

EJERCICIO ACUÁTICO SOBRE EL FACTOR DE CRECIMIENTO INSULÍNICO TIPO 1 EN ANCIANOS AQUATIC EXERCISE ON INSULIN-LIKE GROWTH FACTOR-1 (IGF-1) IN ELDERLYEdgar Ismael Alarcón Meza¹, Paulina Yesica Ochoa-Martínez¹, Javier Arturo Hall-López¹, Daniel Alejandro Piña Díaz¹, Ana María Teixeira², Estélio Henrique Martin Dantas³Facultad de Deportes, Universidad Autónoma de Baja California. México¹; Facultad de Ciencias del Deporte y Educación Física, Universidad de Coimbra. Portugal²; Centro de Biología y Ciencias de la Salud, Universidad Tiradentes, Brasil³

RESUMEN: Evaluar el efecto de un programa de ejercicio físico acuático sobre los niveles séricos del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) en ancianos. Método: El diseño de la investigación fue cuasi experimental, con muestreo no probabilístico por conveniencia, participando 49 ancianos, los cuales fueron divididos por sexo aleatoriamente en 18 de sexo masculino (edad de 66.4 ± 6.1 años) en un grupo experimental ($n=10$) y un grupo control ($n=8$) y 31 sujetos del sexo femenino (edad de 65.4 ± 5.7 años) formaron un grupo experimental ($n=17$) y un grupo control ($n=14$). A quienes se les evaluó los niveles séricos de factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), por medio de quimioluminiscencia usando el Kit (Immulin 1000®). El programa de ejercicio físico acuático tuvo una duración de 4 meses, con sesiones 5 veces a la semana, con una duración de 50 minutos por sesión, siguieron las normas establecidas de ejercicio físico y actividad física para ancianos propuestas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte y las guías y estándares para la programación del fitness acuático de la asociación de ejercicio acuático. Resultados: Las pruebas de análisis de varianza (ANOVA) mixtas 2x2 mostraron diferencias estadísticas doblemente significativas entre los grupos y las mediciones para el IGF-1 del sexo masculino ($p=0.005$) y ($p=0.004$) para el femenino. Conclusión: Se establece que la aplicación de un programa de ejercicio físico acuático durante cuatro meses puede aumentar la IGF-1 en ancianos.

PALABRAS CLAVE: Adulto Mayor; Ejercicio; IGF-1

ABSTRACT: To evaluate the effect of an aquatic physical exercise program on serum levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in older adults. Method: The design of the research was quasi-experimental, with non-probabilistic sampling for convenience, involving 49 older adults, who were randomly divided into 18 males (age 66.4 ± 6.1 years) in an experimental group ($n=10$) and a control group ($n=8$) and 31 female subjects (age 65.4 ± 5.7 years) in an experimental group ($n=17$) and a control group ($n=14$). The serum levels of insulin-like growth factor 1 (IGF-1), were determined through chemiluminescence using the Kit (Immulin 1000®). The aquatic physical exercise program was performed by 4 months, with sessions 5 times a week, with a duration of 50 minutes per session, according with the standards and recommendations of fiscal exercise and physical activity for the older adult proposed by the American College of Sports Medicine and the guides and standards for the aquatic fitness program of the aquatic exercise association. Results: The 2x2 mixed analysis of variance (ANOVA) tests showed doubly significant statistical differences between the groups and the measurements for the male IGF-1 ($p=0.005$) and ($p=0.004$) for the female. Conclusion: It is established that the application of a program of aquatic physical exercise during four months can increase the IGF-1 in elderly.

KEYWORDS: Elderly, Exercise, IGF-1.

Manuscrito recibido: 10/31/2019
Manuscrito aceptado: 07/20/2020

Dirección de contacto: Edgar Ismael Alarcón Meza, Facultad de Deportes, Universidad Autónoma de Baja California. México.

Correo-e: pochoa@uabc.edu.mx

RESUMO: Objetivo: Avaliar o efeito de um programa de exercícios aquáticos nos níveis séricos do fator de crescimento insulínico tipo 1 (IGF-1) em idosos. Método: O delineamento da pesquisa foi quase-experimental, com amostragem não probabilística por conveniência, com 49 idosos participantes, divididos aleatoriamente em 18 sexo masculino (idade $66,4 \pm 6,1$ anos) em um grupo experimental ($n=10$) e um grupo controle ($n=8$) e 31 sujeitos do sexo feminino (idade $65,4 \pm 5,7$ anos) formaram um grupo experimental ($n=17$) e um grupo controle ($n=14$). Aqueles que foram testados para os níveis séricos de fator de crescimento de insulina tipo 1 (IGF-1), por quimioluminiscência usando o Kit (Immulin 1000®). O programa de exercícios aquáticos durou 4 meses, com sessões 5 vezes por semana, com duração de 50 minutos por sessão, seguindo as regras estabelecidas de exercício físico e atividade física para idosos propostas pelo American College of Medicine Esporte e guias e padrões para programação de fitness de água da associação de exercícios aquáticos. Resultados: Os testes de análise de variância mista 2×2 (ANOVA) mostraram diferenças estatísticas duplamente significativas entre os grupos e as medidas para o IGF-1 masculino ($p=0,005$) e ($p = 0,004$) para o sexo feminino. Conclusão: Estabelece-se que a aplicação de um programa de exercícios aquáticos por quatro meses pode aumentar o IGF-1 em idosos.

PALABRAS CLAVE: Idoso; Exercício; IGF-1

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al informe mundial sobre el envejecimiento y la salud, se pronostica que al año 2050 la cantidad de personas mayores de 60 años se duplicará, pasando del 11% al 22%, (OMS, 2015). México se encuentra en una situación similar respecto del mundo donde, la esperanza de vida actual es de 74 años y se espera un incremento a 80 años de edad para el año 2050 (González y Ham-Chande, 2007). Fulop y col., 2007, establece que el envejecimiento es un fenómeno natural de proceso biológicos que inician desde la concepción hasta el fallecimiento y se caracterizan por una disminución paulatina de las capacidades fisiológicas, debilitando progresivamente los órganos y sistemas. Los ancianos son un grupo etario quienes presenta las mayores tasas de morbilidad, mortandad y más necesidades de atención médica en padecimientos relacionados con enfermedades crónicas no transmisibles (ENSANUT, 2012).

Los cambios del envejecimiento están asociados al aumento de la masa grasa, reducción de masa muscular y aumento de riesgo cardiovascular con la limitación de esfuerzo físico, el decremento de la fuerza y la tolerancia a la fatiga al realizar actividad física (Clark y col., 2013), de acuerdo al grupo internacional de sarcopenia, esta se define como la pérdida involuntaria relacionada con la edad de la masa muscular esquelética y la funcionalidad (Chumlea y col., 2011), esta condición de salud contribuye a que en el adulto mayor disminuya su independencia para moverse (Marques y col., 2014, Velázquez Alva y col., 2013) y la autonomía funcional para realizar actividades de la vida diaria como desplazarse caminado, subir escaleras o incorporarse al estar sentado sin ayuda de otra persona u aparato (Dantas y col., 2014, de Oliveira y col., 2009), en ese sentido en México el 26.9% de los ancianos presenta algún grado de discapacidad física y el promedio anual de accidentes por caídas sucede en el 34.9% de los ancianos (ENSANUT, 2012), revisiones sistemáticas y meta-análisis consideran que las caídas por accidente en adulto mayor representan una de las principales inversiones financieras de atención en los sistemas de salud en ancianos (Davis y col., 2010, Tricco y col., 2017). Los cambios morfo funcionales están asociados a la función hormonal y un factor determinante es la disminución en la concentración de la hormona factor de crecimiento insulínico-1 (IGF-1) insulin-like growth factor-1 por sus siglas en inglés, la cual presenta una estructura molecular similar a la insulina y puede influir en el crecimiento, la diferenciación y metabolismo celular (Philippou y col., 2007).

Evidencia científica han asociado en ancianos, niveles adecuados de IGF-1, con menor grado de sarcopenia y baja prevalencia de caídas por accidente (van Nieuwpoort y col., 2018) de igual manera, se ha relacionado que ancianos sedentarios o con capacidades físicas deficientes para su edad presentan niveles bajos de IGF-1 (Velloso y Harridge, 2010, Chen y col., 2018). La IGF-1 se considera un agente anabólico proteico y esencial para la conservación y síntesis de proteínas en el sistema músculo esquelético, también influye en la tasa metabólica basal y fuerza muscular (Philippou y col., 2007, Perrini y col., 2010, Velloso y Harridge, 2010). Se ha demostrado mejor autonomía funcional en estudios transversales comparativos la asociación de adecuados niveles de IGF-1 en ancianos que realizan de manera sistemática ejercicio físico (Gomes y col., 2009 Walsh, 2015), otras investigaciones de cohorte longitudinal con diseño cuasi experimental encuentran incrementos estadísticamente

significativos en los niveles séricos de IGF-1 de ancianos que realizan ejercicio principalmente en la modalidad de resistencia a la fuerza (Vale y col., 2009, Bertoni y col., 2009), el rol de las contracciones musculares voluntarias produce fuerza que genera estrés sobre la morfología ósea y la carga mecánica derivada de la contracción muscular induce la producción de IGF-1 (Perrini y col., 2010), se ha demostrado que el ejercicio acuático practicado por ancianos aumenta la fuerza muscular y la capacidad cardiorrespiratoria (Burich y col., 2015, Costa y col., 2018), de igual manera esta modalidad es ampliamente practicada por ancianos y se recomienda para personas con limitaciones musculoesqueléticas aprovechando las propiedades físicas del agua (Díaz y col., 2010), para aumentar el rango de movimiento en los ejercicios y para el soporte del propio peso disminuyendo el riesgo de lesiones (AEA, 2014). Sin embargo, aún no está del todo aclarado como la práctica del ejercicio físico acuático en cuanto a su duración, frecuencia, intensidad puede contribuir con la salud musculoesquelética del adulto mayor. Por lo anterior se propone la presente investigación al preguntarnos a manera de hipótesis ¿Si el ejercicio físico acuático puede aumentar los niveles séricos del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) en ancianos?

MÉTODO

Muestra y selección de participantes

El proyecto de investigación fue llevado a cabo en las instalaciones del Complejo Acuático Universitario de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, bajo el Protocolo de investigación 511-6/17-5169. La muestra estuvo compuesta por ancianos definidos como personas con 60 años de edad o más, quienes fueron reclutados para participar de manera voluntaria a través de una invitación abierta a la comunidad en el municipio de Mexicali, Baja California, México, siguiendo los principios éticos de investigación en seres humanos de la declaración de Helsinki (Puri y col., 2009).

Para determinar la participación de los sujetos de estudio se realizó un examen médico y a partir del historial de salud se identificó como exclusión algún tipo condición patológica aguda o crónica que imposibilitara realizar ejercicio dentro del medio acuático, como inclusión se estableció la participación de ancianos sedentarios que durante tres meses previos al programa hubiesen realizado ejercicio físico sistematizado. El diseño del estudio fue de tipo cuasi experimental con muestreo no probabilístico por conveniencia, estableciendo una relación causa efecto de acuerdo a Thomas, J.R. (2001), donde la variable independiente (programa de ejercicio físico acuático de 16 semanas) se manipuló para valorar cuantitativamente su efecto sobre la variable dependiente, correspondiente a los niveles séricos de factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) y conocer el grado de cambio producido por el ejercicio.

Al finalizar el proceso de muestreo, los ancianos fueron divididos por sexo, grupo masculino (n=21) o femenino (n=34) y distribuidos cada uno de manera aleatoria en grupo experimental y grupo control de la siguiente manera:

- Masculino experimental participantes en ejercicio acuático (n=10) 1 sujeto abandonó el estudio.
- Masculino control, permanecieron sedentarios (n=8) 2 sujetos abandonaron el estudio.
- Femenino experimental participantes en programa de ejercicio acuático (n=17).
- Femenino control, permanecieron sedentarias (n=14) 3 sujetos abandonaron el estudio.

En total cuarenta y nueve fueron los participantes con una edad de 66.4±6.1 años para el sexo masculino y una edad de 65.4 ± 5.7 años para el sexo femenino.

Instrumentos de evaluación

Los niveles séricos de factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), fueron colectados en muestras de sangre durante la mañana de 7:00 a 8:30 horas después de 12 horas de ayuno y 48 horas de reposo de actividad física, una enfermera calificada por medio de flebotomía se extrajeron cinco mililitros de sangre venosa, los cuales fueron colectados en tubos EDTA, para su posterior análisis bioquímico por medio de quimioluminiscencia usando el Kit (Immulate 1000®) para cuantificar la IGF-1, en un laboratorio certificado

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de la variable dependiente (M ± DE) en los sujetos participantes en el estudio (n=26).

Variable	Control Masculino Inicial (n=8)	Control Masculino Final (n=8)	Experimental Masculino Inicial (n=10)	Experimental Masculino Final (n=10)	Control Femenino Inicial (n=14)	Control Femenino Final (n=14)	Experimental Femenino Inicial (n=17)	Experimental Femenino Final (n=17)
Factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) (ng/ml)	96.61 ± 10.57	97.41 ± 12.33	97.21 ± 11.66	111.61 ± 11.93*	87.65±12.16	87.95±13.26	88.23±10.25	103.0 ± 10.97*

Nota: Análisis bioquímico (IGF-1 ng/ml) por medio de quimioluminiscencia usando el Kit (Immulate 1000®). *Nivel de significancia se estableció a priori a un α 0.005.

Procedimientos de intervención

Para la aplicación del programa de ejercicio acuático, se siguieron las normas establecidas de ejercicio físico y actividad física para el adulto mayor propuestas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sports et al., 2009). El programa consistió en 80 sesiones, realizadas con una frecuencia de 5 veces por semana, con un volumen fue de 50 minutos por sesión, (Divididos en 10 minutos de calentamiento, 30 minutos de fase medular y 10 minutos de relajación). La intensidad del ejercicio físico acuático fue monitoreada con pulsómetros Polar FT7® (Finlandia), con cargas físicas de una frecuencia cardiaca máxima FCmáx correspondiente en latidos por minuto entre 50 a 60% de los sujetos participantes, tomando en cuenta como metodología una referencia precisa para ancianos con la fórmula (FCmáx= 208 - 0.7x edad) establecida por Tanaka y col., (2001). Los ejercicios implementados durante el programa se fundamentaron en las guías y estándares para la programación del fitness acuático de la asociación de ejercicio acuático (AEA, 2014). Las clases se llevaron a cabo dentro de una alberca climatizada a temperatura entre 24 a 26 grados centígrados, con una profundidad de 1.30 metros. Los ancianos realizaron acciones motrices como: Saltos, desplazamientos frontales o laterales con movimientos verticales y de rotación del tronco o las extremidades superiores e inferiores, utilizando una serie de implementos que al ingresar y salir del agua que generaban turbulencia, o dentro del medio acuático se oponían una resistencia a la fuerza al realizar el movimiento, conservando adecuadamente las posturas con contracciones musculares isométricas o isotónicas, los movimientos se ejemplificaron fuera de la alberca (a manera de espejo) por un instructor quien, quien guiaba la clase y estuvo en constante comunicación con los sujetos de estudio.

Análisis estadístico

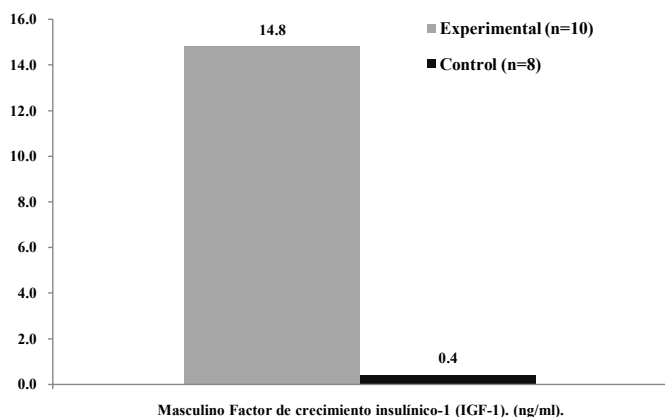
Los procedimientos estadísticos para un adecuado análisis de la investigación, fue caracterizar descriptivamente la muestra y con la finalidad de comparación inter e intra grupos a los sujetos por sexo se realizaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) mixtas 2 x 2 (grupos x mediciones) los niveles séricos de factor de crecimiento insulínico-1 (IGF-1), del sexo masculino y del sexo femenino. Para cada grupo se calculó el porcentaje de cambio ($\Delta\%$) según el procedimiento indicado por (Vincent, 1999.): [(Mediapost-Mediapre)/Mediapre] x 100.

RESULTADOS

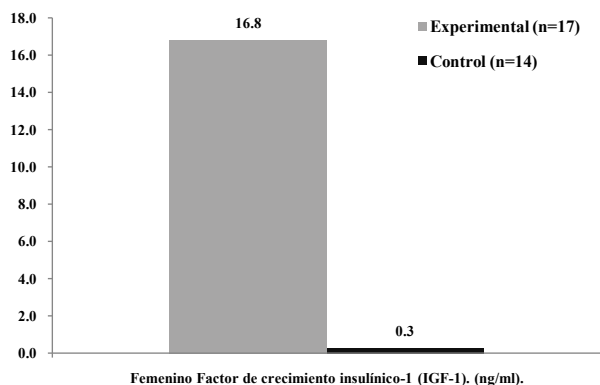
Los participantes fueron 49 ancianos clasificados por sexo masculino (n=18) o femenino (n=31) con una edad promedio de 66.4 ± 6.1 y 65.4 ± 5.7 años respectivamente, los cuales fueron clasificados aleatoriamente, en la tabla 1 por sexo se observan las características descriptivas de la muestra de los grupos experimental (que asistió por lo menos al 95% del total de sesiones del programa de ejercicio acuático) o control (que permaneció sedentario). También la tabla 1 refleja los resultados de las pruebas de análisis de varianza (ANOVA) mixtas 2 x 2 (grupos x mediciones) mostrando estadísticamente doblemente significativas entre los grupos y las mediciones para los niveles séricos de factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) del sexo masculino (p=0.005) y para el sexo femenino (p=0.004). El porcentaje de cambio ($\Delta\%$), se puede observar en las figuras 1 y 2.

DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos de la investigación se pudo comprobar la hipótesis establecida, al observar que un programa de ejercicio acuático puede aumentar los valores en los niveles séricos de factor de crecimiento insulínico tipo1 (IGF-1) en los ancianos de sexo masculino y femenino. Estudios de diseño cuasi experimental corroboran los resultados encontrados en esta investigación, el IGF-1 en adultas mayores que participaron como grupo entrenamiento de resistencia a la fuerza (n=13) en relación a un grupo control (n=10) que como fueron sedentarias (Bertoni y col., 2009), de igual forma Vale et al., (2009), otra investigación en adultas mayores aplica un programa ejercicio acuático de 12 semanas de duración en 13 adultas mayores encontrando diferencias significativas en relación al grupo control. El mismo autor Vale y col., (2017), bajo la misma línea de investigación disminuye el tiempo de intervención en con un entrenamiento de fuerza en el medio acuático durante 8 semanas (en tres sesiones por semana) de duración en adultas mayores con un grupo control (n=10) y un grupo experimental (n=10) resultando diferencias significativas en el IGF-1, el presente estudio, en cuanto a duración fue mayor que los antecedentes citados, con 16 semanas y también una cantidad mayor

Figura 1. Porcentajes de cambio (Δ %) de IGF-1 en los sujetos de sexo ($n=18$).

Nota: Cálculo del porcentaje de cambio (Δ %) [(Mediapos-Mediapre)/Mediapre] x 100. Del Factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) (ng/ml) al finalizar el programa de ejercicio físico acuático en los ancianos participantes.

Figura 2. Porcentajes de cambio (Δ %) de IGF-1 en los sujetos de femenino ($n=31$).

Nota: Cálculo del porcentaje de cambio (Δ %) [(Mediapos-Mediapre)/Mediapre] x 100. Del Factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) (ng/ml) al finalizar el programa de ejercicio físico acuático en las adultas mayores participantes.

de sesiones por semana en la modalidad de medio acuático (Vale y col., 2009, Vale y col., 2017), y se tomó en cuenta la variabilidad de niveles séricos por sexo de la IGF-1, por lo que nuestra investigación como innovación abordó el sexo masculino para su estudio.

El ejercicio acuático en adultos mayores ha mostrado tener múltiples beneficios a la salud que favorecen diferentes aparatos y sistemas del organismo (Ochoa-Martínez y col., 2015, Hall-López y col., 2017, Ochoa-Martínez y col., 2018), en el presente estudio, se siguieron las recomendaciones del para la prescripción del ejercicio en el adulto mayor establecidas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sports et al., 2009), y al establecer un diseño de intervención con desplazamientos en la alberca se propiciaron cargas físicas aeróbicas correspondiente en latidos por minuto entre 50 a 60% de los sujetos participantes, y al seguir las guías y estándares para la programación del fitness acuático de la asociación de ejercicio acuático (AEA, 2014), se realizaron ejercicios que simultáneamente que fomentaban contracciones musculares isométricas o isotónicas, utilizando implementos que generaban resistencia a la fuerza, consideramos acorde a la teoría que lo generó estrés sobre la morfología ósea y la carga mecánica en los músculos indujeron la producción de IGF-1 (Perrini y col., 2010), de manera hipotética consideramos que los mecanismos que aumentan el IGF-1 en los ancianos, durante el ejercicio físico acuático durante cuatro meses, fue debido a los ejercicios de resistencia contra el agua, a pesar de no utilizar peso en el entrenamiento, solo lo favoreció con la resistencia en el agua, lo cual ha sido demostrado en diferentes modalidades de ejercicio. (Chen et al. 2017). Además, una investigación reciente sobre el ejercicio acuático en adultos mayores ha sido consistente con nuestros resultados (Kang, Bressel, Kim, 2020). Como limitación en nuestro estudio no medimos la capacidad física de la fuerza pero estudios de revisión sistemática y meta-análisis, claramente muestran que el ejercicio en el medio acuático aplicado en ancianos incrementa principalmente la capacidad aerobia pero también la resistencia a la fuerza y la fuerza máxima (Barker y col., 2014; Heywood y col., 2017). Otra limitante fue el no controlar

como co-variable la alimentación, la cual es un factor determinante en la presencia de sarcopenia y valores de IGF-1 en ancianos (Perrini y col., 2010).

CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestro conocimiento son pocos los estudios en el estado del arte que aborden el ejercicio acuático en ancianos asociado al factor de crecimiento insulínico tipo 1 y se deben realizar mayor cantidad de investigaciones para corroborar y comprender mejor los factores en esta modalidad de ejercicio para el beneficio de los ancianos, ser utilidad a los profesionales de la actividad física y salud que trabajan con este segmento de la población para planear y realizar de programas de intervención dirigidos a minimizar los problemas de salud asociados a la sarcopenia.

FINANCIAMIENTO

El proyecto de investigación fue financiado mediante la beca de estancias cortas de investigación, para profesores de tiempo completo de cuerpos académicos en consolidación y consolidados del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) adscrito a la Dirección de Superación Académica de la Secretaría de Educación Pública en México.

REFERENCIAS

- Barker, A. L., Talevski, J., Morello, R. T., Brand, C. A., Rahmann, A. E. y Urquhart, D. M. (2014). Effectiveness of aquatic exercise for musculoskeletal conditions: a meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(9), 1776-86. doi: 10.1016/j.apmr.2014.04.005.
- Bertoni, J. C., Dopico, X., Iglesias, E., y Dantas, E.H. (2009). Efeitos do treinamento de força sobre os níveis de IGF1 e de força muscular nas fases neurogênica e miogênica de idosos. *Revista brasileira de geriatria e gerontologia*, 12(1), 35-48. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-9823.200912014>.
- Burich, R., Teljigović, S., Boyle, E., y Sjøgaard, G. (2015). Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: Randomized trial. *European Journal of Sport Science*, 15(8): 773-83. doi: 10.1080/17461391.2015.1060262.
- Chen, L. Y., Wu, Y. H., Liu, L. K., Lee, W. J., Hwang, A.C., Peng, L.N., Lin, M. H., y Chen, L.K. (2018). Association Among Serum Insulin-Like Growth Factor-1, Frailty, Muscle Mass, Bone Mineral Density, and Physical Performance Among Community-Dwelling Middle-Aged and Older Adults in Taiwan. *Rejuvenation Research*, 21(3), 270-277. doi: 10.1089/rej.2016.1882.
- Chen, H. T., Chung, Y. C., Chen, Y. J., Ho, S. Y., y Wu, H. J. (2017). Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(4):827-832. doi: 10.1111/jgs.14722.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J. y Skinner J. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. [Practice Guideline]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510-30. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c.
- Chumlea, W. C., Cesari, M., Evans, W. J. (2011). Sarcopenia: designing phase iib trials. *Journal of Nutrition Health and Aging*, 15(6), 450-455. <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0092-7>
- Clark, D. J., Pojednic, R.M., Reid, K.F., Patten, C., Pasha, E.P., Phillips, E.M., y Fielding R.A. (2013). Longitudinal decline of neuromuscular activation and power in healthy older adults. *Journal of gerontology. Biological sciences*, 68(11), 1419-25. doi: 10.1093/geronol/glt036.
- Costa, R. R., Kanitz, A. C., Reichert, T., Prado, A.K., Coconcelli, L., Buttelli, A. C., Pereira, L. F., Masiero, M. P., Meinerz, A. P., Conceição, M. O., Sbeghen I.L., y Krueel, L.F. (2018). Water-based aerobic training improves strength parameters and cardiorespiratory outcomes in elderly women. *Experimental Gerontology*, 15;108, 231-239. doi: 10.1016/j.exger.2018.04.022.
- Dantas, E. H., Figueira, H. A., Emygdio, R. F., y Vale, R. G. (2014). Functional autonomy GDLAM protocol classification pattern in elderly women. *Indian Journal Applied Research*, 4, 262-266. doi: 10.15373/2249555X
- Davis, J. C., Robertson, M. C., Ashe, M. C., Liu-Ambrose, T., Khan, K. M., y Marra CA. (2010). International comparison of cost of falls in older adults living in the community: a systematic review. *Osteoporosis International*, 21:1295-306. doi: 10.1007/s00198-009-1162-0.
- de Oliveira, R. J., Bottaro, M., Mota, A. M., Pitanga, F., Guido, M., Leite TK, Bezerra, L. M., y Lima R.M. (2009). Association between sarcopenia-related phenotypes and aerobic capacity indexes of older women. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(3), 337-343. <https://www.jssm.org/hfabst.php?id=jssm-08-337.xml>
- Díaz, G., Carrasco, M., Barriga, A., Jiménez, F., y Navarro, F. (2010). Efecto de dos

- programas de actividad física en el medio acuático con diferente impacto sobre el nivel de densidad ósea y el nivel de actividad física en mujeres postmenopáusicas y osteopénicas de Toledo. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 20(6), 196-204. <http://www.cafyd.com/REVISTA/02002.pdf>
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 ENSANUT2012 data revisited. (n.d.). Discapacidad y dependencia en adultos mayores mexicanos: un curso sano para una vejez plena Retrieved May 6, 2017, from the Instituto Nacional de Salud Publica; website, <https://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/DiscapacidAdultMayor.pdf>
- Fulop, T., Larbi, A., Witkowski, J. M., McElhaney, J., Loeb, M., y Mitnitski, A. (2010). Aging, frailty and age-related diseases. *Biogerontology*, 11(5), 547-63. doi: 10.1111/aggi.12596.
- Gomes, R., Dias de Oliveira, R., Soares, C., Pires da Silveira, Y., da Silva, J., y de Fátima, A. (2009). Correlation between basal serum IGF-1 levels and functional autonomy in elderly women. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 14(5), 11-18. <http://www.cafyd.com/REVISTA/01402.pdf>
- González, C. A., y Ham-Chande R. (2007). Funcionalidad y salud: una tipología del envejecimiento en México. *Salud pública de México*, 49(4): 48-58. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342007001000003&lng=es&tlng=es.
- Hall-López, J. A., Ochoa-Martínez, P. Y., Alarcón Meza, E. I., Moncada-Jiménez, J., García Bertruy, O., y Martín Dantas, E. H. (2017). Programa de entrenamiento de hidrogimnasia sobre las capacidades físicas de adultas mayores / Hydrogymnastics Training Program on Physical Fitness in Elderly Women. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 17 (66), 283-298. doi:<http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2017.66.005>
- Hall-López, J. A., Ochoa-Martínez, P. Y., Lara Monzon, C., y Gomes de Souza Vale, R. (2017). Effects of four months of periodized aquatic exercise program on functional autonomy in post-menopausal women with parkinson's disease (Efecto de cuatro meses de entrenamiento de ejercicio acuático periodizado sobre la autonomía funcional en mujeres posm. *Retos*, 0(33), 217-220. de <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/53000>
- Heywood, S., McClelland J, Mentiplay B., Geigle, P., Rahmann, A, y Clark, R. (2017). Effectiveness of Aquatic Exercise in Improving Lower Limb Strength in Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(1), 173-186. doi: 10.1016/j.apmr.2016.08.472.
- Kang, D. W., Bressel, E., Kim, D. Y. (2020). Effects of aquatic exercise on insulin-like growth factor-1, brain-derived neurotrophic factor, vascular endothelial growth factor, and cognitive function in elderly women. *Experimental Gerontology*, 132:110842. doi: 10.1016/j.exger.2020.110842.
- Marques, E. A., Baptista, F., Santos, D. A., Silva, A. M., Mota, J., y Sardinha, L. B. (2014). Risk for losing physical independence in older adults: The role of sedentary time, light, and moderate to vigorous physical activity. *Maturitas*, 79(1), 91-95. doi: 10.1016/j.maturitas.2014.06.012.
- Ochoa-Martínez, P. Y., Hall-López, J. A., Piña Diaz, D., Zarate Trujillo, D., y Teixeira, A. M. (2018). Effects of three months of water-based exercise training on metabolic syndrome components in older women (Efecto de tres meses de entrenamiento con ejercicios acuáticos sobre componentes del síndrome metabólico en adultas mayores). *Retos*, 0(35), 181-184. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/62041>
- Ochoa-Martínez, P. Y., Hall-López, J. A., Ávila, Pérez, F. A., Rocha, Quintão Coelho, C. A., Rodrigues Moreira, M. H., y Martín.Dantas, E. H. (2015). Effect of three months of periodized hydrogymnastics exercise program on urinary concentration of deoxyypyridinoline in older women. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 59(6), 523-527. <https://dx.doi.org/10.1590/2359-3997000000102>
- Puri, K. S., Suresh, K. R., Gogtay, N. J., y Thatte, U. M. (2009). Declaration of Helsinki implications for stakeholders in research. *Journal of Postgraduate Medicine*, 55(2), 131-134. doi: 10.4103/0022-3859.52846
- Perrini, S., Laviola, L., Carreira, M. C., Cignarelli, A., Natalicchio, A., y Giorgino, F. (2010). The GH/IGF1 axis and signaling pathways in the muscle and bone: mechanisms underlying age-related skeletal muscle wasting and osteoporosis. *Journal of endocrinology*, 205(3), 201-10. doi: 10.1677/JOE-09-0431.
- Philippou, A., Maridaki, M., Halapas, A., y Koutsilieris M. (2007). The role of the insulin-like growth factor 1 (IGF-1) in skeletal muscle physiology. *In Vivo*, 21(1), 45-54. <http://iv.iiarjournals.org/content/21/1/45.long>
- Standards & Guidelines for Aquatic Fitness Programming data revisited. (n.d.). Retrieved nov 16, 2014, from the Aquatic Exercise Association (AEA) Website, https://www.aeawave.com/Portals/2/PDF/AEA_Standards_and_Guidelines14.pdf
- Tanaka, H., Monahan, K.D. y Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109700010548?via%3Dihub>
- Tricco, A. C., Thomas, S.M., Veroniki, A.A., Hamid, J.S., Cogo, E., Strifler, L., Khan, P. A., Robson, R., Sibley, K. M., MacDonald, H., Riva, J. J., Thavorn, K., Wilson, C., Holroyd-Leduc, J., Kerr, G. D., Feldman, F., Majumdar, S.R., Jaglal, S. B., Hui W., y Straus, S.E. (2017). Comparisons of Interventions for Preventing Falls in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of the American Medical Association*, 7;318(17), 1687-1699. doi: 10.1001/jama.2017.15006.
- Vale, R.G., de Oliveira, R.D., Pernambuco, C.S., de Meneses, Y.P., Novaes, J. S., y de Andradem A. F. (2009). Effects of muscle strength and aerobic training on basal serum levels of IGF-1 and cortisol in elderly women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 49(3), 343-7. doi: 10.1016/j.archger.2008.11.011.
- Vale, R. G., Ferrão, M.L., Nunes, R. A., Moreira, S. J., Nodari Júnior, R. J., y Dantas, E. H. (2017). Muscle strength, gh and igf-1 in older women submitted to land and aquatic resistance training. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 23(4), 274-279. <https://dx.doi.org/10.1590/1517-869220172304163788>
- van Nieuwpoort, I. C., Vlot, M. C., Schaap, L. A., Lips, P., y Drent, M. L. (2018). The relationship between serum IGF-1, handgrip strength, physical performance and falls in elderly men and women. *European Journal of Endocrinology*, 179(2), 73-84. doi: 10.1530/EJE-18-0076.
- Velázquez Alva, M. C., Irigoyen Camacho, M. E., Delgadillo Velázquez, J., y Lazarevich, I. (2013). The relationship between sarcopenia, undernutrition, physical mobility and basic activities of daily living in a group of elderly women of Mexico City. *Nutricion Hospitalaria*, 28(2), 514-21. doi: 10.3305/nh.2013.28.2.6180.
- Velloso, C. P., y Harridge, S.D. (2010). Insulin-like growth factor-I E peptides: implications for aging skeletal muscle. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 20-7. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00997.x.
- Vincent, W. J. (1999). *Statistics in kinesiology* (2nd Ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Walsh, J. J., Scribbans, T.D., Bentley, R. F., Kellawan, J. M., Gurd, B., y Tschakovsky, M.E. (2016). Neurotrophic growth factor responses to lower body resistance training in older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(3), 315-23. doi: 10.1139/apnm-2015-0410.
- World health Organization WHO data revisited. (n.d.). Retrieved may 4, 2017, from the World report on ageing and health 2015; website, <http://www.who.int/ageing/publications/world-report-2015/es/>