



## Entrenament de força isoinercial en adults grans: una revisió literària

Cristian Andrés Yáñez<sup>1\*</sup> , Erica Mabel Mancera<sup>2</sup>  i Carlos Suárez<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Fundació Universitària de l'Àrea Andina, Bogotà (Colòmbia).

<sup>2</sup>Universitat Nacional de Colòmbia, Bogotà (Colòmbia).

<sup>3</sup>Universitat Sergio Arboleda, Bogotà (Colòmbia).

### Citació

Yáñez, C.A., Mancera, E.M. & Suárez, C. (2022). Isoinertial Strength Training in Older Adults: A systematic review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 147, 36-44. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/1\).147.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/1).147.04)

### Resum

La conservació del múscul esquelètic i la seva capacitat en la generació de més estímuls nerviosos s'afavoreixen amb l'ús d'equips isoinercials, ja que aquests permeten una millor funció tendinosa i neuromuscular, al costat d'una millor dinàmica metabòlica davant de la pèrdua de massa magra (sarcopènia) i de força muscular (dinapènia) en els adults grans, causada per efectes multifactorials com: increment de citocines catabòliques que generen la degradació de proteïnes, atròfia, desordres hormonals, increment o disminució de massa grassa. El propòsit d'aquest estudi va ser establir els efectes neuromusculars de l'entrenament de força isoinercial en adults grans. Es presenta una revisió de la literatura científica mitjançant una recerca en bases de dades (PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, ProQuest) sobre els efectes de l'entrenament isoinercial en la funció neuromuscular en adults grans. El mecanisme de l'entrenament isoinercial genera canvis positius sobre el reclutament d'unitats motrius, els nivells de força i potència, preservant la funció neuromuscular i tendinosa en els adults grans.

**Paraules clau:** adult gran, exercici isoinercial, entrenament excèntric, envelliment, sarcopènia.

### Editat per:

© Generalitat de Catalunya  
Departament de la Presidència  
Institut Nacional d'Educació  
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

### \*Correspondència:

Cristian Andrés Yáñez\*  
[cyanez@areandina.edu.co](mailto:cyanez@areandina.edu.co)

### Secció:

Entrenament esportiu

### Idioma de l'original:

Castellà

### Rebut:

7 de maig de 2021

### Acceptat:

5 d'octubre de 2021

### Publicat:

1 de gener de 2022

### Coberta:

Prova femenina  
d'esquí cross.  
Jocs Olímpics  
d'Hivern de la  
Joventut 2020.  
Lausana (Suïssa)

© EFE/ Gabriel Monnet

## Introducció

D'acord amb els canvis relacionats amb l'edat i el rendiment funcional en adults grans, s'han identificat modificacions hormonals, neuronals i musculars (Algilani et al., 2014; Strasser et al., 2018; Ticinesi et al., 2019; Vandervoort, 2002). Aquestes modificacions generen una disminució de la força i la potència muscular (Latham et al., 2009; Vandervoort, 2002), i s'associen amb variacions a les neurones motrius, la capacitat de síntesi proteica, i canvis al cartílag, les articulacions i els tendons (Fernández-Argüelles et al., 2015). A banda, s'han reconegut repercussions al sistema neurològic que inclouen alteracions en la mida i nombre d'unitats motrius, ramificacions dendrítiques i debilitat d'impuls en la conducció nerviosa dels moviments (Foldvari et al., 2000). Així, la funció de la força comença a quedar afectada a la tercera dècada de la vida i continua disminuint progressivament (Granacher et al., 2008), segons factors diversos, com l'edat, el sexe i l'activitat física, entre d'altres (Russ et al., 2012; Vandervoort, 2002).

Segons les dades científiques, s'ha establert una disminució significativa de la força d'1 % a 1.5 % per cada any entre les edats de 50 a 70 anys (Vandervoort, 2002), així com una alteració i degeneració del raquis que pot produir disfunció en l'estabilitat, postura, funcionalitat i dinamisme (Borde et al., 2015; Mitchell et al., 2012; Russ et al., 2012). Per tant, la funció motriu dels adults grans depèn de la resistència en programes d'entrenament, els quals busquen preservar les característiques en el manteniment de la força muscular a través de la dinàmica excèntrica, com a base fonamental de la condició física adaptativa que procura conservar el nombre i el diàmetre de miofibril·les, en especial de tipus II, conseguint a la producció de potència (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Wonders, 2019) com a factor indispensable en la capacitat funcional humana.

Per aquest motiu, la funció mecànica muscular a través de les contraccions negatives (excèntriques) en l'entrenament amb tensió justifica l'ús d'equips d'acció isoinercial. Aquests equips s'utilitzen per augmentar la força, millorar l'elongació musculotendinosa (Guilhem et al., 2010; Hedayatpour i Falla, 2015; Schoenfeld et al., 2017) i incrementar la producció de potència amb eficiència metabòlica, amb una exigència cardiovascular menor, generant així estratègies que combaten la sarcopènia (Hedayatpour i Falla, 2015), causada per la pèrdua de massa i força muscular, disminució de massa òssia, fragilitat, depressió, alteracions del son i incidència de caigudes (Granacher et al., 2013; Petré et al., 2018; Sañudo et al., 2019).

Segons estudis recents, la capacitat d'aplicar la resistència excèntrica en tot el rang de moviment genera guanys de força

satisfactoris en comparació amb l'entrenament tradicional (Bogdanis et al., 2018; Sánchez-Moreno et al., 2017; Yamada et al., 2012), fet que duria a executar un treball amb menys despesa energètica, ideal en processos de readaptació clínica i esportiva (Aboodarda et al., 2016; Guilhem et al., 2010; Pareja-Blanco et al., 2014). En el cas específic de la població d'adults grans, existeixen investigacions dissenyades per estudiar la millor manera d'aconseguir resultats satisfactoris quant al guany de força.

De la mateixa manera, s'ha plantejat que els exercicis isoinercials poden originar millores en termes d'hipertrofia i adaptació funcional, pel fet que estan relacionats amb la capacitat contràctil i l'elongació muscular en població d'adults grans (Maroto-Izquierdo et al., 2017). Els estudis també han observat que els entrenaments isoinercials poden millorar aspectes de la funció muscular, com: força, potència, activació neuromuscular i millora estructural (Bruseghini et al., 2019).

Per aquest motiu, es destaca el propòsit de la revisió present d'establir els efectes neuromusculars de l'entrenament de força isoinercial en adults grans.

## Metodologia

A través d'un estudi descriptiu transversal d'articles publicats mitjançant una revisió narrativa, es va dur a terme una recerca entre març i setembre de 2020 en bases de dades com PubMed/MEDLINE, ScienceDirect i ProQuest. Així mateix, es van excloure estudis publicats que no estiguessin en idioma espanyol o anglès.

## Estratègia de recerca

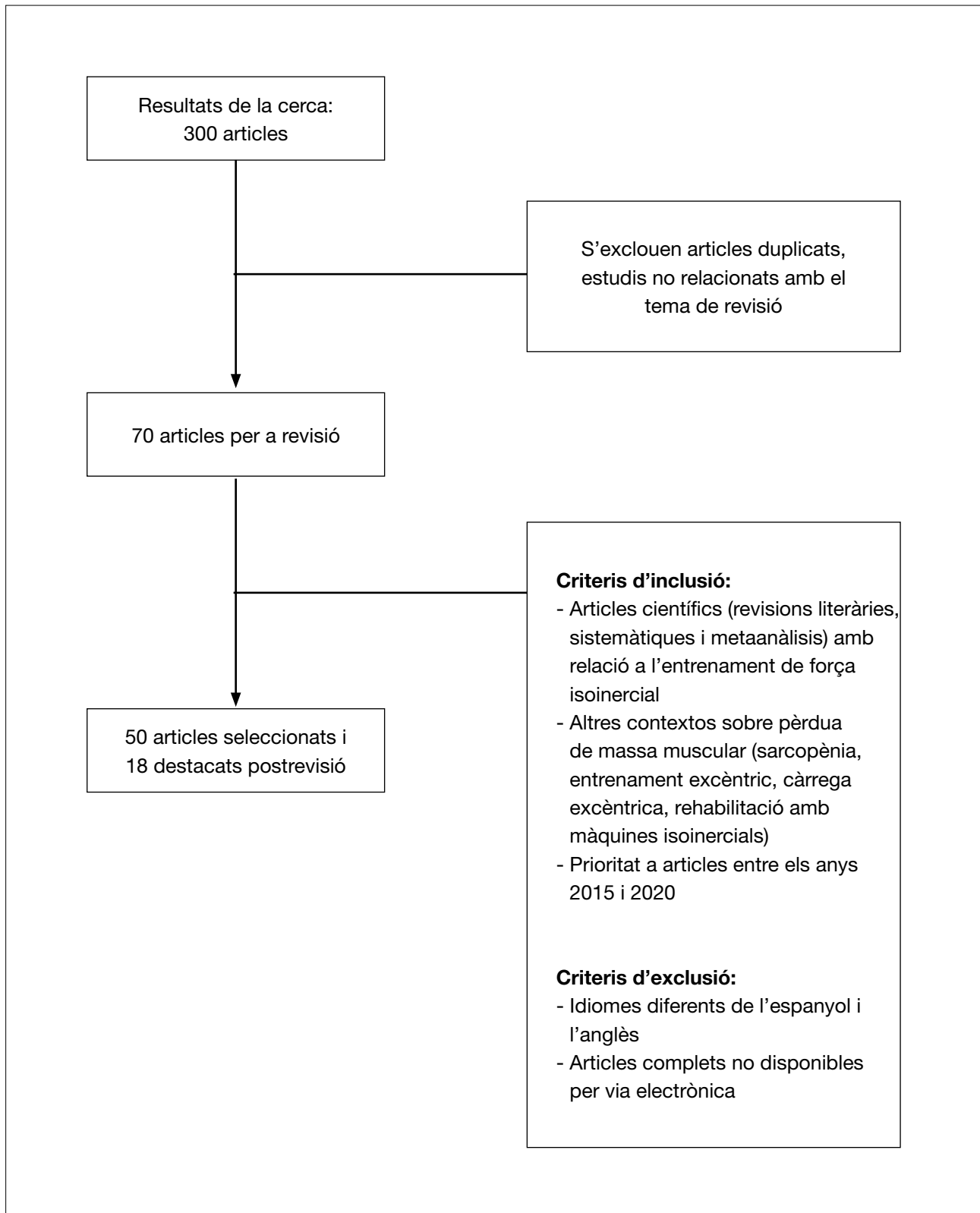
Es va realitzar una recerca de publicacions utilitzant l'eina MeSH, amb paraules clau com a *aging*, *flywheel training*, *sarcopenia*, *strength training*, *eccentric overload*, *older adults*. Posteriorment, es va realitzar una nova recerca utilitzant operadors booleans (lògics) com: "isoinertial" OR "isoinertial training" OR "Training eccentric overload" AND "Flywheel training\*", "Older adults\*" OR "senior training\*" AND "Strength training", "muscle\*" AND "neuromuscular function", "skeletal muscle" AND "older adults\*" OR "training\*", "muscle coactivation" AND "seniors\*" OR "older adults\*", "sarcopenia" AND "aging\*" OR "older adults\*".

## Procés de selecció

Es van trobar 300 articles, dels quals es van eliminar estudis duplicats i aquells que no corresponien als objectius de l'estudi (criteris d'exclusió), amb un resultat final de 70 publicacions.

Dels articles restants que inclouen exercicis de força es van eliminar ( $n = 20$ ) aquells que van realitzar un entrenament que no incloïa sobrecàrregues inercials. Finalment, de 50

articles que van complir els criteris d'inclusió proposats pels investigadors, se'n van utilitzar 18 per a la present revisió (Figura 1).



**Figura 1**

Diagrama de flux de selecció d'articles.

## Resultats

Es van trobar articles sobre assajos clínics aleatoritzats, revisions de literatura, revisions sistemàtiques i metaanàlisis referents a la intervenció de l'entrenament de força isoinercial en adults grans entre 60 i 75 anys, així com, també, incloent aquesta població en processos de

rehabilitació i esportistes, amb característiques pertinents sobre les adaptacions neuromusculars i donant importància a l'aportació científica de la intervenció. Igualment, es ressalta la utilitat dels documents relacionats amb entrenament de força i exercicis isoinercials que podrien ser útils (Taula 1).

### Taula 1

Resultats dels efectes neuromusculars de l'entrenament isoinercial.

Autor (s)	Any	Efectes de l'entrenament isoinercial (resultats)	Característica de la mostra
(Beato et al.)	2020	Hipertròfia - Augment de força i potència.	Adults grans
(Kowalchuk i Butcher)	2019	Manteniment de massa magra davant de la sarcopènia	Estudi de revisió
(Suchomel et al.)		Maximitza la mida, la força i la potència muscular	
(Bruseghini et al.)	2019	Augment de l'àrea de secció transversal anatòmica (quàdriceps). Conservació de teixit magre	Adults grans
(Fisher et al.)	2020	Millora la velocitat i la força muscular. Redueix la incidència de lesions de membres inferiors (especialment, el bíceps femoral)	Esport i rehabilitació
(Hedayatpour i Falla)	2015	Més tensió muscular passiva. Manteniment de nivells de força	Estudi de revisió
(Illera-Domínguez et al.)	2018	Augment de força i potència del genoll (CVM extensió genoll 28%) - Hipertròfia de quàdriceps	Joves
(Lastayo et al.)	2017	Despesa baixa d'energia - Producció alta de força muscular - Redueix dèficits en la mida, la força i la mobilitat muscular. Redueix el perfil de risc de caigudes en adults grans	Adults grans
(Maroto-Izquierdo et al.)	2017	Canvis funcionals i anatòmics i millora del rendiment	Esportistes
(Norrbrand et al.)	2010	Augment de CVM i força específica de l'entrenament. Més estrès mecànic	Homes sans no actius
(Núñez et al.)	2018	Millores en el volum muscular de les extremitats inferiors i el rendiment funcional	Joves masculins jugadors d'esports d'equip
(Onambélé et al.)	2008	Més rigidesa tendinosa del gastrocnemi. Millora en l'equilibri postural dels individus	Adults grans
(Petré et al.)	2018	Augment de força i potència. Hipertròfia	Esportistes
(Sañudo et al.)	2019	Millora l'equilibri, la mobilitat funcional i la potència muscular	Adults grans
(Tesch et al.)	2017	Eina útil per millorar la funció neuromuscular en població clínica i saludable	Persones i poblacions saludables, sedentàries o físicament actives que pateixen atròfia, malaltia o lesió muscular
(Tous-Fajardo et al.)	2016	Millora en la capacitat de CD, velocitat lineal i salt reactiu	Esportistes
(Walker et al.)	2016	Augment en la producció de força màxima, capacitat de treball i activació muscular	Homes entrenats en força
(Wonders)	2019	Activació muscular - elongació i rigidesa tendinosa	Atletes en rehabilitació

Nota. CVM: contracció voluntària màxima. CD: canvi de direcció. Font: elaboració pròpia.

## Discussió

### Sarcopènia i població adulta gran

Aquesta revisió sobre l'entrenament isoinercial en població adulta gran s'estableix d'acord amb els efectes del deteriorament muscular i en general de l'ésser humà, ja que, per a l'any 2030, es calcula un increment d'aproximadament 71 milions d'adults de 65 anys o més, en països com els EUA, que tindran alteracions funcionals a causa del deteriorament musculoesquelètic (U.S. Census Bureau International Database, 2015). Per aquest motiu, la disminució en la pràctica d'exercici físic té efectes sobre la composició muscular, la massa grassa i la reducció progressiva de la força (Walston, 2012). D'entre aquestes, la força és una capacitat fisiològica que s'ha de mantenir saludable, pel fet que és una peça fonamental en la conservació de la locomoció i la mobilitat funcional de les persones grans. Per aquesta raó, la pèrdua de massa magra i el deteriorament de la força muscular en persones adultes, juntament amb l'augment de l'edat, generen una disminució en les capacitats de resistència, que es pot millorar amb estils de vida actius i saludables (Aagaard et al., 2010; Papadopoulou, 2020; Shafiee et al., 2017).

D'altra banda, la força muscular màxima en els individus presenta un declivi de manera constant des de la cinquena dècada de vida i s'incrementa des de la setena dècada (Hughes et al., 2018; Kosek et al., 2006). Aquesta disminució de la força muscular es relaciona amb una reducció de la funció motriu, dany mitocondrial, increment de l'edat i alteració de l'equilibri, i també amb un risc més gran de caigudes i lesions òssies per fractures (Campbell i Vallis, 2014; Gschwind et al., 2013; Lastayo et al., 2017). De la mateixa manera, s'associa estretament amb un mal estat de salut i amb mortalitat, segons estudis realitzats amb mesurament de la força prènsil i força dels músculs de les extremitats inferiors (Grgic et al., 2020; Newman et al., 2006; Zeng et al., 2016).

### Entrenament de força i envelliment

Existeix evidència de l'entrenament de la força com a alternativa i solució davant del deteriorament fisiològic muscular esquelètic (Papa et al., 2017). És el cas de l'estudi que plantegen Kosek et al. (2006), en el qual es demostra que l'entrenament muscular és el més prometedor per reduir o revertir els efectes de la sarcopènia, amb realització d'un treball a una intensitat del 80 % d'una repetició màxima, amb el qual s'aconsegueixen efectes satisfactoris de la força entre els 3-4 mesos en adults grans, generant adaptacions de les propietats neuronals que juguen un paper destacat en l'entrenament esmentat (Fragala et al., 2019;

Onambélé et al., 2008; Unhjem et al., 2015). Per això, en l'entrenament de la força, juntament amb l'ús d'elements i màquines, es destaca el mètode isoinercial, el qual figura com a segur, pràctic i efectiu per augmentar la força (taxa del desenvolupament) excèntrica i la potència (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Núñez et al., 2018; Wonders, 2019) amb sobrecàrrega, que permet atenuar els canvis relacionats amb l'edat i, d'aquesta manera, millorar la qualitat de vida dels individus (Kowalchuk i Butcher, 2019; Lee i Park, 2013; Sañudo et al., 2019), mantenint la massa muscular esquelètica i la millora de l'estimulació neural a través de l'entrenament de la força com a factor essencial de salut i benestar (Stewart et al., 2014; Voet et al., 2019).

Així mateix, en referència als paràmetres de dosificació de l'entrenament, existeixen variables de temps, intensitat i velocitat d'execució, els quals generen beneficis en períodes a curt termini (Burd et al., 2012; Cadore et al., 2014). Entre aquests, destaca el paràmetre d'intensitat, com un factor predisposant en les adaptacions musculars cap al manteniment dels impulsos nerviosos (Fragala et al., 2019; Granacher et al., 2008; Gschwind et al., 2013; Illera-Domínguez et al., 2018; Kowalchuk i Butcher, 2019), els quals justifiquen la millora de la força. Així doncs, l'entrenament amb equips isoinercials afavoreix l'acció excèntrica, que es caracteritza per l'allargament dels músculs (estirament musculotendinos) cap a la força de ruptura per tensió, a causa de la capacitat per aplicar resistència constant i il·limitada a través de totes les fases de la contracció, la qual cosa dona com a resultat una producció de potència més alta. Per aquesta raó, l'activitat mecànica d'acceleració i desacceleració de tipus concèntrica i excèntrica a través dels equips esmentats aconseguix un increment en la tensió (intensitat) sobre els músculs, durant les contraccions, segons la velocitat d'execució i la força produïdes (Suchomel et al., 2019).

### Entrenament de força excèntrica

Entre els beneficis de l'entrenament de força i especificant el treball sobre la fase excèntrica, l'entrenament isoinercial proporciona un estímul adequat que parteix de la resistència negativa (Herzog et al., 2015) en la fase desacceleradora del moviment i en els diversos exercicis d'esquat, *curl* de bíceps o flexió de genoll, que aconseguixen més estímuls neuromusculars (Katz, 1939; Meylan et al., 2008; Núñez et al., 2018; Wonders, 2019). Per tant, la intervenció amb dispositius isoinercials en adults grans sustenta la importància d'aquesta pràctica, adaptant el sistema musculoesquelètic a millors taxes de reclutament i impulsos cap a la unitat motriu durant l'elongació resistida (Beato et al., 2020; Kowalchuk i Butcher, 2019), aprofitant adaptacions positives que contraresten els efectes de la

sarcopènia (Konopka i Harber, 2014; Liao et al., 2019), millorant l'ambient muscular intern (augment en la freqüència d'impulsos nerviosos) (Camera et al., 2016; Conceição et al., 2018; Gehlert et al., 2015; Remaud et al., 2010).

### Entrenament isoinercial en adults grans

La fiabilitat i validesa de l'entrenament de força isoinercial en persones grans és una estratègia que ha manifestat efectes neuromusculars rellevants (Solà-Serrabou et al., 2019). Per això, la contracció muscular excèntrica en conjunt amb la sobrecàrrega inercial genera, molecularment, una regulació i inducció de cèl·lules satèl·lit que afavoreixen una millor recuperació de la microlesió fibril·lar produïda per l'entrenament (Cermak et al., 2013). Ajuda, a més, al manteniment de la massa muscular juntament amb una síntesi proteica més alta, ocasionada per l'activitat musculotendinosa, que comporta sustentar l'increment de l'àrea seccional transversa i l'efecte hipertròfic (Hody et al., 2019). També suposa un augment de la velocitat de contracció, durada, tensió i amplitud de moviment concèntric, amb desacceleració per part del múscul de l'energia (cinètica) de manera lleugera, abans de l'acció produïda en la fase excèntrica (Tesch et al., 2017).

En relació amb el que s'exposa anteriorment, el múscul i el tendó presenten propietats mecàniques que possibiliten una producció més alta dels nivells de força i potència, així com la generació d'una activació màxima al final de la fase d'allargament o elongació muscular en una proporció més gran que sobre el concèntric, de manera que s'aconsegueix que l'efecte de càrregues repetides provoqui l'augment del grau de rigidesa tendinosa amb una despesa d'energia menor, amb la qual cosa es genera una eficiència més gran en el treball dirigit en un programa d'entrenament amb població adulta gran (Bruseghini et al., 2019; Douglas et al., 2017).

### Màquines isoinercials

Per prevenir la pèrdua de massa muscular i òssia en els astronautes, secundària a la falta de gravetat i a la impossibilitat per exercitar els diferents grups musculars, es va desenvolupar la modalitat d'exercici isoinercial (Aboodarda et al., 2016; Petré et al., 2018; Sañudo et al., 2019), que consisteix a realitzar moviments concèntrics i excèntrics contra una resistència constant (Fisher et al., 2020), generada per l'acció d'un volant, que produeix més guanys de força en fase excèntrica que en la concèntrica (Petré et al., 2018; Tesch et al., 2017).

Així, anteriorment s'havien desenvolupat màquines isoinercials menys sofisticades, però que mantenien la

mateixa capacitat de generar contraccions concèntriques i excèntriques amb la mateixa inèrcia. Per aquest motiu i gràcies a la tecnologia, aquesta metodologia s'ha desenvolupat i s'ha aplicat en diverses poblacions en general, no només en el procés d'entrenament sinó també com una ajuda important en el guany muscular de persones grans, que, per l'edat, tenen sarcopènia, així com també en el procés esportiu, de rehabilitació física (Lienhard et al., 2013) i/o cardiopulmonar (Tesch et al., 2017).

De la mateixa manera, el principi fonamental de les màquines isoinercials és similar al mecanisme reversible anomenat Yo-Yo (Figura 2) (Bogdanis et al., 2018; Granacher et al., 2013; Kowalchuk i Butcher, 2019; Lee i Park, 2013). Aquest mecanisme consta d'una corda ancorada a un sistema pivotant per al moviment de flexió i extensió de segments corporals, i s'ha d'estirar la corda desenrotllant-la del sistema que pivota i gràcies a uns ressorts. "El sistema gira en sentit contrari, tornant a enrotllar la corda, a la qual cosa s'ha d'oposar la persona que du a terme l'exercici" (Fisher et al., 2020). Per tant, la intensitat de la inèrcia dependrà de la força que s'apliqui durant l'exercici i del diàmetre de la circumferència del sistema pivotant (Figures 2 i 3) (Petré et al., 2018; Sañudo et al., 2019), que augmenta les demandes en l'activitat excèntrica posterior a una acció concèntrica a causa de les càrregues inercials. El treball realitzat es registra a través d'un codificador rotatiu sobre les diverses variables, com potència (watts), rang de potència (watts) i velocitat (m/s).



**Figura 2**  
Màquina isoinercial esquat.



**Figura 3**  
Politja de radi fix (a dalt) i politja cònica isoinercial (a baix).

Es pot destacar que la força excèntrica depèn de la força concèntrica que s'apliqui i que, com que l'activitat isoinercial és lliure de pesos i dels efectes de la força de la gravetat, la màquina garanteix que l'energia utilitzada durant tots dos moviments sigui pràcticament idèntica. La seva denominació s'explica per aquest motiu (Kowalchuk i Butcher, 2019).

D'altra banda, un dels avantatges d'utilitzar els exercicis isoinercials en adults grans o en persones que requereixen processos de rehabilitació és que, amb aquest mètode de Yo-Yo (Petré et al., 2018), la despesa energètica és baixa (en comparació amb altres tipus d'exercicis per a guany muscular), ja que la persona treballa tant en la fase concèntrica com en l'excèntrica, però en aquesta última fase la despesa energètica és una cinquena part de la requerida en la fase concèntrica (Illera-Domínguez et al., 2018; Tous-Fajardo et al., 2016).

Així mateix, sobre la utilitat dels exercicis isoinercials s'ha publicat que en adults més grans de 70 anys es poden obtenir guanys en potència de fins al 28 % (Bruseghini et al., 2019; Walker et al., 2016), amb millora dels nivells d'estabilitat corporal i disminució de la progressió en la pèrdua de densitat òssia (Bruseghini et al., 2019). Tanmateix, no s'han trobat

dades que suposin millores en la capacitat cardiovascular dels adults grans (Tesch et al., 2017).

## Conclusions

El mecanisme de l'entrenament isoinercial genera canvis positius sobre el reclutament d'unitats motrius, els nivells de força i potència, preservant la composició del teixit magre, la funció neuromuscular i tendinosa en els adults grans davant del procés d'envelliment, a causa d'un millor rendiment de la contracció excèntrica i la seva tensió progressiva amb una despesa energètica baixa i com a alternativa efectiva en el camp terapèutic i funcional.

## Futures línies d'investigació

Establir els paràmetres d'entrenament isoinercial en el procés metodològic justificant-ne l'aplicació en diverses poblacions, així com la determinació dels graus d'inèrcia i la força de resistència a la fricció.

## Referències

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjær, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: Strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 49-64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01084.x>
- Abodarda, S. J., Page, P. A., & Behm, D. G. (2016). Muscle activation comparisons between elastic and isoinertial resistance: A meta-analysis. In *Clinical Biomechanics* (vol. 39). <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.09.008>
- Algilani, S., Östlund-Lagerström, L., Kihlgren, A., Blomberg, K., Brummer, R. J., & Schoultz, I. (2014). Exploring the concept of optimal functionality in old age. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 7, 69-79. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S55178>
- Beato, M., McErlain-Naylor, S. A., Halperin, I., & Iacono, A. Dello. (2020). Current evidence and practical applications of flywheel eccentric overload exercises as postactivation potentiation protocols: A brief review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 154-161. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0476>
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Brown, L. E., Selima, E., Veligeas, P., Spengos, K., & Terzis, G. (2018). Muscle Fiber and Performance Changes after Fast Eccentric Complex Training. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 50, Issue 4). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001507>
- Borde, R., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2015). Dose-Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1693-1720. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0385-9>
- Bruseghini, P., Capelli, C., Calabria, E., Rossi, A. P., & Tam, E. (2019). Effects of High-Intensity Interval Training and Isoinertial Training on Leg Extensors Muscle Function, Structure, and Intermuscular Adipose Tissue in Older Adults. *Frontiers in Physiology*, 10(October), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01260>
- Burd, N. A., Andrews, R. J., West, D. W. D., Little, J. P., Cochran, A. J. R., Hector, A. J., Cashaback, J. G. A., Gibala, M. J., Potvin, J. R., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *Journal of Physiology*, 590(2), 351-362. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.221200>
- Cadore, E. L., Pinto, R. S., Bottaro, M., & Izquierdo, M. (2014). Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging and Disease*, 5(3), 183-195. <https://doi.org/10.14336/AD.2014.0500183>

- Camera, D. M., Smiles, W. J., & John, A. (2016). Author's Accepted Manuscript. *Free Radical Biology and Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.007>
- Campbell, T. M., & Vallis, L. A. (2014). Predicting fat-free mass index and sarcopenia in assisted-living older adults. *Age*, 36(4). <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9674-8>
- Cermak, N. M., Snijders, T., McKay, B. R., Parise, G., Verdijk, L. B., Tarnopolsky, M. A., Gibala, M. J., & Van Loon, L. J. C. (2013). Eccentric exercise increases satellite cell content in type II muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(2), 230-237. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318272cf47>
- Conceição, M. S., Vechin, F. C., Lixandrão, M., Damas, F., Libardi, C. A., Tricoli, V., Roschel, H., Camera, D., & Ugrinowitsch, C. (2018). Muscle Fiber Hypertrophy and Myonuclei Addition: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(7), 1385-1393. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001593>
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663-675. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0624-8>
- Fernández-Argüelles, E. L., Rodríguez-Mansilla, J., Antunez, L. E., Garrido-Ardila, E. M., & Muñoz, R. P. (2015). Effects of dancing on the risk of falling related factors of healthy older adults: A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 60(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.10.003>
- Fisher, J. P., Ravalli, S., Carlson, L., Bridgeman, L. A., Roggio, F., Scuderi, S., Maniaci, M., Cortis, C., Fusco, A., & Musumeci, G. (2020). The "Journal of Functional Morphology and Kinesiology" Journal Club series: Utility and advantages of the eccentric training through the isoinertial system. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/jfmk5010006>
- Foldvari, M., Clark, M., Laviolette, L. C., Bernstein, M. A., Kaliton, D., Castaneda, C., Pu, C. T., Hausdorff, J. M., Fielding, R. A., & Fiatarone Singh, M. A. (2000). Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(4), 24-27. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.4.M192>
- Fragala, M. S., Cadore, E. L., Dorgo, S., Izquierdo, M., Kraemer, W. J., Peterson, M. D., & Ryan, E. D. (2019). Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2019-2052. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003230>
- Gehlert, S., Suhr, F., Gutsche, K., Willkomm, L., Kern, J., Jacko, D., Knicker, A., Schiffer, T., Wackerhage, H., & Bloch, W. (2015). High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, 467(6), 1343-1356. <https://doi.org/10.1007/s00424-014-1579-y>
- Granacher, U., Gollhofer, A., Hortobágyi, T., Kressig, R. W., & Muehlbauer, T. (2013). The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(7), 627-641. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0041-1>
- Granacher, U., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Roettger, K., & Gollhofer, A. (2013). Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults. *Gerontology*, 59(2), 105-113. <https://doi.org/10.1159/000343152>
- Granacher, U., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 325-340. <https://doi.org/10.1080/17461390802478066>
- Grgic, J., Garofolini, A., Orazem, J., Sabol, F., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Effects of Resistance Training on Muscle Size and Strength in Very Elderly Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine*, 50(11), 1983-1999. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01331-7>
- Gschwind, Y. J., Kressig, R. W., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Pfenninger, B., & Granacher, U. (2013). A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength / power, and psychosocial health in older adults: Study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-105>
- Guilhem, G., Cornu, C., & Guével, A. (2010). Adaptations neuromusculaires et musculo-tendineuses à l'exercice excentrique isotonique et isocinétique. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(5), 319-341. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2010.04.003>
- Hedayatpour, N., & Falla, D. (2015). Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/193741>
- Herzog, W., Powers, K., Johnston, K., & Duvall, M. (2015). A new paradigm for muscle contraction. *Frontiers in Physiology*, 6(MAY), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00174>
- Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: Risks and benefits. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10, Issue MAY). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536>
- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6), 1-18. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
- Illera-Domínguez, V., Nuell, S., Carmona, G., Padullés, J. M., Padullés, X., Lloret, M., Cussó, R., Alomar, X., & Cadefau, J. A. (2018). Early functional and morphological muscle adaptations during short-term inertial-squat training. *Frontiers in Physiology*, 9(SEP), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01265>
- Katz, B. Y. B. (1939). The relation between force and speed in muscular contraction. *The Journal of Physiology*, 96(1), 45-64. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1939.sp003756>
- Konopka, A. R., & Harber, M. P. (2014). Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 42(2), 53-61. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000007>
- Kosek, D. J., Kim, J. S., Petrella, J. K., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2006). Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *Journal of Applied Physiology*, 101(2), 531-544. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01474.2005>
- Kowalchuk, K., & Butcher, S. (2019). Eccentric overload flywheel training in older adults. In *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* (Vol. 4, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/jfmk4030061>
- Lastayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Wong, B., & Pepper, G. (2017). *Eccentric versus traditional resistance exercise for older adult fallers in the community: a randomized trial within a multi-component fall reduction program*. 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0539-8>
- Latham, N., Anderson C, Bennett D, S. C. (2009). Progressive resistance strength training for physical disability in older people (Review). *Cochrane Database Syst Rev*, 2. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002759>
- Lee, I. H., & Park, S. Y. (2013). *Balance Improvement by Strength Training for the Elderly*. 1591-1593. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.1591>
- Liao, C. De, Chen, H. C., Huang, S. W., & Liou, T. H. (2019). Reply to: "Comment on the role of muscle mass gain following protein supplementation plus exercise therapy in older adults with sarcopenia and frailty risks: A systematic review and meta-regression analysis of randomized trials, nutrients 2019, 11, 1713." *Nutrients*, 11(10), 1-23. <https://doi.org/10.3390/nu11102420>
- Lienhard, K., Lauermann, S. P., Schneider, D., Item-Glatthorn, J. F., Casartelli, N. C., & Maffiuletti, N. A. (2013). Validity and reliability of isometric, isokinetic and isoinertial modalities for the assessment of quadriceps muscle strength in patients with total knee arthroplasty. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(6), 1283-1288. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.09.004>
- Lohne-Seiler, H., Torstveit, M. K., & Anderssen, S. A. (2013). Traditional versus functional strength training: Effects on muscle strength and power in the elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 21(1), 51-70. <https://doi.org/10.1123/japa.21.1.51>
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & De Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 133-143. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0096>
- Meylan, C., Cronin, J., & Nosaka, K. (2008). Isoinertial assessment of eccentric muscular strength. *Strength Cond J*, 30(2), 56-64.
- Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in Physiology*, 3 JUL(July), 1-18. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260>



- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E. M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., Tylavsky, F. A., Rubin, S. M., & Harris, T. B. (2006). Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(1), 72-77. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.1.72>
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 997-1005. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7>
- Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS ONE*, 13(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193841>
- Onambélé, G. L., Maganaris, C. N., Mian, O. S., Tam, E., Rejc, E., McEwan, I. M., & Narici, M. V. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of Biomechanics*, 41(15), 3133-3138. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.09.004>
- Papa, E. V., Dong, X., & Hassan, M. (2017). Resistance training for activity limitations in older adults with skeletal muscle function deficits: A systematic review. *Clinical Interventions in Aging*, 12, 955-961. <https://doi.org/10.2147/CIA.S104674>
- Papadopoulou, S. K. (2020). Sarcopenia: A contemporary health problem among older adult populations. *Nutrients*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/nu12051293>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916-924. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>
- Petré, H., Wernstål, F., & Mattsson, C. M. (2018). Effects of Flywheel Training on Strength-Related Variables: a Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0169-5>
- Remaud, A., Cornu, C., & Guével, A. (2010). Neuromuscular adaptations to 8-week strength training: Isotonic versus isokinetic mode. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 59-69. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1164-9>
- Russ, D. W., Gregg-Cornell, K., Conaway, M. J., & Clark, B. C. (2012). Evolving concepts on the age-related changes in "muscle quality." *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 3(2), 95-109. <https://doi.org/10.1007/s13539-011-0054-2>
- Sánchez-Moreno, M., Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Movement velocity as indicator of relative intensity and level of effort attained during the set in pull-up exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1378-1384. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0791>
- Sañudo, B., González-Navarrete, Á., Álvarez-Barbosa, F., de Hoyo, M., Del Pozo, J., & Rogers, M. E. (2019). Effect of flywheel resistance training on balance performance in older adults. A randomized controlled trial. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(2), 344-350.
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3508-3523. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002200>
- Shafiee, G., Keshkar, A., Soltani, A., Ahadi, Z., Larjani, B., & Heshmat, R. (2017). Prevalence of sarcopenia in the world: A systematic review and meta-analysis of general population studies. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, 16(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40200-017-0302-x>
- Solà-Serrabou, M., López, J. L., & Valero, O. (2019). Effectiveness of training in the elderly and its impact on health-related quality of life. *Apunts Educació Física y Deportes*, 137, 30-42. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.03)
- Stewart, V. H., Saunders, D. H., & Greig, C. A. (2014). Responsiveness of muscle size and strength to physical training in very elderly people: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(1), 1-10. <https://doi.org/10.1111/sms.12123>
- Strasser, B., Volaklis, K., Fuchs, D., & Burtscher, M. (2018). Role of Dietary Protein and Muscular Fitness on Longevity and Aging. *Aging Dis.*, 9(1), 119-132. <https://doi.org/10.14336/AD.2017.0202>
- Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Gregory Haff, G., & Stone, M. H. (2019). Implementing eccentric resistance training—Part 1: A brief review of existing methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 1-25. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020038>
- Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R., & Lundberg, T. R. (2017). Clinical applications of iso-inertial, eccentric-overload (YoYo™) resistance exercise. *Frontiers in Physiology*, 8(APR). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00241>
- Ticinesi, A., Nouvenne, A., Cerundolo, N., Catania, P., Prati, B., Tana, C., & Meschi, T. (2019). *Gut Microbiota, Muscle Mass and Function in Aging: A Focus on Physical Frailty and Sarcopenia*. 1-21.
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 66-73. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0010>
- U.S. Census Bureau. International database. (2015). *Tables*. <https://www.census.gov/data/tables.html>
- Unhjem, R., Lundestad, R., Fimland, M. S., Mosti, M. P., & Wang, E. (2015). Strength training-induced responses in older adults: attenuation of descending neural drive with age. *Age*, 37(3). <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9784-y>
- Vandervoort, A. A. (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle and Nerve*, 25(1), 17-25. <https://doi.org/10.1002/mus.1215>
- Voet, N. B. M., van der Kooij, E. L., van Engelen, B. G. M., & Geurts, A. C. H. (2019). Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019(12). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003907.pub5>
- Walker, S., Blazevich, A. J., Haff, G. G., Tufano, J. J., Newton, R. U., & Häkkinen, K. (2016). *Greater Strength Gains after Training with Accentuated Eccentric than Traditional Isoinertial Loads in Already Strength-Trained Men*. 7(April), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00149>
- Walston, J. D. (2012). Sarcopenia in older adults. *Current Opinion in Rheumatology*, 24(6), 623-627. <https://doi.org/10.1097/BOR.0b013e328358d59b>
- Wonders, J. (2019). Flywheel Training in Musculoskeletal Rehabilitation: a Clinical Commentary. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(6), 994-1000. <https://doi.org/10.26603/ijspt20190994>
- Yamada, A. K., Verlengia, R., & Bueno Junior, C. R. (2012). Mechanotransduction pathways in skeletal muscle hypertrophy. *Journal of Receptors and Signal Transduction*, 32(1), 42-44. <https://doi.org/10.3109/10799893.2011.641978>
- Zeng, P., Han, Y., Pang, J., Wu, S., Gong, H., Zhu, J., Li, J., & Zhang, T. (2016). Sarcopenia-related features and factors associated with lower muscle strength and physical performance in older Chinese: A cross sectional study Physical functioning, physical health and activity. *BMC Geriatrics*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0220-7>

**Conflicte d'interessos:** les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>