre los grupos, ni de forma general.

- **Cambio antropométrico. Masa grasa y volumen muscular:** El cambio antropométrico está basado en 5 artículos y muestra que el grupo Full pierde mayor cantidad de masa grasa (la pérdida se ha interpretado en valores positivos) y también aumenta en mayor medida el volumen muscular con gran diferencia.



- **Consumo de oxígeno (VO₂) y frecuencia cardiaca:** El artículo de McMahon et al. (2013) muestra que el consumo de oxígeno (VO₂) fue significativamente mayor con cargas altas (80% RM respecto a 40%RM), y también significativamente mayor en Full ROM comparado con Partial ROM. La frecuencia cardiaca también fue mayor en Full que en Partial.

4. Discusión

A la vista de los resultados obtenidos del agrupamiento de los estudios, así como su posterior análisis, se puede concluir que, habitualmente, el entrenamiento con rangos de movimiento completos, resulta ventajoso con respecto al entrenamiento con rangos parciales.

De forma general, podemos afirmar que las diferencias encontradas entre los diferentes estudios, pueden ser dadas por entrenar con máquinas guiadas o entrenar con peso libre, así como del grado de entrenamiento de los sujetos y, por tanto, no siempre el entrenamiento Full ROM va a ser el mejor.

También cabe destacar que la duración de los estudios afecta a los resultados, ya que en los estudios más largos las adaptaciones específicas del entrenamiento son más pronunciadas y detectables. (Rhea et al., 2016)

En general, no existe unificación para la nomenclatura utilizada en los estudios para llamar al squat con sus respectivas angulaciones. Tampoco existe unanimidad en los grados utilizados para acotar el rango de movimiento, que es bastante variable entre estudios.

Por lo que respecta a los cambios observados en las variables, y asumiendo que la activación muscular pueda predecir la máxima fuerza ejercida (RM) se confirma que el grupo Full obtiene mayores mejoras y también una mayor hipertrofia (Hartmann et al., 2012). Esto puede deberse a que durante el entrenamiento, el sistema neuromuscular percibe y se adapta a las tensiones aplicadas. (Rhea et al., 2016). Esto contradeciría a algunos estudios que afirman que a longitudes musculares más cortas, los efectos de las adaptaciones específicas de la longitud son más marcados en comparación con los de mayor elongación (McMahon et al. 2013).

En cuanto a la transferencia a habilidades que puedan ser aplicadas a determinados deportes, como es el salto, parece ser que las condiciones mecánicas y neurales a las que es sometido el grupo Full proporcionan mayores ganancias en el CSA y en las fibras musculares del cuádriceps que las del Partial, por lo tanto, se obtienen mejores valores en el desempeño de salto vertical. (Hartmann et al., 2012)

Las mejoras en el rendimiento de salto pueden ser causadas por cambios en el CSA muscular en combinación con cambios en el ángulo de peneación. El SJ es más dependiente de estas variables porque carece de fase excéntrica (Bloomquist, 2013). También, el aumento de fuerza del grupo Full puede explicar esta superioridad en el SJ.

Otra de las habilidades importantes a destacar es la mejora de la velocidad. Parece ser que el rango de movimiento de squat parcial (0-90 y más concretamente 0 a 60) coincide más con los rangos de flexión de cadera y rodilla observados en el sprint, por lo que el estudio confirmaría la afirmación planteada por Knight (2013). La carga durante las sentadillas completas parece ser insuficiente para promover ganancias significativas en la fuerza en determinados ángulos de la articulación en poblaciones altamente entrenadas (Rhea et al., 2016). Podemos entonces decir, que el entrenamiento parcial puede ser incluido en la planificación de atletas por su mayor especificidad angular al movimiento de la zancada en carrera.

Por lo que respecta a la mejora de la fuerza isométrica, los resultados obtenidos contradecirían los mencionados por Marchetti et al. (2016) ya que los resultados después de el periodo de intervención muestran que en el grupo Partial, el CSA de los músculos del muslo

aumentó sólo en los dos sitios más proximales. En consecuencia, no se encontraron ganancias de fuerza isométrica en este grupo y resultaría más beneficioso para la mejora de la fuerza isométrica el trabajo con Full ROM.

En cuanto al CSA del tendón y la síntesis de colágeno, relacionados con la posible incidencia de lesiones, cabe destacar que cuando un deportista es sometido a trabajo de fuerza, las adaptaciones del tejido óseo y conectivo no alcanzan el mismo grado que el desarrollo muscular.

La evidencia empírica sugiere que el tejido conectivo debe aumentar sus capacidades funcionales en respuesta al aumento de la capacidad de producir fuerza de los músculos hipertrofiados (Baechle y Earle, 2007), por lo tanto para que se puedan comprobar los efectos del trabajo Full ROM vs parcial ROM y se puedan apreciar cambios más sustanciales, la duración de los diferentes estudios debería ser mayor.

Los estudios han mostrado cambios antropométricos positivos cuando se ejercita sobre longitudes musculares más largas y ROM completo, ya que la activación muscular fue significativamente mayor durante la carga absoluta y relativa en comparación con longitudes musculares más cortas.

Esto también podría predecir el aumento de la frecuencia cardiaca ya que El aumento del ROM supone un mayor estrés. Esto se ve reflejado también en la demanda de oxígeno para ese ejercicio. (Artículo 14).

5. Propuesta de intervención



6. Bibliografía

1. Bazylar, C. D., Beckham, G. K., & Sato, K. (2015). The use of the isometric squat as a measure of strength and explosiveness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1386-1392.
2. Bazylar, C. D., Sato, K., Wassinger, C. A., Lamont, H. S., & Stone, M. H. (2014). The efficacy of incorporating partial squats in maximal strength training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3024-3032.
3. Bloomquist, K., Langberg, H., Karlsen, S., Madsgaard, S., Boesen, M., & Raastad, T. (2013). Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. *European journal of applied physiology*, 113(8), 2133-2142.
4. Clark, R. A., Humphries, B., Hohmann, E., & Bryant, A. L. (2011). The influence of variable range of motion training on neuromuscular performance and control of external loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 704-711.
5. Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., & Cronin, J. (2016). A comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyography amplitude in the parallel, full, and front squat variations in resistance-trained females. *Journal of applied biomechanics*, 32(1), 16-22.
6. Da Silva, J. J., Schoenfeld, B. J., Marchetti, P. N., Pecoraro, S. L., Greve, J. M., & Marchetti, P. H. (2017). Muscle Activation Differs Between Partial and Full Back Squat Exercise With External Load Equated. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1688-1693.
7. Esformes, J. I., & Bampouras, T. M. (2013). Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 2997-3000.
8. Graves, J. E., Pollock, M. L., Jones, A. E., Colvin, A. B., & Leggett, S. H. (1989). Specificity of limited range of motion variable resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(1), 84-89.
9. Hartmann, H., Wirth, K., & Klusemann, M. (2013). Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. *Sports medicine*, 43(10), 993-1008.
10. Hartmann, H., Wirth, K., Klusemann, M., Dalic, J., Matuschek, C., & Schmidtbleicher, D. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3243-3261.
11. Knight, J. (2013). The effect of squat depth on the post activation potentiation response.
12. Marchetti, P. H., Jarbas da Silva, J., Jon Schoenfeld, B., Nardi, P. S. M., Pecoraro, S. L., D'Andréa Greve, J. M., & Hartigan, E. (2016). Muscle Activation Differs between Three Different Knee Joint-Angle Positions during a Maximal Isometric Back Squat Exercise. *Journal of Sports Medicine*, 2016.
13. Massey, C. D., Vincent, J., Maneval, M., & Johnson, J. T. (2005). Influence of range of motion in resistance training in women: early phase adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 409.
14. Massey, C. D., Vincent, J., Maneval, M., Moore, M., & Johnson, J. T. (2004). An analysis of full range of motion vs. partial range of motion training in the development of strength in untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 518-521.
15. McMahan, G. E., Morse, C. I., Burden, A., Winwood, K., & Onambélé, G. L. (2014). Impact of range of motion during ecologically valid resistance training protocols on muscle size,

subcutaneous fat, and strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 245-255.

16. McMahon, G. E., Onambélé-Pearson, G. L., Morse, C. I., Burden, A. M., & Winwood, K. (2013). How Deep Should You Squat to Maximise a Holistic Training Response? Electromyographic, Energetic, Cardiovascular, Hypertrophic and Mechanical Evidence. *Electrodiagnosis in New Frontiers of Clinical Research*.

17. Morrissey, M. C., Harman, E. A., & Johnson, M. J. (1995). Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(5), 648-660.

18. Noorkõiv, M., Nosaka, K., & Blazevich, A. J. (2014). Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. *Medicine and science in sports and exercise*, 46(8), 1525-1537.

19. Pavol, M. J., & Grabiner, M. D. (2000). Knee strength variability between individuals across ranges of motion and hip angles. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(5), 985-992.

20. Pinto, R. S., Gomes, N., Radaelli, R., Botton, C. E., Brown, L. E., & Bottaro, M. (2012). Effect of range of motion on muscle strength and thickness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2140-2145. ISO 690

21. Reese, N. B., & Bandy, W. D. (2016). Joint range of motion and muscle length testing. Elsevier Health Sciences.

22. Rhea, M. R., Kenn, J. G., Peterson, M. D., Massey, D., Simão, R., Marin, P. J., ... & Krein, D. (2016). Joint-Angle Specific Strength Adaptations Influence Improvements in Power in Highly Trained Athletes. *Human movement*, 17(1), 43-49.

23. Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3497-3506.

24. Sullivan, J. J., Knowlton, R. G., DeVita, P., & Brown, D. D. (1996). Cardiovascular Response to Restricted Range of Motion Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(1), 3-7.

25. Trafimow, J. H., Schipplein, O. D., Novak, G. J., & Andersson, G. B. J. (1993). The effects of quadriceps fatigue on the technique of lifting. *Spine*, 18(3), 364-367.

26. Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R., & Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of strength and conditioning research*, 19(2), 433. ISO 690

27. Weiss, L. W., Frx, A. C., Wood, L. E., Relyea, G. E., & Melton, C. (2000). Comparative Effects of Deep Versus Shallow Squat and Leg-Press Training on Vertical Jumping Ability and Related Factors. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 241-247.