



**Modelo Biomecánico De La Sentadilla Profunda Y Su Presunta Asociación
Con Lesiones**

Sebastián Arias Gutierrez

Trabajo de grado

Carolina Vasquez Lopez

Actividad Física y Deporte

Facultad de Psicología y Ciencias Sociales

Universidad de Católica Luis Amigó

Medellín, 2022

Tabla de Contenido

Planteamiento del problema	4
Justificación	5
Objetivos	5
Objetivo General	8
Objetivos específicos	8
Metodología	9
Diseño de investigación	¡Error! Marcador no definido.
Categorías de análisis	¡Error! Marcador no definido.
Estrategias para la recolección y análisis de la información	11
Marco de referencia	¡Error! Marcador no definido.
Marco Teórico-conceptual	12
Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
Cronograma	¡Error! Marcador no definido.
Referencias	¡Error! Marcador no definido.
Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Introducción

Viejas corrientes que vienen circulando desde hace décadas, han concebido un modelo puramente biomédico estático como la única manera de evaluar la sentadilla profunda, presentando una postura completamente arcaica y argumentando que dicha ejecución es un movimiento potencialmente lesivo, y como norma general debería ser evitado por encima de cualquier aspecto. Este modelo encasilla la sentadilla como una ejecución parcial donde implícitamente se restringe el desplazamiento sagital de la rodilla, evitando viajar sobre la flexión de la misma, mientras se busca un desplazamiento horizontal de la cadera.

Esto ha ido creando una fragilidad para la sociedad alimentada por el desconocimiento y el miedo, dicha idea ha evolucionado hasta tal punto que hoy en día con toda la información actualizada que se tiene a la mano se siguen repitiendo tales palabras, claramente esto no ayuda a nadie, solo trae desconfianza, desinformación y restringe significativamente la participación de las personas en términos de entrenamiento físico.

Este trabajo tiene como finalidad recopilar información a modo de revisión literaria, sobre toda la cantidad de estudios e investigaciones donde se pueda apreciar que el modelo biomecánico de la sentadilla profunda no solo es totalmente seguro, sino que intrínsecamente tiene menores riesgos respecto a otros modelos en los cuales se busca limitar el rango de movimiento de la rodilla.

El propósito es educar y dejar atrás tanto miedo subyacente de la falta de criterio e interpretación a la hora de abordar la información que se tiene a la mano, promover la participación de las personas respecto al entrenamiento físico y hacerles saber que ni la sentadilla profunda, ni cualquier otro movimiento es lesivo per se.

Planteamiento del problema

Como se ha podido evidenciar en múltiples investigaciones “Limitar el desplazamiento anterior de las rodillas puede reducir el torque en las mismas, pero aumentara el torque en cadera y columna.” (C.Fry, Chadwick Smith, & Scholling, 2003, pp. 629–633), Es decir que desde hace casi 20 años se tiene certeza que sobrepasar la punta de los pies con la rodilla no solo no es algo negativo, sino que es algo totalmente necesario, pero el problema no acaba ahí, no es simplemente un abordaje desde una perspectiva biomecánica en la que se evalúa de manera errónea y disociada el movimiento desde la artrocinemática de la rodilla, perdiendo de vista la noción sobre otros complejos articulares, según la problemática enunciada con anterioridad se puede inferir que una sentadilla parcial (no profunda) presuntamente protege las estructuras pasivas de la rodilla, pero a cambio de exponer a un mayor riesgo las estructuras periféricas de la cadera y columna, claramente no es una solución viable.

A sabiendas de toda la información a la que se tiene acceso hoy en día, se puede afirmar que: ¿En realidad es potencialmente lesiva la sentadilla profunda?.

Justificación

Cualquier tejido del cuerpo humano tiene la capacidad de adaptarse en presencia de un estímulo y de igual forma, el mismo tejido, puede presentar una desadaptación en ausencia de un estímulo.

Teniendo claro dicha premisa, la adaptabilidad que presenta cualquier tejido del cuerpo humano frente un estímulo es un punto altamente infravalorado y poco estudiado en el campo del entrenamiento físico. Por lo general se suele hablar solo de movimientos “buenos” o “malos” con base en un análisis biomecánico que se da de forma teórica, sobre un modelo estático y despreciando cualquier capacidad que posee un tejido para adaptarse y presentar cierta tolerancia bajo diferentes cargas.

Es de vital importancia comprender esto, ya que esta es la única forma para encontrar un camino que represente una solución a dicho problema, y lejos de ser un inconveniente de evidencia (porque la hay de sobra) es un problema de interpretación, de sesgos, y de un montón de sentimientos que son puros caprichos y no permiten que el mundo del entrenamiento se siga desarrollando hacia adelante, por el contrario, este se está quedando inmerso en el mismo bucle de hace décadas, preguntándose si en realidad en una sentadilla la rodilla puede pasar la punta de los pies.

El problema se va a solucionar desde la exposición de evidencia solida que brinde certeza de que un modelo biomecánico de sentadilla profunda es totalmente necesario para una correcta ejecución de esta, y claro, como todo tendrá sus excepciones según casos muy puntuales, pero que en términos generales y en función de una muestra sana, la sentadilla profunda parece ser superior. Pero más que recopilar información es cuestión de generar una desensibilización a tantos años de miedo y fragilidad, donde se ha concebido que la sentadilla profunda es presuntamente un movimiento lesivo, eso se combate con fundamentos, criterio, ciencia, rigor, espíritu crítico y sentido común.

El modelo biomecánico de la sentadilla clásica a 90 grados es obsoleto y decir que es el más seguro es todo un desacierto, con fines prácticos y académicos solo se está poniendo un tapón al desarrollo y participación del entrenamiento físico, pero este enfoque ha ido cambiando a través del tiempo, ahora mismo las personas tienen mucho más criterio a la hora de interpretar los estudios, y este cambio sigue afianzándose en el tiempo. “Para poder realizar una sentadilla profunda es necesario que tus rodillas avancen más allá de las puntas de tus pies. Contrario a la preocupación común, las sentadillas profundas no contribuyen a un

mayor riesgo de lesiones a los tejidos pasivos” (Schoenfeld, 2010, págs. 3497-3506) (Hartmann H. W., 2013, págs. 993–1008).

En la sentadilla profunda las fuerzas reactivas de compresión son mayores sí, pero esto por sí solo no puede constituir un factor de riesgo. Como se evidencia en las investigaciones realizados por Brad Schoenfeld y Hagen Hartmann es un ejercicio seguro siempre y cuando haya una adecuada gestión de las cargas.

A corto plazo se verá el mayor aporte de la biomecánica, y es que esta rama de la física que estudia el movimiento y las fuerzas que interactúan en un individuo no está diseñada para valorar que si algo es “bueno” o si por el contrario “es malo” esta etiqueta se la dan algunos brillantes de la época, pero si en realidad se prestara la suficiente atención se podría entender que la biomecánica habla sobre carga y tolerancia y de cómo no hay ningún movimiento negativo para alguna tejido corporal, siempre y cuando este pueda tolerar dicha carga, así que en el corto plazo se está hablando de integración, no solo un modelo de sentadilla profunda, sino también unos conceptos claros, precisos y bien fundamentados, que parten de otro modelo mucho más idóneo para representar lo que en realidad sucede con el entrenamiento físico y el ser humano.

En el mediano y largo plazo se espera que el modelo biomédico se integre con el modelo social y psicológico, formando una esfera biopsicosocial que comprenda todos estos aspectos que hacen parte de la realidad del ser humano, y las personas puedan entender que no hay cosas buenas o malas, que todo parte de una situación que debe ser analizada, que es lo más favorable y como evaluar la relación riesgo-beneficio en el marco de un objetivo en concreto, sin recurrir al miedo para amedrentar a las personas y pasar por encima de su propio criterio a la hora de hacer una recomendación, en otras palabras más que un modelo óptimo para realizar sentadilla o cualquier otro ejercicio, la finalidad de este trabajo es explicar como un movimiento por sí mismo no puede ser peligroso, y hace falta considerar otros factores para dar esa respuesta.

En cuanto a la formación académica actual, un sinnúmero de estudiantes se podrán ver beneficiados por este trabajo, tan solo por el hecho de presentar una postura diferente, que cultive la opinión crítica y la investigación autónoma de un tema sin tener limitación externas por opiniones autoritarias que no dejan construir nuevo conocimiento, el poder mostrar argumentos sólidos y veraces, dar espacio al cambio y al pensamiento imparcial, de no cortarles las alas a las nuevas ideas y planteamientos más vanguardista, evitando optar por posturas frívolas y radicales que dicen que un ejercicio es lesivo basado en un estudio de hace décadas, se debe buscar construir un crecimiento personal, académico y profesional desde un

modelo más amplio y con información más actualizada que permita seguir aprendiendo y puliendo los pensamientos en el tiempo.

De esta forma no se van a dar batallas de ego, ni cruzadas por ver si la sentadilla profunda es mejor que la sentadilla hasta la mitad, o mejor dicho, no habrá espacio para que una persona defienda sus convicciones personales por un interés en particular sobre el crecimiento colectivo. De tal forma si se logra entender el objetivo del presente trabajo que no busca atacar una ejecución específica de una sentadilla, sino más bien entender que un movimiento per se no es peligroso, eso dependerá entonces de otras muchas variables, se podrá obtener con mayor facilidad una respuesta no dogmática, con argumentos, variantes, consecuencias y excepciones respecto a cual variante supone un mayor beneficio o riesgo según el contexto en el que se exponga la pregunta , así se va a forjar una nueva ola de profesionales, con mucho más criterio, pericia, experiencia y certeza para dar respuesta a si un ejercicio es “seguro” o “peligroso”. De tal forma que el desarrollo de este trabajo va más allá de solo demostrar que la sentadilla y las lesiones son tan solo una asociación y no necesariamente una causalidad, es decir que estas dos variables no implican necesariamente una relación causa-efecto.

Muchos estudios actuales desafían cada vez más el obsoleto y mezquino modelo puramente biomecánico holístico, donde el daño es igual a dolor y donde cualquier aspecto de degeneración totalmente natural en organismos vivos se alimenta de tanta desinformación que termina haciéndose muchísimo más grande de lo que en realidad es, y como consecuencia supone un problema mayor para las personas.

La correcta explicación de los fundamentos de la biomecánica vista desde una perspectiva funcional tiene como objetivo explicar como un determinado tejido puede resistir una determinada carga sin sufrir ningún tipo de daño, solo necesita aumentar su tolerancia a las mismas, de esta forma se va a comenzar a ver el entrenamiento con otros ojos y ese es el verdadero cambio.

Objetivos

Objetivo General

- Realizar una revisión documental de la literatura existente sobre el modelo biomecánico de la sentadilla profunda y su relación con lesiones.

Objetivos específicos

- Buscar información sobre el modelo biomecánico de la sentadilla profunda y sus posibles riesgos y beneficios.
- Contrastar y filtrar toda la información obtenida sobre el modelo biomecánico de la sentadilla profunda.
- Valorar la información recolectada según criterios de búsqueda dejando únicamente las investigaciones más prometedoras.

Metodología

Diseño de la investigación

Tipo de investigación

La presente investigación documental tiene un enfoque cuantitativo y cabe aclarar que es no experimental, puesto que el fenómeno de estudio no sufre manipulación alguna durante toda la intervención, y la investigación tiene un alcance longitudinal y de tendencia, con un alcance de forma descriptiva.

Para (Hernandez Sampieri , 2014): “El enfoque cuantitativo es secuencial y demostrativo. Cada fase antecede a los demás períodos y cabe aclarar que no se puede saltar o dejar de lado los pasos. El orden es riguroso e importante, aunque es importante mencionar que, se puede reorganizar alguna etapa. Parte de una idea la cual va agotándose y, una vez esta esté encuadrada, se derivan diferentes objetivos y preguntas de investigación, además se hace una observación sustanciosa a la literatura y se posteriormente se elabora un marco o una perspectiva teórica. También es importante mencionar que de las preguntas de investigación se establecen distintas hipótesis y se deciden las distintas variantes; se fabrica un plan para probarlas (diseño); se evalúan las variables en un determinado contexto; posteriormente se realiza un examen sustancioso las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones”.

Inicio de la revisión de la literatura

(Hernandez Sampieri , 2014)sostiene que la revisión de la literatura comienza con una filtración de información respecto al tema en cuestión, las bases de datos van desde bibliotecas, hemerotecas, hasta bancos de información.

Consulta de la literatura

Una vez el proceso de revisión ha sido completado, para el siguiente paso se procede a escoger la información de verdadero valor, la cual suma aportes al proceso investigativo, de esta forma desechar la información que no tenga un impacto relevante sobre el tema (Hernandez Sampieri , 2014)

¿Qué nos puede revelar la revisión de la literatura?

Uno de los propósitos de la revisión de la literatura es analizar y discernir si la teoría y la investigación anterior sugieren una respuesta (aunque sea parcial) a la pregunta o las preguntas de investigación, o bien si provee una dirección a seguir dentro del planteamiento de nuestro estudio (Lawrence, Machi and McEvoy, 2012; Race, 2008).

Nivel de la investigación

Se puede definir el alcance de la presente investigación documental como descriptivo, lo cual (Hernandez Sampieri , 2014) explica que “con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las

variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas” (p.92).

Diseño

El diseño de esta investigación es una revisión literaria.

(Hernandez Sampieri , 2014) explica que “la revisión de la literatura implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio, de donde se tiene que extraer y recopilar la información relevante y necesaria para enmarcar nuestro problema de investigación” (p. 61).

Categorías de Análisis

Criterio de búsqueda

#	BASE DE DATOS	VARIABLES DE BUSQUEDA	IDIOMA	# ARTICULOS ENCONTRADOS
1	Journal of biomechanics	Biomechanical modeling of deelep squatting	Ingles	107
	Journal of occipational and environmental medicine	Biomechanical modeling of deelep squatting	Ingles	0
	Annals of the Rheumatic Diseases	Biomechanical modeling of deelep squatting	Ingles	1
2	Annals of the Rheumatic Diseases	Analysis of the load on the knee in the squat	Ingles	25
	Journal of biomechanics	Analysis of the load on the knee in the squat	Ingles	337
	Journal of occipational and environmental medicine	Analysis of the load on the knee in the squat	Ingles	2
3	Journal of biomechanics	Full squat produces grater neuromuscular and functional	Ingles	409
	Journal of occipational and environmental medicine	Full squat produces grater neuromuscular and functional	Ingles	0
	Annals of the Rheumatic Diseases	Full squat produces grater neuromuscular and functional	Ingles	387
4	Journal of biomechanics	Squatting and osteoarthritis of the knee	Ingles	64
	Journal of occipational and environmental medicine	Squatting and osteoarthritis of the knee	Ingles	8
	Annals of the Rheumatic Diseases	Squatting and osteoarthritis of the knee	Ingles	78
5	Journal of biomechanics	Squatting and injury risk	Ingles	5830
	Journal of occipational and environmental medicine	Squatting and injury risk	Ingles	267
	Annals of the Rheumatic Diseases	Squatting and injury risk	Ingles	41

Criterios de inclusión

En la presente revisión solo van a ser incluidos los artículos científicos que apliquen las siguientes pautas:

que cuenten con una introducción, un resumen, y sus respectivas citas bibliográficas. Adicional a esto solo se van a incluir artículos de investigación, metaanálisis y revisiones sistemáticas.

Criterios exclusión

La información que se pueda encontrar en blogs, páginas web, revistas, libros y artículos publicados antes del año 2000 no serán tenidos en cuenta para la presente revisión literaria.

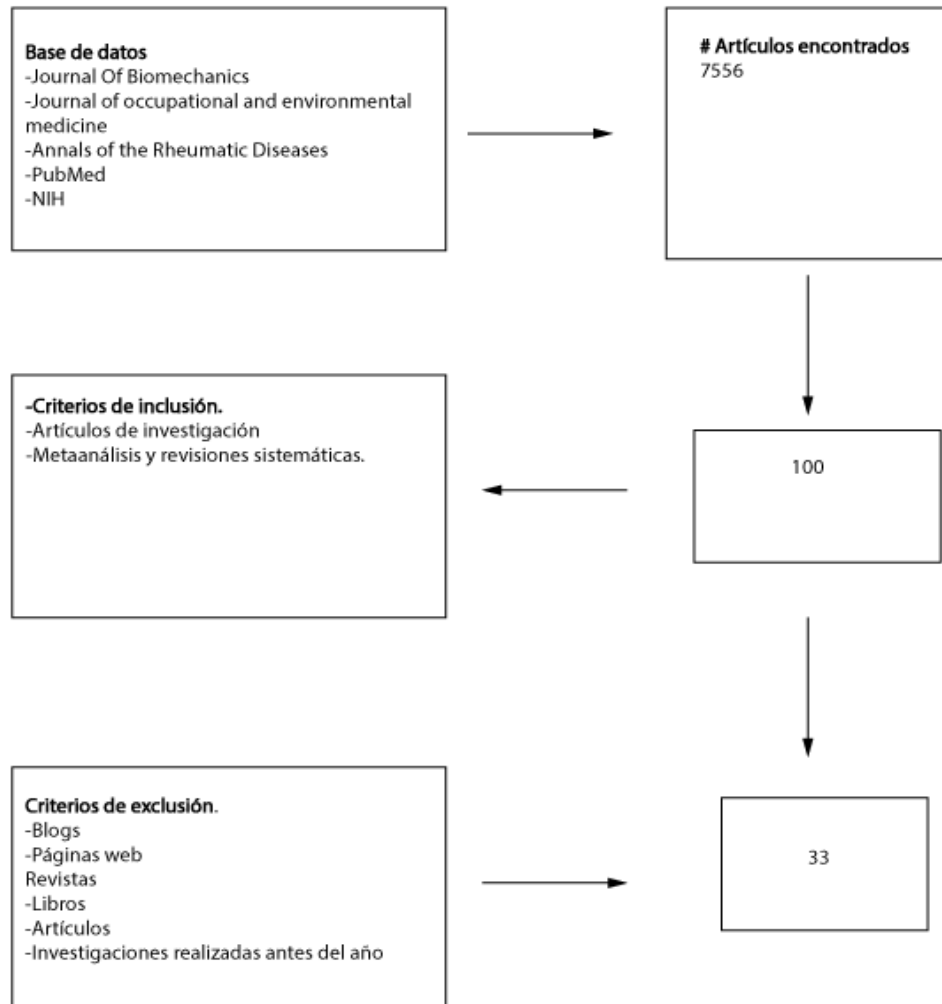
VARIABLE	TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	TIPO DE PUBLICACIÓN	BASE DE DATOS	AÑO	AUTORES	IDIOMA	CRITERIOS
Biomechanical modeling of deep squatting	Effects of the interface contact between posterior thigh and shank	Articulo	Journal of biomechanics	2019	Jhon Z. Wu, Erik W.Sinsel, Robert E. Carey, Living Zheng, Christopher M. Warren, Scott P. Breloff.	Ingles	Aplica
	The effects of knees support on the sagittal loer-body joint kinematics and kinetics of deep squats	Articulo	Journal of biomechanics	2019	Emily Dooley, James Carr, Eric Carson, Shawn Russel.	Ingles	Aplica
	Dynamic modeling and simulation of squatting-standing action of human body	Articulo	PubMed	2014	Jianhui Wang, Xiulin Xu, Meijun An, Xiufang Hu	Ingles	Aplica
	Biomechanical analysis of posterior cruciate ligamente retaining high-flexion total knee arthroplasty	Articulo	PubMed	2009	J Zelle, A C Van der Zanden, M De Waal Malefij, N Verdonshot	Ingles	Aplica
Analysis of the load on the knee in a squat	Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load	Articulo	PubMed	2013	Hagen Hartmann, Klaus Wirth, Markus Klusemann	Ingles	Aplica
	Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat	Articulo	PubMed	2003	Andre W Fry, J Chadwick, Brian K Schilling	Ingles	Aplica
	Influence of stance width and toe direction on medial knee contact force during bodyweight squats	Articulo	Journal of biomechanics	2021	Akihiro Asayama, Hiroshige Tateuchi, Momoko Yamagata, Noriaki Ichigashi	Ingles	Aplica
	Osteoarthritis of the knee and physical load from occupation	Articulo	Annals of the Rheumatic Diseases	1996	Eva Vingard	Ingles	No aplica
Full squat produces grater neuromuscular and functional adaptations	Full squat produces grater neuromuscular and functional adaptations and lower pain than partial squats after prolonged resistance training	Articulo	PubMed	2019	Jesus G Pallares, Alejandro M Cava, Javier Courel-Ibañez, Juan José González-Badillo, Ricardo Moran-Navarro	Ingles	Aplica
Squatting and osteoarthritis of the knee	Retrospective study o squastting with prevalence of knee osteoarthritis	Articulo	PubMed	2007	Chun-mei- Liu, Ling Xu	Ingles	Aplica
Squatting and injury risk	Association of squatting with increased prevalence of radiotaphic tibiofemoral knee osteoarthritis: the beijin osteoarthritis study	Articulo	PubMed	2004	Yuqing Zhang, David J Hunter, Michael C neivitt, Ling Xu, Jingbo Niu, Li-Yung Lui, Wei Yu, Piaran Aliabadi, David T Felson.	Ingles	Aplica

VARIABLE	TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	TIPO DE PUBLICACIÓN	BASE DE DATOS	AÑO	AUTORES	IDIOMA	CRITERIOS
Full squat	Muscle Activation Differs Between Partial and Full Back Squat Exercise With External Load Equated	ARTICULO	PUBMED	2019	Josinaldo J da Silva 1, Brad J Schoenfeld, Priscyla N Marchetti, Silvio L Pecoraro, Julia M D Greve, Paulo H Marchetti	INGLES	APLICA
	Effects of Changing from Full Range of Motion to Partial Range of Motion on Squat Kinetics	ARTICULO	The Journal Of Strength And Conditioning Research	2012	Drinkwater, Eric J.; Moore, Norman R.; Bird, Stephen P	INGLES	APLICA
	Lower Extremity Strength and the Range of Motion in Relation to Squat Depth	ARTICULO	NIH	2015	Si-Hyun Kim, Oh-Yun Kwon, Kyue-Nam Park, In-Cheol Jeon, and Jong-Hyuck Weon5	INGLES	APLICA
	Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes	ARTICULO	PUBMED	2019	Keitaro Kubo , Toshihiro Ikebukuro , Hideaki Yata	INGLES	APLICA
Squat Depth	The relationship between the deep squat movement and the hip, knee and ankle range of motion and muscle strength	ARTICULO	PUBMED	2020	Yasuhiro Endo , Masashi Miura , Masaaki Sakamoto	INGLES	APLICA
	Effect of squat depth and barbell load on relative muscular effort in squatting	ARTICULO	PUBMED	2012	Megan A Bryanton , Michael D Kennedy, Jason P Carey, Loren Z F Chiu	INGLES	APLICA
	Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load	ARTICULO	PUBMED	2013	Hagen Hartmann , Klaus Wirth, Markus Klusemann	INGLES	APLICA
	How Are Squat Timing and Kinematics in The Sagittal Plane Related to Squat Depth?	ARTICULO	PUBMED	2020	Magdalena Zawadka , Jakub Smolka , Maria Skublewska-Paszkowska , Edyta Lukasik , Piotr Gawda	INGLES	APLICA
	Effect of Squat Depth and Barbell Load on Relative Muscular Effort in Squatting	ARTICULO	The Journal Of Strength And Conditioning Research	2012	Bryanton, Megan A.; Kennedy, Michael D.; Carey, Jason P.; Chiu, Loren Z.F.	INGLES	APLICA
	The relationship between the deep squat movement and the hip, knee and ankle range of motion and muscle strength	ARTICULO	Journal Of Physical Therapy Science	2020	Yasuhiro Endo, Masashi Miura, Masaaki Sakamoto	INGLES	APLICA
	Knee Joint Kinetics in Relation to Commonly Prescribed Squat Loads and Depths	ARTICULO	NIH	2013	Joshua A. Cotter, Ait M. Chaudhari, Steve T. Jamison, and Steven T. Devor	INGLES	APLICA

Knee biomechanics squat	Knee biomechanics of the dynamic squat exercise	ARTICULO	PUBMED	2021	ESCAMILLA, RAFAEL F.	INGLES	APLICA
	Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat	ESTUDIO COMPARATIVO	PUBMED	2012	Andrew C Fry ¹ , J Chadwick Smith, Brian K Schilling	INGLES	APLICA
	A biomechanical comparison of the traditional squat, powerlifting squat, and box squat	ESTUDIO COMPARATIVO	PUBMED	2012	Paul A Swinton , Ray Lloyd, Justin W L Keogh, Ioannis Agouris, Arthur D Stewart	INGLES	APLICA
	Protective Knee Braces and the Biomechanics of the Half-Squat Parachute Landing	ARTICULO	PUBMED	2019	Daniel J Glassbrook , Scott R Brown , Eric R Helms, Scott Duncan , Adam G Storey	INGLES	APLICA
Squat muscle activation	Muscle Activation Patterns During Different Squat Techniques	ARTICULO	PUBMED	2017	Lindsay V Slater , Joseph M Hart	INGLES	APLICA
	Muscle activation in the loaded free barbell squat: a brief review	ARTICULO	PUBMED	2012	Dave R Clark , Mike I Lambert, Angus M Hunter	INGLES	APLICA
Effects squat cartilage	Effects of exercise mode in knee cartilage thickness	ARTICULO	PUBMED	2020	Rodrigo Rico Bini , Alice Flores Bini	INGLES	APLICA
	Acute effects of varying squat depths on lumbar intervertebral disks during high-load barbell back squat exercise	ARTICULO	PUBMED	2021	Osamu Yanagisawa , Tomoki Oshikawa , Gen Adachi , Naoto Matsunaga , Koji Kaneoka	INGLES	APLICA
Range of motion squat	Altered knee and ankle kinematics during squatting in those with limited weight-bearing-lunge ankle-dorsiflexion range of motion	ARTICULO	PUBMED	2014	Karli E Dill , Rebecca L Begalle, Barnett S Frank, Steven M Zinder, Darin A Padua	INGLES	APLICA
Squat ankle pain	Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat	ARTICULO	PUBMED	2012	Elisabeth Macrum ¹ , David Robert Bell, Michelle Boling, Michael Lewek, Darin Padua	INGLES	APLICA

Estrategia de análisis

Tabla 1



Variable 1

Esta sobre extendida la idea de que la exposición a ciertos movimientos podría ser algo potencialmente lesivo o peligroso para algunas estructuras pasivas del cuerpo humano, la principal explicación que sostienen algunas personas es que son movimientos “malos” o incluso hay quienes se atreven a calificarlos como “anti-naturales”, el gran problema con ambas afirmaciones es que están utilizando conceptos abstractos y ambiguos, que a priori requiere de una definición formal y lo más específica posible si con ello se quiere tener claridad de lo que en realidad sucede en los tejidos del cuerpo humano, así que estos conceptos están bastante lejos de aportar una razón de peso según los estándares que la ciencia demanda para si quiera considerar adecuados ambos argumentos. Las palabras “malo” y “anti-natural” por sí mismas no explican por qué un fenómeno tiene propiedades intrínsecamente nocivas.

No se debe calificar un movimiento como anti-natural cuando la definición de natural aplicada al movimiento humano no es lo suficientemente clara, es decir, anti-natural ¿para que? , la realidad es que no se podría definir un movimiento bueno o natural para el cuerpo humano, o por lo menos no de forma absoluta, objetiva e imparcial, entonces basado en dicha premisa, tampoco se podría aplicar el concepto de movimiento “malo” o “anti-natural” en el mismo escenario, simplemente porque los mecanismos de referencia deberían de ser equivalentes para ambas situaciones.

Al igual que este tipo de afirmaciones hay muchas otras, incluso algo más parcializadas y arcaicas, también se puede encontrar que cualquier tipo de incomodidad o dolor en algún tejido periférico sea naturalmente asociado a un daño estructural y a la pérdida de la función, sin embargo la evidencia científica más actualizada no comparte esta postura, actualmente hay varios estudios que desafían cada vez más la concepción holística del modelo biomédico donde el daño está íntimamente correlacionado con el dolor, y la realidad es que este último se define como una experiencia muy compleja de carácter multi-factorial y multi-causal generada por el sistema nervioso independientemente de si existe o no la presencia de algún tipo de daño a nivel estructural.

Acercándose un poco más al objetivo general de esta revisión literaria, habría que hablar de las causas que más implicaciones parecen tener respecto a la relación entre lesiones y el modelo de la sentadilla profunda, en este caso se presenta como un factor repetitivo el concepto de artrosis de rodilla, el cual se ha logrado evidenciar que no es más que un desgaste totalmente natural del cartílago de dicha articulación, pero si no se hiciera referencia a la artrosis con el dolor no se le adjudicaría tanta relevancia, dicha situación se debe a una creencia popular que relata que el desgaste del cartílago tiene que producir dolor y afectar las funciones del complejo articular.

Respecto a la estrecha relación que en su momento compartían la artrosis y el dolor, actualmente se cuenta con más información que aclara que esta condición es un proceso degenerativo totalmente habitual del cartílago (como de cualquier otro tejido que presenta modificaciones estructurales con el tiempo), y no tiene por

qué producir ningún tipo de dolor ni de limitación en las funciones de los tejidos implicados.

Durante muchos años se ha recomendado evitar las ejecuciones de sentadillas profundas para no exponer la rodilla a altos niveles de tensión intra articular y con ello una presunta degeneración del cartílago rotuliano.

Uno de los principales errores de dichas recomendaciones fue haber encasillado el fenómeno en cuestión a un modelo puramente biomédico y aplicado a un sistema meramente estático con una única perspectiva desde la artrocinemática, desconociendo y obviando uno de los procesos endógenos del cuerpo humano más importantes, la capacidad adaptativa de este y adicionalmente los beneficios de la participación de otros tejidos como pueden ser los efectos musculares.

La capacidad de adaptación que posee un tejido en un cuerpo humano vivo es continuamente dinámico, desde que el cuerpo humano este vivo, el cartílago de la rodilla (y en general cualquier otra estructura pasiva) podrá seguir presentando adaptaciones en el tiempo.

La ejecución de una sentadilla profunda debe apreciarse de forma global y no parcializada, no solo se debe tener presente los sucesos a nivel cinemático, sino también cinéticos, además se deben aportar aquellos efectos que tengan relevancia en otras estructuras, como podría ser el efecto del contacto de los músculos isquiosurales y los gastrocnemios en la parte final de la sentadilla profunda. (Hatmann, Wirth, & Klusemman, 2013, págs. 993–1008).

El campo biomédico en función del entrenamiento con cargas ha ignorado drásticamente por mucho tiempo cualquier suceso adaptativo que pueda presentar el cuerpo humano en función de una lesión, por décadas ha tratado este tipo de temas como si fueran condiciones invariables sin ninguna oportunidad de presentar cambios en el tiempo, la forma de abordar el fenómeno de artrosis (por citar un ejemplo) ha sido incorrecto desde una perspectiva biopsicosocial (modelo más utilizado hoy en día) con unas soluciones bastante radicales, como el expresar un simple y tajante “no vuelva a realizar (inserte aquí cualquier tipo de ejercicio que involucre el tejido en cuestión y no sea del agrado del profesional a cargo)”.

La capacidad de adaptación que presenta cualquier tipo de tejido del cuerpo humano ante un estímulo es una realidad inminente, es algo que no se puede negar, no hay un solo tejido que no se adapte adecuadamente ante el estímulo correcto de una carga bien dosificada, ninguno. Esto se puede apreciar de forma más clara en un estudio donde (Hartmann, et al., 2012) presenta evidencias que sugieren que incluso el cartílago tiene capacidad de adaptación ante un estímulo como el entrenamiento con cargas.

Lo cierto es que este pretérito ha sido ignorado por mucho tiempo en el campo del entrenamiento. Se suele etiquetar los movimientos como “buenos” o “malos” con solo tener presente un análisis parcial de la ejecución del mismo, sin prestarle atención a que cualquier tejido con una sobrecarga progresiva adecuada tiene la capacidad de adaptarse a cualquier estímulo. Como se puede observar en el estudio que hicieron (Gratzke, Hudelmaier , Wolfgang, Glaser, & Felix, 2007)

donde se encontró que el cartílago de la rótula era más grueso en atletas que practicaban halterofilia y modalidades de velocidad respecto a sujetos sedentarios.

Retomando nuevamente el tema de la ejecución de una sentadilla profunda, el aumento de la presión intra articular y su posible relación con la artrosis de rodilla, se puede observar en el siguiente estudio los beneficios del efecto de contacto entre el tendón de la corva y el gastrocnemio en el punto de mayor flexión de rodilla en una sentadilla profunda y como afecta a la presión intraarticular en un modelo in vivo (Wu, et al., 2019).

Dicho efecto de contacto entre la zona posterior del muslo y los gemelos, se midió en dos condiciones, una incluyendo el contacto de ambas estructuras y otro sin él.

Se pudo apreciar que en la posición de sentadilla profunda (estandarizada a 120 grados de flexión de rodilla) como la presión patelo-femoral y tibio-femoral con el contacto isquios-gemelos es 58% y 43% (media hallada entre todos los valores) menor comparado con la estimación sin contacto, lo que sugiere que una sentadilla profunda parece generar menores demandas de presión intraarticular respecto a una sentadilla a 90 grados de flexión de rodilla.

La presión intraarticular sobre la rodilla incrementa naturalmente cuando aumenta la flexión de rodilla, consiguiendo su pico a los 90-100 grados de flexión de rodilla, para posteriormente descender debido al efecto en cuestión (efecto del contacto de los isquiosurales contra los gemelos). En el modelo biomecánico donde no se da dicho contacto isquiosurales-gemelos (sentadillas parciales a 90

grados o menos de flexión de rodilla) se aprecia que la presión intraarticular sigue aumentando.

La recomendación sobre evitar la flexión máxima de rodilla está basada en el simple hecho de que de esta forma se producen mayores fuerzas compresivas patelo-femorales y tibio-femorales a mayor profundidad. Pero el temor a esta posición de mayor flexión de rodilla es algo totalmente infundado, dado que estas fuerzas (a las que tanto se le temen) son necesarias para mantener la estabilidad articular sobre la rodilla, así que las fuerzas compresivas patelo-femorales y tibio-femorales no solo son correctas, sino que son necesarias, como todo, este parámetro va a depender de las cantidades de fuerza aplicada y la capacidad de tolerancia de los tejidos implicados.

Variable 2

“Se podría determinar desde el punto de vista mecánico que la presión es lo mismo que el estrés, ya que se mide en las mismas unidades. La presión mecánica es la cantidad de fuerza aplicada en relación a la superficie donde se aplica”. (Leal , Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012)

Aunque naturalmente la presión mecánica y el estrés mecánico son dos términos iguales, se puede encontrar la única diferencia entre quien realiza la función de aplicar la fuerza y posteriormente quien la recibe. Así que se teóricamente se utiliza el concepto presión para el agente que provoca la fuerza,

mientras que se emplea el termino estrés para aquellas estructuras que reciben dicha fuerza.

Como se indicó anteriormente, ambos conceptos son el resultado final de una relación, entre fuerza aplicada y área de superficie, a modo de ejemplo se puede pensar en la ventana de un carro, un golpe (con la mano abierta) con una fuerza promedio quizá no generaría algún cambio sobre la estructura de esta, pero un golpe con una puntilla de metal con la misma fuerza seguramente agrietaría el cristal, y esa es la diferencia en el resultado final, el área de superficie, claramente la puntilla es mucho más pequeña, por lo cual la presión o el estrés final sería mucho más alto.

“El término estrés desde un punto de vista mecánico (mechanical stress) simplemente se refiere a un cociente entre la fuerza y el área donde se aplica. Por lo tanto, no se le puede asignar un cartel de bueno o malo, porque es el contexto en el cual se aplica el que puede hacer que provoque efectos positivos o negativos un excesivo estrés podría dañar una estructura y un estímulo de estrés muy pequeño podría no provocar el suficiente cambio como para producir beneficios” (Leal , Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012).

Con estos ejemplos claros se podrá tener una mejor idea respecto a lo que proponen algunos autores en función de la sentadilla profunda y el concepto de carga sobre la rodilla y la cadera.

A medida que se va encontrando la profundidad en una sentadilla (alrededor de los 110 grados de flexión de rodilla) el cóndilo lateral del fémur

empieza a rotar ligeramente de forma posterior, lo que ocasiona que el mayor contacto entre estructuras se da sobre el cóndilo medial y la meseta tibial, y con relación al ejemplo anterior, entre menos área de contacto haya sobre una fuerza aplicada, mayor será el estrés mecánico resultante, así que se podría afirmar de forma parcial que en el modelo de una sentadilla profunda habría mayor presión intraarticular que en otras ejecuciones donde no se generen grados de flexión de rodilla tan altos.

Como se logra apreciar, este análisis ha ignorado por completo dos aspectos claves enunciados anteriormente, la capacidad de adaptación de las estructuras del cuerpo humano, y el efecto de contacto entre los músculos isquiosurales y el gastrocnemio, pero hay otros aspectos igualmente importantes que no se han tenido presentes, como por ejemplo la conceptualización de los términos presión y estrés, la realidad es que la física no habla de si una palabra es peligrosa, simplemente se dedica a explicar un fenómeno en específico.

Se ha sostenido desde una perspectiva biomecánica, que el movimiento hacia adelante de las rodillas durante una sentadilla está asociado con mayores fuerzas de cizallamiento en la rodilla, pero nuevamente se da un juicio de valor parcializado, es decir, se le otorga una potestad intrínseca al término cizallamiento para connotar un efecto nocivo aplicado al contexto de desgaste, disfunción y riesgo de lesión de cualquier tejido relacionado a la sentadilla profunda. El término cizallamiento tan solo explica que está sucediendo dentro de la articulación, pero de hecho el cizallamiento es algo totalmente natural para mantener la estabilidad entre dos estructuras, en este caso el fémur y la tibia, y si no existiera dicho

fenómeno, lo más seguro es que se desprendieran los ligamentos en ausencia de estas fuerzas de fricción. Tal parece que dicho concepto es de todo menos negativo.

Basados en el clásico estudio de (C.Fry, Chadwick Smith, & Scholling, 2003), se observó como al limitar el desplazamiento horizontal de la rodilla podría sugerir menor torque sobre dicha articulación, pero como se expresó anteriormente, las magnitudes físicas por si solas no hacen referencia a un término negativo, tan solo explican cómo se desarrolla un fenómeno. Al igual que se evidencia como restringir la flexión de rodilla durante una sentadilla podría atenuar la presión intra-articular respecto a esta, también se pudo observar como el torque se dosificaba de forma más agresiva en otros tejidos, como por ejemplo la cadera y la columna.

Durante la sentadilla profunda las fuerzas reactivas de compresión son mayores, pero esto per se no constituye un factor de riesgo, se retoma el concepto anterior, desde que el tejido presente la suficiente tolerancia a una carga, este no se verá modificado de manera negativa bajo ningún movimiento. La sentadilla profunda parece ser un ejercicio totalmente seguro desde que haya una buena gestión de las cargas.

Limitar de forma voluntaria el desplazamiento anterior de la rodilla puede ser contraproducente, incrementando de manera significativa la carga que recibe la cadera y la columna.

Si se plantease un ejemplo totalmente absurdo y arcaico sobre la sentadilla, donde solo tuviera en cuenta los diferentes torques que se generan sobre las articulaciones implicadas, el restringir la flexión de rodilla completa (aproximadamente 120 grados) solo aumentaría la presión intra-articular sobre la cadera y la columna, y bajo cualquier circunstancia, sería preferible tener molestias en la rodilla y no en la cadera ni en la columna.

La elección de la profundidad óptima de sentadilla para el entrenamiento de fuerza (resistance training) ha sido un tema de debate durante décadas y sigue siendo controvertido, desde esta perspectiva parecen surgir dos preguntas bastante relevantes respecto al uso de un modelo biomecánico de sentadilla optima:

1. ¿La profundidad de la sentadilla afectaría los momentos pico de extensión de la rodilla?
2. ¿La carga relativa de la sentadilla afectaría los momentos picos de extensión de la rodilla?

Durante décadas se ha especulado y hasta afirmado que los momentos pico de extensión incrementarían con el aumento tanto de la profundidad como de la carga, pero se han omitido dos aspectos indispensables en la concepción objetiva de este argumento, lo primero es la variable sujeto, ya que esto puede tener un montón de oscilaciones a la hora de interpretar cualquier tipo de conclusión respecto a dicho tema, y adicionalmente, si ambas preguntas anteriores respaldaran que el modelo de sentadilla carga más la articulación de la rodilla, ¿cuál sería el

problema?, esto solo representaría una parte de la ecuación, el concepto carga , pero aun seria incierto el factor tolerancia, el cual es totalmente dependiente de cada sujeto y sus diferentes estructuras, por lo que una mayor cantidad de fuerzas alrededor de una articulación no tienen la última palabra per se sobre si hay un riesgo inherente en dicha articulación.

En primera instancia, vale la pena aclarar por qué los momentos pico de la articulación de la rodilla son un representante de las fuerzas de compresión a las que está siendo sometida la rodilla. Cuando se habla de un momento externo en la articulación, los cuádriceps como principales extensores de rodilla, deben acortarse generando una fuerte contracción para extender la rodilla, como consecuencia de dicha acción, estos jalan el tendón rotuliano hacia abajo de la rótula, lo que aumenta la compresión de la rótula en contra de la tibia y el fémur.

Dicho acortamiento del cuádriceps y su posterior consecuencia, también acerca la tibia respecto al fémur, produciendo una fuerza cortante anterior y aumentando aún más la fuerza de compresión en la articulación. Suponiendo que el sujeto sea una persona totalmente sana, y el ligamento cruzado anterior se encuentra en un estado saludable, la fuerza cortante anterior probablemente no implique una gran preocupación. Sin embargo, si el individuo tiene algún precedente a nivel histológico que pueda verse comprometido por el aumento de estas fuerzas sobre la articulación de la rodilla, tendría unas matices totalmente diferentes, existiendo así un problema puntual de esta persona que modificaría la tolerancia de tus

tejidos a una carga específica, siendo considerado un sujeto no apto para beneficiarse de este tipo de sentadillas.

Variable 3

El entrenamiento con cargas siempre ha sido una intervención sumamente efectiva para aumentar el desarrollo de la masa muscular y el rendimiento deportivo. Uno de los ejercicios más utilizados para estos aspectos ha sido la sentadilla.

Algunos estudios sugieren que las posibles adaptaciones en función de la hipertrofia muscular (ganancia de masa muscular) o del rendimiento deportivo, obedecen explícitamente al factor profundidad, es decir, que se pueden obtener diferentes efectos en relación a la profundidad de la sentadilla, existiendo una diferencia entre un modelo de sentadilla, media, paralela y profunda.

En concreto algunos estudios apuntan a que una mayor profundidad en la sentadilla se traduce estrictamente en una mayor ganancia de masa muscular (Bloomquist, et al., 2013) y (McMahon, Morse, Burden, Winwood, & Onambele, 2014). Aunque en dichos estudios se midió la sección transversal del músculo y no específicamente el volumen.

Con base en los estudios a la mano hasta el día de hoy, se ha hipotetizado que el volumen de los extensores de rodilla, aductores y glúteo mayor sería mucho mayor con un programa de entrenamiento basado en la selección de sentadillas profundas y no medias sentadillas.

En un estudio donde se presentaron 20 individuos, fueron divididos en dos grupos los cuales la mitad realizaron un programa de entrenamiento con sentadilla

profunda, y los otros lo ejecutaron con una media sentadilla (Kubo, Toshihiro , & Hideaki, 2019).

Los rangos de recorrido para diferenciar ambos grupos (Full squat training- FST) (Half squat training- HST) eran considerados de la siguiente manera: cuando la rodilla llegara a 90 grados de flexión era una media sentadilla, y cuando la rodilla llegara a los 140 grados, era considerada una sentadilla profunda.

En cuanto al volumen muscular se determinó mediante una serie de cortes que iban desde la cresta iliaca antero-superior hasta la parte distal de la tibia y la cresta iliaca ala tuberosidad glútea. Los músculos evaluados fueron los vastos del cuádriceps, los isquiosurales, el aductor mayor, aductor menor, aductor largo y el glúteo mayor.

Los resultados en términos de volumen muscular fueron los siguientes:

Extensores de rodilla: Aumento de forma estadísticamente significativa 4,9 en FST y 4,6 en HST. Interesantemente no hubo ningún tipo de aumento del volumen en el recto femoral del cuádriceps.

Isquiosurales: No hubo ningún tipo de aumento en el volumen muscular para ningún grupo.

Aductores: Aumento 6,2 en FST y 2,7 en HST. Para este grupo muscular si hubo una diferencia significativa entre grupos.

Glúteo Mayor: Hubo un incremento del 6,7 en FST y 2,2 en HST.

Claramente en el grupo de sentadilla profunda hubo un aumento mucho mayor respecto al grupo de media sentadilla.

Claramente los resultados del estudio sugieren principalmente dos cosas; el ejercicio de sentadilla es una opción para el desarrollo de la musculatura del miembro inferior excepto de los isquiosurales, y sobre la mayor eficiencia de la sentadilla profunda para el desarrollo de los aductores y el glúteo mayor (esto con un tamaño del efecto considerablemente mayor).

En otro estudio de cohortes de (Kubo, Toshihiro , & Hideaki, 2019) donde cincuenta y tres hombres entrenados en fuerza fueron asignados de manera aleatoria a uno de cuatro grupos de entrenamiento predeterminados: sentadilla completa (F-SQ), sentadilla paralela (P-SQ), media sentadilla (H-SQ) y control (cese del entrenamiento) (Pallares , Martinez-Cava, Moran-Navarro, Sanchez-Medina, & Gonzales-Badillo, 2019).

Los grupos en cuestión ejecutaron un programa de entrenamiento de resistencia con base en la velocidad, durante 10 semanas usando la misma carga relativa (periodización lineal del 60 % al 80 % de 1RM), solo difiriendo en la profundidad alcanzada durante la sentadilla.

Las adaptaciones neuromusculares se pudieron medir mediante la fuerza máxima de una repetición (1RM) y la velocidad de propulsión media (MPV) en las diferentes profundidades de cada sentadilla.

El rendimiento funcional se evaluó por medio de algunos test, entre ellos el salto con contra movimiento, y el sprint de 20 my Wingate.

La incapacidad funcional física tuvo en cuenta aspectos de dolor y rigidez. El grupo de sentadilla profunda fue el único que vio un incremento en su 1RM y MPV en las tres variaciones de sentadilla y alcanzo el rendimiento funcional más elevado. El grupo de sentadilla parcial obtuvo los segundos mejores resultados. En el grupo de media sentadilla, se pudo apreciar que no hubo incrementos en el rendimiento neuromuscular y funcional y fue el único grupo que informó aumentos significativos en el dolor, la rigidez y la discapacidad funcional física. Para el grupo control se encontró que disminuyeron en todas las pruebas.

Según este estudio, el único grupo que logro aumentar su 1RM y VMP y en general unas mejores adaptaciones neuromusculares en cuanto a la mejora de la fuerza y el rendimiento funcional, provienen de ejecuciones de sentadilla profundas, en contra posición el único grupo que informo acerca de aumentos significativos respecto al dolor percibido, rigidez y discapacidad funcional física fue el de la sentadilla media. Se puede afirmar entonces que el uso de media sentadilla para un contexto de potenciación del rendimiento y adaptaciones neuromusculares es desaconsejable debido a las mejoras limitadas y el aumento sobre el dolor y la incomodidad después del entrenamiento.

Variable 4

Ningún estudio incluido en esta revisión literaria puede afirmar que haya una asociación causal entre la sentadilla profunda y la alguna lesión de los tejidos pasivos de la rodilla o cualquier otra articulación involucrada en este movimiento.

Las asociaciones que han existido o se han inferido durante muchísimos años parecen ser puramente circunstanciales, donde las investigaciones han obviado muchos detalles importantes y han tenido muchos sesgos y limitaciones que hacen demasiado inespecífico y ambiguo el tema de las lesiones y su presunta asociación con las sentadillas profundas.

Como se ha podido evidenciar en múltiples estudios que han sido incluidos en este trabajo, (Hartmann H. W., 2013) (C.Fry, Chadwick Smith, & Scholling, 2003) (Kubo, Toshihiro , & Hideaki, 2019) (Pallares , Martinez-Cava, Moran-Navarro, Sanchez-Medina, & Gonzales-Badillo, 2019) (Schoenfeld, 2010), la sentadilla profunda es un movimiento totalmente seguro y no tiene ninguna asociación de causa-efecto con ningún tipo de lesión que se le haya adjudicado años atrás.

Conclusiones

“Todos los modelos son incorrectos, pero algunos son útiles” George Edward Pelham.

En el desarrollo del presente trabajo se ha logrado recopilar información actualizada respecto al objetivo en cuestión, donde se pueden apreciar tanto diferentes investigaciones como distintas posturas referentes al modelo biomecánico de la sentadilla profunda y su presunta implicación o no con las lesiones osteo-musculares, que por décadas han sido adjudicado a dicho movimiento, esto se ha planteado desde un modelo biomédico, y ese es uno de los principales aspectos relevantes de este trabajo, aclarar la relación entre carga y daño, teniendo una perspectiva completa desde múltiples modelos.

Los modelos son simples representaciones que facilitan la interpretación de la información, la aplicación al campo y la toma de decisiones, donde la búsqueda de la perfección en un modelo conduce a una complicación excesiva e innecesaria sobre un concepto, que termina por sesgar y omitir una amplia variedad de sucesos que podrían dar un giro completo a lo propuesto.

Cuando se habla en función del modelo biomecánico de la sentadilla profunda se está haciendo referencia a cualquier cambio u oscilación que pueda existir en cualquier tejido del cuerpo humano, sin hablar única y exclusivamente desde una perspectiva artrocinemática ni osteocinemática, sino también teniendo presente las posibles variantes y consecuencias que pueden existir debido a la participación de otras estructuras del cuerpo humano.

Durante la actual revisión literaria se han adjuntado los respectivos estudios que sugieren que la sentadilla profunda no es solo una ejecución segura, sino una ejecución necesaria para maximizar el desarrollo físico en diferentes ámbitos, reducir la presión intraarticular sobre la rodilla y posteriormente minimizar el impacto sobre otras articulaciones como la cadera y la columna, más allá de eso, no se puede y tampoco se pretende afirmar que esta ejecución sea la mejor alternativa para todas las personas.

La información presentada en esta revisión ha sido sometida a filtros de regulación de calidad según varios parámetros de inclusión y exclusión, los cuales se han presentado en forma de tabla en el marco teórico.

De esta forma se pretendió asumir una posición imparcial (hasta donde es posible) y objetiva para rechazar cualquier sesgo que suponga una limitación excesiva en la recopilación y exposición de la información.

En el transcurso de la presente revisión literaria se pudo obtener la información más actualizada y de mejor calidad que da por hecho de que no se puede afirmar que este movimiento sea naturalmente peligroso o lesivo.

En el apartado de estrategia de análisis se expone una imagen de como se ha logrado valorar la información de búsqueda recolectada para este trabajo, se proponen diferentes criterios tanto de exclusión e inclusión para filtrar las investigaciones respectivas bajo algunos estándares específicos que presumen una mayor calidad en las investigaciones recopiladas.

Para concluir; “si se entiende el ejercicio como la aplicación de fuerzas en diferentes escenarios, ¿resulta tan sencillo decir si un ejercicio es bueno o malo?. Hablar de los beneficios o perjuicios de un ejercicio es inadecuado y, sin embargo, es algo que está a la orden del día en nuestro sector. Mel C. Siff (antiguo profesor de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Witwatersrand en Johannesburgo y famoso por publicar, junto al doctor Verkhoshansky, el libro titulado Supertraining) publicó la siguiente frase: “...hemos de estar mucho más lejos de realizar generalizaciones frívolas y no específicas sobre la superioridad e inferioridad, seguridad o riesgos de un ejercicio determinado, porque los efectos de todos los ejercicios son dependientes de la situación, contexto, tiempo e individuo.”

“A pesar de que es algo habitual en nuestro sector, querer hacer un estudio sobre los beneficios de cualquier ejercicio de forma genérica es realmente frívolo e inespecífico. Muchas veces se olvida que las generalizaciones son totalmente inespecíficas y que se ha de observar y evaluar el contexto específico” (Leal, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2020)

Con el presente trabajo se puede dar por hecho que el modelo de la sentadilla profunda es totalmente seguro y bajo ningún criterio absoluto se puede concebir como un ejercicio lesivo o potencialmente perjudicial para la integridad física y psicosocial de ninguna persona, por el contrario tiene múltiples beneficios de cara a potenciar deportes en específico o simplemente mejorar la composición corporal de un individuo.

El hecho de que este tipo de ejecución no pueda clasificarse rotundamente (o tan siquiera de forma parcial) como un movimiento anti-natural que promueve el desgaste y la perturbación de algún tejido del cuerpo humano, es básicamente por dos aspectos claves que fueron tenidos en cuenta en el desarrollo de la presente revisión; y son de nuevo estas preguntas ¿movimiento lesivo para quien? ¿lesivo bajo que carga?.

A continuación (Leal , Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012) plantea una serie de acontecimientos que pueden proporcionar una mejor perspectiva a la hora de hablar del tipo de sujeto y carga :

- Cantidad y tipo de fuerza que llega a cada eje articular
- ROM (rango de movimiento) articular y modificación del ROM durante la aplicación del estímulo en cada eje articular
- Duración del estímulo
- Tempo en la aplicación del estímulo relativo a cada eje articular
- Frecuencia en la aplicación del estímulo
- Genotipo (especialmente en relación al sistema músculo esquelético)
- Fenotipo (especialmente en relación al sistema músculo esquelético)
- Función neuromuscular y propioceptiva
- Daños (antecedentes previos)
- Enfermedades
- Desgaste
- Edad
- Estado mental-psicológico
- Entre otras variables

“Esto hace que la palabra clave para determinar el éxito o no de la adaptación sea dosis, la cual será diferente para cada individuo. Incluso el contexto de un mismo individuo es dinámico, con lo que la dosis a aplicar es totalmente variable incluso para un mismo individuo”. (Leal , Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012)

“Para empezar a comprender el movimiento dentro del ejercicio físico de la forma más exacta y parcial posible, se debería ver el como una vacuna, donde la dosis inadecuada puede generar un mal muy grande. (Leal , Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012)

“Las fuerzas son las causantes del estímulo, pero también pueden ser la enfermedad en sí misma. Cualquier daño en la estructura humana puede venir

creado por una fuerza inapropiada en relación a la tolerancia individual”. (Leal ,
Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012)

“La fuerza es el “virus”, nuestro cuerpo se adapta a ella y mejora la tolerancia a dicho “virus”. Por eso, el principal objetivo para un profesional de la salud el ejercicio visto como una vacuna y actividad física es aplicar el adecuado estímulo para crear adaptaciones que permitan tolerar mejor el “virus”. Por tanto, ¿de qué depende que un ejercicio sea “bueno “o ”malo”? “. (Leal , Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012)

“El potencial riesgo de un ejercicio viene determinado por la interrelación de la aplicación de una fuerza sobre una estructura y cómo los sistemas de control negocian con ella. Ningún ejercicio está exento de riesgo, la clave es conocer lo mejor posible las variables que lo determinan y manipularlas para minimizarlo”. (Leal , Martinez, & Sieso, Fundamentos de la mecánica del ejercicio, 2012)

El lector puede presentar inquietudes y apelar a que quizá bajo las circunstancias pertinentes este modelo no se adapte a una persona en específico, y es todo un acierto, pero vale la pena aclarar que este trabajo no pretende consolidar el hecho de que la sentadilla profunda es la mejor opción para todas las personas de forma autoritaria. Recuerde entonces que una hipótesis (en el caso de plantear que el modelo biomecánico de la sentadilla profunda es lesiva) es un enunciado no comprobado, que se intenta afirmar o refutar, pero no se puede especular si el movimiento es lesivo o no y mucho menos se puede extrapolar a cualquier caso particular de forma absoluta, esto tendrá entonces un contexto y estará ligado a un sinnúmero de situaciones aleatorias y circunstanciales que podrán incidir o no en la validez de dicha hipótesis.

A modo de ejemplo piense en lo siguiente, no es nada coherente intentar demostrar que Dios no existe, en cualquier caso, la investigación deberá ser conducida a evidenciar que Dios si existe, y con toda tranquilidad cualquier

persona podrá refutar lo planteado en esta hipotética investigación, sin necesidad de afirmar que Dios si existe, tan solo se recopilaran datos que puedan impugnar la hipótesis en cuestión.

Dicho esto, en este trabajo no se plantea la idea de que la sentadilla profunda sea la ejecución por excelencia que cualquier persona deba ejecutar, tan solo es suficiente con plasmar la idea de que la sentadilla profunda no es un movimiento intrínsecamente lesivo, sin más.

Referencias

- Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting Kinematics and Kinetics and Their Application to Exercise Performance. *Download Cite Share Favorites Permissions BRIEF REVIEW Squatting Kinematics and Kinetics and Their Application to Exercise Performance Schoenfeld, Brad J Author Information Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Hartmann, H. W. (2013). Analysis of the Load on the Knee Joint and Vertebral Column with Changes in Squatting Depth and Weight Load. *Sports Med*, 993–1008 .
- Leal, L. (2020). *Fundamentos de la mecanica del ejercicio*.
- Hatmann, H., Wirth, K., & Klusemman, M. (2013). *Analysis of the Load on the Knee Joint and Vertebral Column with Changes in Squatting Depth and Weight Load* . Sports Med.
- Hartmann, H., Wirth, K., Klusemann, M., Dalic , J., Matuschek, C., & Schmidtbleicher , D. (2012). Influence of Squatting Depth on Jumping Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 3243-3261.
- Gratzke, C., Hudelmaier , M., Wolfgang, H., Glaser, C., & Felix, E. (2007). Knee Cartilage Morphologic Characteristics and Muscle Status of Professional Weight Lifters and Sprinters: A Magnetic Resonance Imaging Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 1346-1353. .
- Wu, J., Sinsel, E., Crey, R., Zheng, L., Warren, C., & Breloff, S. (2019). Biomechanical modeling of deep squatting: Effects of the interface contact between posterior thigh and shank. *Journal of Biomechanics*, 109333.
- C.Fry, A., Chadwick Smith, J., & Scholling, B. (2003). Effect of Knee Position on Hip and Knee Torques During the Barbell Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 629–633. .
- 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 volume*, 2133–2142.
- McMahon, G., Morse, C., Burden, A., Winwood, K., & Onambele, G. (2014). Impact of Range of Motion During Ecologically Valid Resistance Training Protocols on Muscle Size, Subcutaneous Fat, and Strength . *Journal of Strength and Conditioning Research*, 245-255.

Kubo, K., Toshihiro, I., & Hideaki, Y. (2019). Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. *European Journal of Applied Physiology* volume, 1933-1942.

Leal, L., Martinez, D., & Sieso, E. (2012). Fundamentos de la mecánica del ejercicio.

Pallares, J., Martinez-Cava, A., Moran-Navarro, R., Sanchez-Medina, L., & Gonzales-Badillo, J. (2019). Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *Journal of Sports Sciences*, 1088-1096.

Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.