

Pau Ripoll Sanchez

MILLORA DEL RENDIMENT ESPORTIU A TRAVÉS DEL CONSUM DE REMOLATXA EN ESPORTISTES: UNA REVISIÓ SISTEMÀTICA

TREBALL DE FI DE GRAU

Directora: Mònica Bulló Bonet

GRAU EN NUTRICIÓ HUMANA I DIETÈTICA



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

REUS

CURS 2021-2022

*Treball grupal realitzat amb: ALBERT GUILLEN PEÑA

TREBALL DE FI DE GRAU. FMCS

FITXA D'AVALUACIÓ DEL TUTOR



L'avaluació del treball pràctic tindrà en compte la nota referida pel tutor respecte a la memòria impresa i el seguiment del treball. El resultat de l'avaluació del tutor ha de ser favorable per tal que l'alumne pugui presentar i defensar el treball i representa el 25 % de la nota total del treball escrit (salvo excepcionalitat per la pandèmia).

ENSENYAMENT: Nutrició Humana i Dietètica

NOM DE L'ALUMNE: Pau Ripoll Sanchez

TÍTOL DEL TREBALL: Millora del rendiment esportiu a través del consum del remolatxa en esportistes: Una revisió sistemàtica.

SEGUIMENT I AVALUACIÓ DEL TREBALL PER PART DEL TUTOR DEL TREBALL PRÀCTIC (0-10)	
Ha mostrat capacitats d'anàlisi, síntesi i raonament al llarg del treball	9
El seu grau d'implicació durant el desenvolupament del treball ha estat elevat	10
El procés d'elaboració del treball ha estat continuat	10
Ha mostrat habilitat de cerca i gestió de la informació	10
Ha mostrat capacitat d'organització i planificació	10
Ha seguit la normativa pròpia del Centre en quan a la presentació escrita del treball	10
El treball és ordenat i redactat amb cura, expressant-se correctament amb la llengua escollida	9
Els resultats del treball són originals	9
El treball presentat supera les expectatives del tutor	9
<u>Comentaris del tutor</u> En Pau Ripoll ha realitzat una bona tasca de treball autònom i grupal, demostrant habilitats en la cerca i síntesi d'informació al llarg del seu procés de formació.	
MITJANA DE LA NOTA DEL TUTOR (0-10)	9.5

AVALUACIÓ:

FAVORABLE X

NO FAVORABLE

NOM I SIGNATURA DEL TUTOR*:

Mònica Bulló
Bonet
- DNI
39882637Q
(TCAT)

Firmado digitalmente por Mònica Bulló Bonet - DNI 39882637Q (TCAT)
Número de reconocimiento (DN):
c=ES, o=Universitat Rovira i Virgili, 2.5.4.97-VATES-09350003a,
ou=Impressió pública de nivell mitg, sn=Mònica Bonet - DNI 39882637Q, givenName=Mònica, serialNumber=IDCES-39882637Q, cn=Mònica Bulló Bonet - DNI 39882637Q (TCAT)
Fecha: 2022.05.47:00 +02'00'

*Lliurar una còpia al tutor i adjuntar una còpia amb la signatura original al Treball escrit.

La suplantació de la signatura original està tipificada com a falta greu i serà objecte d'expedient.

Millora del rendiment esportiu a través del consum del remolatxa en esportistes: Una revisió sistemàtica.

Guillen A, Ripoll P.

RESUM

La remolatxa s'ha postulat com una ajuda ergogènica per augmentar el rendiment dels esportistes durant l'exercici pel seu efecte vasodilatador. Aquesta revisió sistemàtica ha estat dissenyada per proporcionar evidència científica sobre la relació del consum de remolatxa i la millora del rendiment esportiu, considerant els diferents tipus d'exercicis: aeròbic, anaeròbic de velocitat, anaeròbic de força i els esports que combinen anaeròbic i aeròbic. Per això es va realitzar una recerca bibliogràfica a les bases de dades de Pubmed i Google Acadèmic amb les paraules claus "beetroot juice" and ("exercise" or "sport" or "training"). La recerca va incloure estudis només amb adults sans, realitzats els últims 10 anys sense exclusió en l'idioma redactat.

Es van incloure un total de 30 articles. Un total de 9 articles analitzaven entrenaments anaeròbics de força, on s'observaven resultats favorables en quatre i no significatius als cinc restants. Referent a l'entrenament anaeròbic de velocitat es van analitzar un total de 4 articles, i es van observar resultats significatius en dos d'ells, a diferència dels altres dos que no mostraven diferències significatives. 13 articles analitzaven l'exercici aeròbic de llarga durada on s'observa una millora significativa del rendiment, així com els 3 articles analitzats en l'exercici aeròbic i anaeròbic intermitent. L'evidència recolza que el consum de suc de remolatxa aporta millores en el rendiment de l'esportista pel seu efecte vasodilatador que contribueix a una reducció de la pressió arterial, una millor oxigenació pulmonar i muscular, i un retard en l'aparició de la fatiga muscular. Aquestes millores es manifesten de forma més clara en exercicis de llarga durada, que en els exercicis anaeròbics.

ABSTRACT

In recent times, Beetroot has been postulated as an ergogenic aid to increase athletes performance during exercise given its vasodilator effect. This systematic review has been designed to provide a scientific evidence on relationship between the beet consumption and an improved sports performance, including different types of exercises: aerobic, speed anaerobic, strength anaerobic, and sports that combine anaerobic and aerobic. Thus bibliographic analysis was carried out in the databases of PubMed and Google Scholar with keywords like "beetroot

juice" and ("exercise", "sport" or "training"). The research comprised studies with healthy adults in the last 10 years only, without written language exclusion.

A total of 30 items were included. 9 of them analysed strength anaerobic training, with 4 favourable results and 5 without significant results. Regarding anaerobic speed training, a sum of 4 articles were analysed. Remarkable results were observed in 2 of them. However, the two missing not showed differences. Finally, the last 13 articles analysed long-term aerobic exercises, which reveal a significant improvement in performance, as the 3 articles analysed in intermittent aerobic and anaerobic exercises.

The evidence supports that the consumption of beetroot juice brings improvements in the performance of the athlete for its vasodilator effect that contributes to a decrease in blood pressure, better lung and muscle oxygenation, and a delay in the appearance of muscle fatigue. These improvements are more pronounced in long-term exercise than in anaerobic exercise.

INTRODUCCIÓ

Actualment en el món de l'esport el nivell d'exigència cada cop és major ja que els resultats són més ajustats i igualats, aquest fet és degut als avenços científics sobre la millora de rendiment que acaba marcant diferències. Això provoca que els esportistes busquin alternatives a nivell d'entrenament, material esportiu, descans, i també en l'àmbit de la nutrició, que produeixin la millora del rendiment esportiu. Aquests tipus d'alternatives són conegudes com ajudes ergogèniques, i cada cop són més utilitzades pels esportistes.

Una de les noves tendències és la utilitat del tubercle remolatxa (*Beta vulgaris rubra*), majoritàriament en forma de suc com a ajuda ergogènica. Entre els seus ingredients trobem potassi, betaïna, sodi, magnesi, vitamina C i nitrat (NO₃). Aquest últim influent potencialment en la millora del rendiment amb esportistes, d'aquí el consum de remolatxa entre els esportistes, inclús la incorporació de suplementació preparada de remolatxa per part de la indústria alimentària o també en forma de càpsula amb presència de NO₃, enfocada a la millora del rendiment.

La remolatxa és una opció barata i natural per augmentar la presència de nitrats al torrent sanguini, però tampoc és l'única. Altres aliments com els espinacs o l'escarola també contenen nitrats entre els seus nutrients. L'inconvenient es que s'hauria de consumir una quantitat excessiva per arribar a una dosi efectiva.

El nitrat (NO₃) és un compost natural que està present a la terra, als aliments i aigües on les modificacions ambientals poden produir canvis en les concentracions de NO. Com ja hem esmentat, està present en la remolatxa en quantitats variables tant de nitrat inorgànic (NO₃) i nitrit inorgànic (NO₂), que en el cos es poden reduir a la molècula bioactiva d'òxid nítric (NO) a través d'una via exògena. Aquesta via exògena comença amb l'absorció de nitrat inorgànic (NO₃) en el tracte gastrointestinal, que després es distribueix a diferents llocs. A la boca, les bacteries aeròbiques redueixen el nitrat inorgànic (NO₃) a nitrit inorgànic (NO₂). Després el NO₂ arriba a l'estómac i juntament amb l'ambient àcid redueix el NO₂ a òxid nítric NO que ingressa a la circulació sanguínia. Un cop el NO es ingressa al torrent sanguini se li atribueixen diferents millores en funcions metabòliques i hemodinàmiques, considerat un vasodilatador important capaç d'augmentar el flux sanguini a nivell muscular i la seva oxigenació. També és important en la captació de glucosa pel múscul i ajuda en els processos de relaxació i contracció muscular.

L'objectiu d'aquest estudi es realitzar una revisió sistemàtica de la literatura publicada per comprovar si el nitrat inorgànic (NO₃) que prové del consum de remolatxa provoca un increment del potencial en el rendiment esportiu ja sigui abans, durant o després de l'exercici. Tenint en compte els diferents esports i dividint en aeròbics i anaeròbics.

El motiu pel qual decidim realitzar aquesta revisió sistemàtica ve donat per unes publicacions d'equips de futbol d'elit a nivell mundial utilitzant la remolatxa com ajuda ergogènica. Això ens va cridar l'atenció ja que és un esport que nosaltres practiquem i seguim a diari, i vam veure que en altres esports també s'estan utilitzant aquestes tècniques per obtenir millors resultats. De manera que volíem indagar sobre el consum de remolatxa relacionat amb l'esport en general veient que el seu consum entre esportistes de diferents disciplines ha augmentat durant aquests últims anys.

MATERIAL I MÈTODES

criteris d'eleqibilitat

Es va realitzar una recerca sistemàtica i optimitzada de la base de dades "PubMed" i "Google Académico" per identificar els estudis publicats des del 2012 fins ara el 2022. L'estratègia de recerca es va limitar en articles únicament en anglès. Els temes de recerca van incloure "Remolatxa o suc de remolatxa ", relacionats amb la millora del rendiment esportiu incloent els termes ("exercise", "sport" or "training").

Es van incloure tots els estudis d'intervenció i observació en humans, amb restricció d'edat en els participants de 19 a 44 anys pel motiu d'obtenir resultats amb persones amb alt rendiment esportiu. D'altra banda es va tindre amb compte que cap dels participants tingues una patologia o bé antecedents importants que poguessin influir en el rendiment.

Sense restriccions en la ubicació geogràfica en els estudis, però si de la data de publicació com a màxim del 2012 fins l'actualitat. Els resums i els articles d'informació general van ser descartats.

Els títols, els resums i les paraules claus dels articles van ser revisats inicialment per comprovar si tenen relació amb la revisió sistemàtica realitzada. Es van escollir els articles amb texts complets i gratuïts. Incloent el assajos clínics i els assajos controlats aleatoritzats, d'altra banda es van excloure les revisions sistemàtiques, llibres i documents.

La selecció d'estudis es va completar mitjançant els passos redactats al manual d'evidències de l'acadèmia de Nutrició i Dietètica, que utilitza el model PRISMA. (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis).

Estratègia de recerca

("beta vulgaris"[MeSH Terms] OR ("beta"[All Fields] AND "vulgaris"[All Fields]) OR "beta vulgaris"[All Fields] OR "beets"[All Fields]) AND ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercises"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercise s"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields] OR "exercising"[All Fields]) AND ("loattrfree full text"[Filter] AND ("clinical trial"[Publication Type] OR "randomized controlled trial"[Publication Type])) AND 2015/01/01:2022/12/31[Date - Publication])) AND ((y_10[Filter]) AND (ffrft[Filter]) AND (clinicaltrial[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter]) AND (humans[Filter]) AND (english[Filter] OR spanish[Filter]) AND (alladult[Filter] OR youngadult[Filter] OR adult[Filter] OR middleagedaged[Filter] OR middleaged[Filter])) Filters: Free full text, Clinical Trial, Randomized Controlled Trial, in the last 10 years, Humans, English, Adult: 19-44 years

Figura 1. Temes de recerca i estratègia

RESULTATS

Amb els criteris de recerca aplicats vam obtindre un total de 55 articles en la base de dades Pubmed (*figura 2*). Després de la revisió del resum, el text complet, els criteris d'inclusió i exclusió, es van incloure un total 31 articles relacionats amb el consum de remolatxa i la millora el rendiment. D'aquest 31 articles, tres d'ells van ser exclosos ja que no s'ajustaven els criteris escollits per la revisió sistemàtica realitzada i havien sigut incorporats per la base de dades Pubmed, finalment vam obtindre un total de 28 articles.

La recerca a la base de dades de Google Acadèmic amb els mateixos criteris d'inclusió i exclusió realitzats el buscador Pubmed, vam obtenir 2 articles addicionals relacionats amb la revisió. Obtenint un total de 30 articles per la revisió sistemàtica entre les dos bases de dades consultades.

Els resultats específics obtinguts han estat agrupats i separats en 4 grups:

- Anaeròbic de força: 9 articles
- Anaeròbic de velocitat: 4 articles
- Aeròbic de llarga durada: 13 articles
- Aeròbic i anaeròbic intermitent: 3 articles

Anaeròbic de força

En referència a l'exercici anaeròbic de força es van incloure 9 articles, dels quals 7 eren estudis amb disseny creuat aleatoritzat de doble cec i els altres 2 restants eren amb disseny de doble cec aleatoritzat sense creuament.

Els resultats d'aquests estudis mostraven diferències significatives en 4 d'ells, d'altra banda els 5 restants no mostraven diferències significatives.

Els diferents estudis observats confirmen que la ingesta de suc de remolatxa produeix un augment de NO en el plasma. Aquest augment es degut al procés que es produeix després de la ingesta de nitrat dietètic (NO₃). El nitrat es redueix a NO₂ (nitrit) mitjançant l'enzim NO₃-reductasa produïda pels microorganismes del nostre cos. Un cop aquest nitrit ha estat reduït, es dirigeix a l'estómac on es redueix parcialment a òxid nítric (NO) per l'acció dels diferents àcids estomacals, i posteriorment s'absorbeix a l'intestí arribant d'aquesta forma al torrent sanguini.^{7,15,16}

En quan a la vasodilatació, tres articles mostren conclusions diferents.

En dos estudis realitzats amb un total de 29 atletes entrenats mostren una resposta significativa en la millora de la vasodilatació de les artèries amb el grup amb suplementació de remolatxa a diferència del grup placebo. Aquesta capacitat vasodilatadora produeix una reducció també de la pressió arterial amb els atletes. Però també conclou en que aquesta millora es produeix donant un descans després d'un exercici anaeròbic sever. Això es degut a que millora la conversió de NO₃ a NO en una baixa disponibilitat d'oxigen.^{7,19}

D'altra banda, en un estudi amb disseny creuat aleatoritzat de doble cec i controlat amb placebo sobre 12 participants, s'observen diferències significatives en quan al nivell de NO al plasma però no hi ha influència en la vasodilatació de les artèries.²⁰

Un total de 83 participants de 5 estudis diferents on es valorava el nivell d'oxigenació i la posterior fatiga i acumulació de lactat sanguini, no van trobar diferències significatives a nivell d'oxigenació ni muscular ni cerebral. Tot i que en els estudis s'observava una millora en el grup amb suplementació de suc de remolatxa, no era suficientment significativa. Això també influïa en que no s'observaven canvis en quan a la fatiga muscular i l'acumulació de lactat durant l'exercici anaeròbic.^{9,11,17,19,25}

Anaeròbic de velocitat

Es van trobar 4 articles relacionats amb el rendiment anaeròbic de velocitat, dels quals 3 eren assaig clínics creuats aleatoritzat de doble cec, mentre 1 d'ells era un assaig clínic de tres grups independents amb doble cec. Dos d'ells van mostrar resultats significatius amb la millora de rendiment, mentre un d'ells el seu resultats eren poc significatius, seguidament de l'últim assaig que va mostrar resultats desfavorables sobre la millora del rendiment i el consum de remolatxa.

Un total de 3 estudis, amb la participació de 57 atletes, mostren una millora significativa a nivell de NO plasmàtic, influint així en la reducció de la pressió arterial durant l'exercici anaeròbic de velocitat. Dos d'aquests estudis fan referència a diferents situacions de l'entrenament d'esprint, observant millores a nivell de temps a l'hora de realitzar les proves.^{6,30} L'altre estudi realitzat l'any 2021, en el qual s'avalua la freqüència de moviments repetitius de colpeig en el taekwondo, s'observa també una millora tot i que poc significativa d'aquesta freqüència. El que més destaca d'aquest estudi es la millora observada en la fase cognitiva avaluada amb la prova Stroop. Aquest es un test psicològic que permet mesurar el nivell d'interferència generada pels automatismes

durant la realització d'un exercici. Aquesta millora es deguda a la presència de NO₃⁻ que produeix una millor oxigenació cerebral.¹⁴

Un d'aquests estudis, també mesurava el nivell de lactat i fatiga muscular posterior a l'exercici. I el resultat era el mateix que en els exercicis anaeròbics de força, no hi havia diferències significatives.³⁰

En canvi, en un estudi realitzat a l'any 2020 amb 13 tenistes d'elit, dels quals 4 eren de nivell ATP i els altres 9 d'entre els 350 millors tenistes d'Espanya, no es van trobar diferències entre el grup placebo i el de suc remolatxa en les proves realitzades. En aquestes proves es va observar la velocitat en accions relacionades amb el tennis com; la velocitat de servei, salt en contramoviment, prova d'agilitat i prova d'esprint (10m). Considerant que la falta de resultats pot estar relacionada amb la baixa dosis administrada (70ml) i destacant la poca evidència científica degut a la falta d'estudis realitzats.⁵

Aeròbic de llarga durada

Es van analitzar 13 estudis relacionats amb el rendiment aeròbic de llarga durada dels quals 8 mostraven resultats significatius de l'observació i els 5 restants no mostraven diferències significatives. D'aquests 13 estudis; 7 són assajos clínics creuats aleatoritzats amb doble cegament, 4 assajos clínics aleatoritzats de doble cec sense creuament, 1 assaig clínic aleatoritzat de doble creuament sense cegament, i 1 estudi de disseny creuat aleatoritzat d'un únic cegament.

Varis estudis, els quals mostren un resultat significatiu, van observar que el consum de remolatxa o derivats de remolatxa, influeix directament en el rendiment de l'esportista a nivell fisiològic ja que augmenta el nivell de NO plasmàtic i una millor vasodilatació. Això comporta una reducció de la pressió arterial, fins un 4,1% menys com demostra un estudi realitzat l'any 2018 a 8 participants d'una competició de marxa inclinada, i una millor oxigenació del múscul durant l'exercici.^{10,13,21,23,27}

Un total de 5 estudis els quals engloben 71 participants afirmen una reducció del cost d'oxigen duent a terme una millora en el rendiment aeròbic, de manera que el VO₂ màxim es menor. Aquests paràmetres fisiològics, juntament amb una millora de la freqüència cardíaca, comporten que el múscul tingui major resistència a la fatiga davant l'esforç que està rebent,

millorant d'aquesta forma el temps de l'esportista.^{4,8,10,13,21} Aquesta millora es pot confirmar amb l'estudi realitzat l'any 2021 a 11 atletes professionals de Cross-Country. Tot i que s'observa una major resistència a la fatiga, no s'observen canvis substancials en el nivell de lactat en sang durant i després de l'exercici.¹²

Relacionat amb l'acumulació de lactat i la posterior recuperació muscular, l'estudi realitzat l'any 2016 amb 34 participants d'una Marató, en el que hi havia dos grups; grup placebo i grup amb suplementació de remolatxa. Es mesurava el dolor muscular, les citoquines sèriques, la leucocitosis, la creatina quinasa (CK), la proteïna C reactiva d'alta sensibilitat (hs-CRP) i l'aspartat aminotransferasa, i no es van veure diferències significatives entre els dos grups en els 3 dies posteriors a la prova.²⁶

A diferència dels resultats obtinguts en els anteriors estudis, destaquen 3 estudis que no obtenen aquests canvis amb la suplementació de remolatxa. La hipòtesis que plantegen els investigadors es que les dosis administrades són baixes (70ml) o una única dosis.^{22,24,28} D'altra banda, un estudi realitzat l'any 2019 amb 12 dones les quals prenen anticonceptius hormonal, no obtenien millores en el seu rendiment tot i que la ingesta de suplement de remolatxa era més elevada (280ml).¹¹

Aeròbic i anaeròbic intermitent

En el resultat de la recerca es van obtindre 3 articles relacionats amb el rendiment aeròbic intermitent, els 3 articles obtinguts eren assajos clínics creuats aleatoritzats de doble cec. Dos dels estudis realitzats van mostrar resultats significatius en la millora del rendiment aeròbic intermitent gràcies a la ingesta de suc de remolatxa dels participants, mentre l'altre estudi es van observar resultats poc significatius.

Un estudi realitzat l'any 2020 amb 12 participants de sexe masculí mostra diferències significatives en quan al rendiment de l'esportista quan hi ha un descans durant l'exercici. L'estudi realitza dues rutines, una amb descans de 3 minuts i l'altra sense descans entre exercicis. Les diferències significatives s'obtenen en la rutina amb descans i això es degut a que la capacitat de repetir series d'exercici depèn de la resíntesis de fosfocreatina mitjançant la fosforilació oxidativa i aquest procés es determina a través del flux sanguini i l'oxigenació del múscul. La suplementació ajuda a una millor vasodilatació i millor regulació del flux sanguini, ajudant així a la resíntesis de fosfocreatina amb presència d'oxigen, i ajudant d'aquesta forma a

retardar la fatiga muscular i tenir un millor rendiment durant l'exercici. Aquest procés no es dona amb tanta facilitat quan no hi ha un descans entre exercicis, actuant de forma anaeròbica, ja que la falta d'oxigen ho dificulta.¹⁸

L'estudi realitzat amb jugadors de futbol de 2a i 3a divisió d'Holanda, també mostra una millora del rendiment després de la suplementació de remolatxa, mesurat amb una prova física Yo-Yo IR1. Aquesta prova mesurava els resultats en carrera intermitent d'alta intensitat els quals van obtenir una millora significativa després d'una ingesta continuada durant 6 dies de suplement de remolatxa. Les analítiques de sang i de saliva, confirmaven la major presència de NO el que ajuda a la millor oxigenació del múscul davant l'exercici perllongat intermitent.²⁹

En l'últim estudi relacionat amb el taekwondo i realitzat sobre 8 homes, mostren resultats poc significatius. Tot i això, en una prova progressiva per veure el nivell d'esgotament durant el l'exercici intermitent on es classifiquen en 4 grups (BJ-400, BJ-800, PL, CON) van comprovar que a més dosis de suc de remolatxa hi havia més resistència a l'esgotament.¹⁴

DISCUSSIÓ

Els resultats d'aquesta revisió sistemàtica recolzen que la suplementació amb remolatxa té un efecte ergogènic en els esportistes. La suplementació amb remolatxa ajuda a tenir una major quantitat de monòxid de nitrogen (NO), el que comporta una augment de la vasodilatació, una reducció de la pressió arterial i una millor oxigenació muscular i cerebral degut a una millor circulació i oxigenació de la sang, també la qual cosa produeix un retard en l'aparició de la fatiga durant l'exercici.

Referent a les millores del rendiment en quan a l'exercici anaeròbic, són significatives tot i que els millors resultats s'obtenen en l'exercici intermitent i aeròbic.

En el cas de l'exercici anaeròbic, tant de força com de velocitat, cinc estudis no van observar millores significatives en el rendiment ja que les dosis administrades eren baixes (70ml) o només s'administrava una dosis.^{5,9,19,22,25} Per això, destaquen la importància de seguir realitzant estudis en aquest camp amb dosis més elevades o amb més quantitats de dosis pels participants.

Els estudis en l'exercici intermitent i l'aeròbic mostren millors resultats degut a que les avantatges fisiològiques i metabòliques que el suc de remolatxa ens aporta, s'observen més favorablement en exercicis de llarga durada. Una millor oxigenació pulmonar i muscular es dona

quan hi ha presència d'oxigen en un exercici de llarga durada, el que queda demostrat amb els estudis que redueix el pic màxim de VO₂ i conseqüentment retarda l'aparició de fatiga.

4,8,12,13,21,23,27

Els investigadors d'aquests estudis també destaquen la importància de seguir estudiant i investigant la relació dosis-millora del rendiment, profunditzant així en quina és la dosis adequada per a poder observar millores en els resultats esportius.

En un estudi realitzat amb dones que estaven prenent hormones anticonceptives van observar que els resultats no eren significatius, el qual significa que es van apreciar millores en el rendiment de les participants en la investigació. Els investigadors van relacionar que no es va observar millora en el rendiment esportiu amb el sexe i l'estat hormonal de l'individu.¹¹

Per últim, els estudis d'intervenció relacionats amb el lactat i posterior recuperació de l'esportista, van mostrar sempre resultats no significatius, amb el que podem confirmar que la suplementació de remolatxa no té relació amb la recuperació, tot i mostrar millores en el retard de la fatiga durant l'exercici.²⁶

CONCLUSIÓ

Amb aquesta revisió sistemàtica realitzada amb 30 estudis relacionats amb el consum de remolatxa i la millora del rendiment esportiu, podem confirmar que la remolatxa té un clar efecte sobre el rendiment dels esportistes, millorant de forma significativa el seu nivell físic. No obstant, hi ha millores més significatives en quan a rendiment en els esports aeròbics envers els anaeròbics.

La remolatxa rica en NO₃ i la seva capacitat de reduir-se a òxid nítric, converteix la suplementació de suc de remolatxa amb un potent vasodilatador, de manera que redueix la pressió arterial, redueix el consum d'oxigen durant l'exercici aportant una millor eficiència muscular, i produint un retard de l'aparició de la fatiga muscular. Tots aquests factors són claus en la millora del rendiment.

Fins i tot, en un estudi on s'agrupen en diferents grups d'edat, ens confirma que la ingesta de remolatxa pot influir positivament en la salut de persones adultes de major edat no relacionades amb l'esport, millorant la seva vasodilatació.

Tot i això es caldria destacar la importància de seguir investigant i estudiant la relació dosis-resposta del consum de remolatxa, degut a que podria veure's influït en el rendiment dels esportistes.

LIMITACIONS

Tot i haver seleccionat els criteris d'inclusió i exclusió de la recerca per tal d'obtenir els resultats i paràmetres dels articles més semblants possibles en aquesta revisió sistemàtica un factor important de confusió es, que en molts estudis com els assajos aleatoris revisats en la majoria d'ells es veu els efectes favorables del consum de suc de remolatxa o remolatxa com a millora del rendiment, però molts d'ells sense tenir en conte molts factors importants com el tipus de dieta realitzada per els participants i els seus hàbits fora de l'àmbit competitiu, punt que pot influir en el consum de remolatxa i els seus efectes.

A part de que és necessari que es realitzin estudis controlats i cecs amb poblacions agrupades per edat, gènere, estat socioeconòmic, educació i altres factors que poden influir en el comportament del consum de la remolatxa.

CONFLICTES D'INTERÈS

Els autors no declaren conflictes d'interès.

ANNEXES

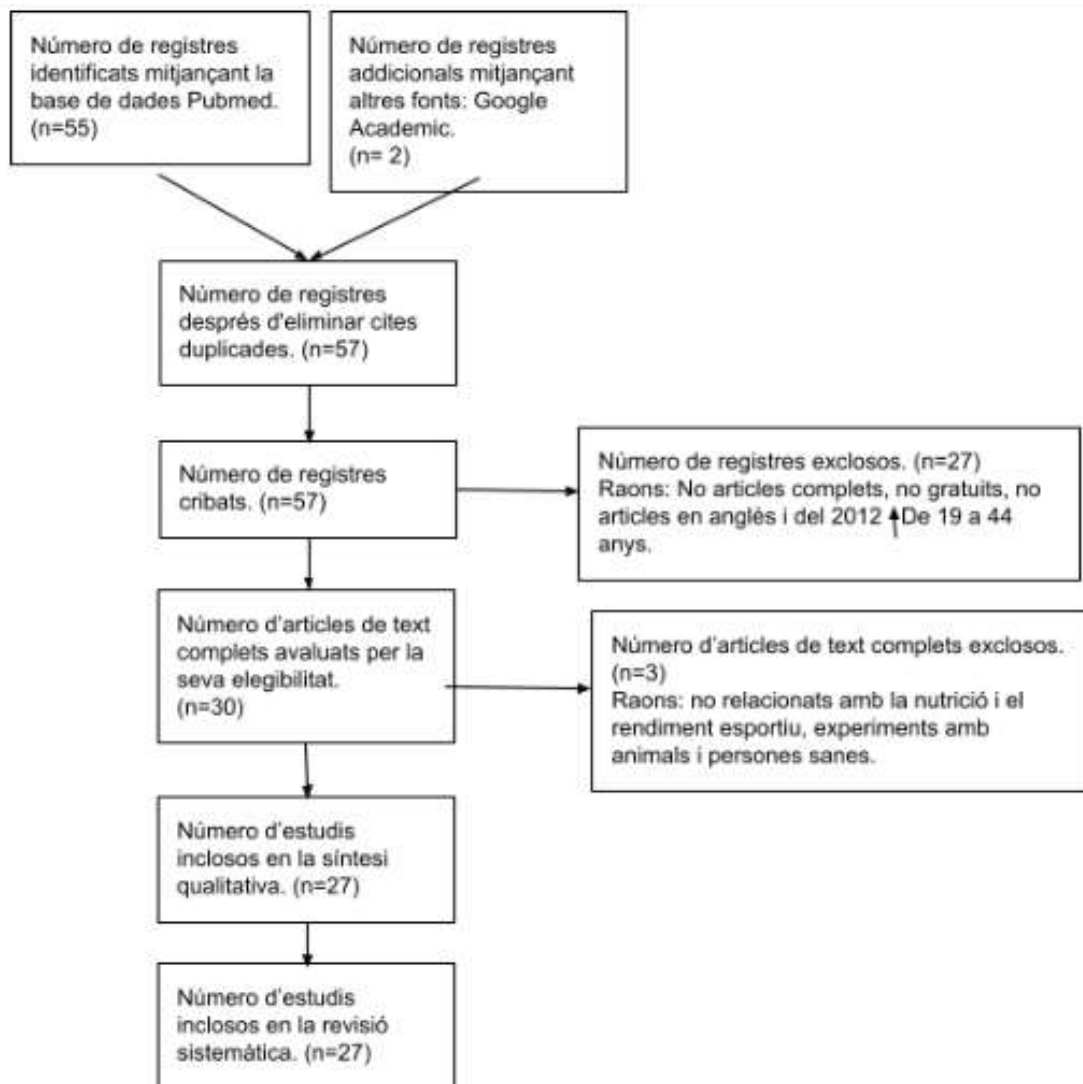


Figura 2. Diagrama de flux del procés de selecció dels articles.

Figura 3. Informació dels estudis seleccionats

AUTORS, ANY I ESPORT	PAÍS	PARTICIPANTS I EDAT	DURADA	TIPUS D'INTERVENCIÓ I DISSENY D'ESTUDI	VARIABLES	RESULTATS	RESULTAT FINAL
<u>Marcos Waldron</u> 2018 MARXA INCLINADA	UK	8 participants: - 5 Homes (27± 2 anys) - 3 Dones (29±4 anys)	24h	Disseny creuat aleatoritzat de doble sec.	<u>Variable principal:</u> Respostes fisiològiques <u>Variables secundàries:</u> Cost d'energia, eficiència a l'exercici i resposta a la pressió arterial.	La pressió arterial mitja en repòs va ser 4,1% més baixa després de BJ, també durant l'exercici i en la recuperació. El consum d'O ₂ també va ser inferior.	Resultat significatiu
<u>Álvaro López Samanes</u> 2020 TENIS ALTA COMPETICIÓ	ESP	13 Tenistes (24,5 ± 5,1 anys) -4 tenistes ATP -9 entre els 350 d'Espanya	3 Set	Disseny creuat aleatoritzat, controlat amb placebo i doble sec.	<u>Variable principal:</u> Rendiment físic. <u>Variables secundàries:</u> Velocitat de servei. Salt en contramoviment. Força d'agarre isomètrica. Prova d'agilitat. Prova Sprint.	No es van observar diferències entre el dos grups possiblement a les dosis baixes.	Resultat no significatiu
<u>Cristobal Thompson</u> 2018 ENTRENAMENT INTERVÀLIC DE SPRINTS	USA	30 persones - 18 homes (25 ± 6 anys) - 12 dones (22 ± 3 anys)	1 mes	Assaig clínic de 3 grups independents amb doble cec <ul style="list-style-type: none"> • SIT • SIT + BR • SIT + KNO₃. 	<u>Variable principal:</u> adaptació fisiològica i de rendiment.	Pressió sanguínia, Plasma en repòs i acumulació de metabòlits si hi ha diferències significatives del grup BR, i KNO ₃ i SIT sense suplement.	Diferències significatives.
<u>Noemí Serra-Payá</u> 2021	ESP	11 homes atletes	3 Set	Disseny creuat de doble cec i aleatoritzat	<u>Variable principal:</u> Millora del rendiment de força <u>Variables secundàries:</u>	Millorar el rendiment exercicis aeròbics i anaeròbics, mostrant així un augment de NO en el plasma i un millor intercanvi de	Resultat significatiu

EXERCICI DE FORÇA DE RESISTÈNCIA		(29,2 ± 3,7 anys)			Concentració NO el plasma Intercanvi de gasos pulmonars Lactat en sang	gasos pulmonars i vasodilatador El descans després d'un exercici de força millora el procés de NO ₃ a NO.	
<u>Raquel Bronceado</u> 2018 PROVA EXERCICI PROLONGAT BICICLETA	UK	12 Homes (21 ± 1 anys)	2h	Disseny doble cec, creuat i aleatoritzat.	<u>Variable principal:</u> VO ₂ màxim <u>Variables secundàries:</u> - concentració de glucogen - nivell de plasma sanguini	Diferències significatives a llarg termini (a partir del minut 90) en quan a plasma sanguini, a concentració de glucogen i al nivell de VO ₂ .	Resultat significatiu
<u>Thibault Le Roux-Mallouf</u> 2019 EXTENSIÓ GENOLL	FR	15 HOMES (28 ± 6 anys)	1 mes	Estudi aleatoritzat creuat de doble cec	<u>Variable principal:</u> Efecte dels diferents precursors de NO. <u>Variables secundàries:</u> - Oxigenació muscular i cerebral - Fatiga neuromuscular perifèrica.	Els precursors NO no van tenir un efecte significatiu sobre la oxigenació muscular i cerebral.	No significatiu
<u>Anni Vanhatalo</u> 2016 PROVA INCREMENTAL CICLOERGÓMETRO	UK	22 persones - 14 homes - 8 dones	10 dies	Estudi aleatoritzat de doble cec controlat amb placebo	<u>Variable principal:</u> VO ₂ en prova incremental. <u>Variable secundària:</u> - intercanvi de gasos - lactat plasma	Diferència significativa entre grups i també entre abans i després de l'exercici en quan a VO ₂ inicial i final, i en quan al pic de VO ₂ . Redueix el cost d'O ₂ i hi ha una millor oxigenació muscular.	Resultat significatiu.
<u>Kate Un Wickham</u> 2019 CICLISME I FLEXOR PLANTAR	CAN	12 Dones (23 ± 1 anys)	2 mesos	Disseny creuat de doble cec, aleatoritzat	<u>Variable principal:</u> Economia en l'exercici i el rendiment <u>Variables secundàries:</u> Nivells plasmàtics de NO Millora del cost de O ₂	La suplementació va augmentar amb èxit el nivells plasmàtics, no en una reducció del cost de O ₂ i la millora del rendiment aeròbic. Si en la prova de flexor plantar, relacionant se amb el sexe i l'estat hormonal.	No significatiu

<u>Haley Fye</u> 2021 CROSS-COUNTRY	USA	11 Atletes - 5 homes - 6 dones (20 ± 2 anys)	2 mesos	Estudi creuat aleatoritzat de doble cec, controlat amb placebo	<u>Variable principal:</u> Efecte del suplement previ a l'entrenament de croos-country <u>Variables secundàries:</u> Lactat en sang Temps de fatiga Freqüència cardíaca	El consum del suplement abans de l'entrenament va mostra resultats favorables en 8 dels 11 participants	Resultat significatiu
<u>Oliver Michael Shanon</u> 2017 CORREDORS I TRIATLETES	UK	8 Homes (28,3 ± 5,8 anys)	2 mesos	Estudi creuat de doble cec aleatoritzat	<u>Variable principal:</u> Millora del rendiment <u>Variables secundàries:</u> Nivells de NO i pressió arterial Freqüència cardíaca Intercanvi de gasos pulmonars Lactat en sang Rendiment contrarellotge	En els resultat de les proves es va concloure que hi havia una millora del rendiment a les proves de curta durada com les de 1.500m en canvi no es va veure millora en les proves més llargues 10.000m	Resultats significatius
<u>Hossein Miraftebi</u> 2021 TAEKWONDO	IRN	12 homes (20 ± 4 anys)	1 mes	Disseny creuat aleatoritzat controlat de doble cec	<u>Variable principal:</u> Efectes de la suplementació de remolatxa en taekwondo <u>Variables secundàries:</u> Freqüència de velocitat Salt de contramoviment Lactat en sang Fase cognitiva Síntomes gastrointestinals	La suplementació de remolatxa va comporta a una millora de la fase cognitiva. Però una millora poc significativa amb les altres proves, tot i veure una diferència en la part aeròbica sobre la anaeròbica.	Poc significatiu
<u>Antonio Ranchal-Sanchez</u> 2020.	ESP	12 homes sans d'entre 20 i 28 anys	1 setmana	Assaig clínic aleatoritzat creuat de doble cec.	<u>Variable principal:</u> resistència muscular i velocitat concèntrica <u>Variables secundàries:</u> número total de repeticions realitzades fins defallir, lactat sanguini i índex d'esforç rebut post-entreno	Diferències significatives: nº de repeticions i l'índex d'esforç percebut No significatives en quan: lactat sanguini i velocitat de moviment.	Poc significatiu

<u>Karambir Notay</u> 2017	UK	14 participants - 7 dones - 7 homes (25 ± 10 anys)	1 mes	Disseny creuat de doble cec aleatoritzat controlat amb placebo	<u>Variable principal:</u> activitat nerviosa simpàtica <u>Variable secundària:</u> PA i MSNA	Diferència significativa en quan a MSNA (activitat compressiva del nervi del múscul) No diferència significativa en quan a pressió arterial, millora BR davant PL.	Poc significatiu
<u>Ryan G. Larsen</u> 2019 EXERCICI EXCÈNTRIC.	DIN	30 participants - 12 noies - 18 nois (24 ± 4 anys)	2 dies	Doble cec aleatoritzat amb grup AO, SR i placebo.	<u>Variable principal:</u> la reactivitat microvascular <u>Variable secundària:</u> resposta hipèrmica a la contracció del múscul.	No hi ha diferències significatives entre grups AO i SR respecte a grup placebo en quan a la resposta hipèrmica davant el dany al teixit muscular durant l'exercici.	No significatiu
<u>Manuel Vicente Garnacho-Castaño</u> 2020 ENTRENAMENT WOD CROSSFIT	ESP	12 participants (29.5 ± 4.3 anys)	3 setmanes	Doble cec, aleatoritzat i creuat	<u>Variable principal:</u> resposta hormonal, metabòlica i mecànica. <u>Variables secundàries:</u> nº repeticions, lactat, nivell de saturació d'oxigen	Es van trobar diferències significatives en el nº de repeticions i el nivell de saturació d'oxigen en la rutina amb descans. En la rutina sense descans no es van trobar diferències significatives ni en nº repeticions, ni lactat, ni saturació d'O2.	Resultat significatiu en rutina amb descans
<u>Jennifer C. Richards</u> 2018	USA	18 participants - 11 homes - 7 dones (25 ± 2 anys)	7 dies	Doble cec aleatoritzat	<u>Variable principal:</u> variació flux sanguini i la seva vasodilatació <u>Variable secundària:</u> hipòxia sistemàtica, mesura plasmàtica de NO3 i el nivell de consum d'O2	Hi ha diferències significatives entre els grups en quan al flux sanguini i la seva vasodilatació. Però no hi ha diferències significatives en el nivell de VO a nivell local del múscul esquelètic.	Resultat significatiu
<u>Jin-Kwang Kim</u> 2014 EXERCICI DE BRAÇ	USA	12 participants (22 ± 2 anys)	1 setmana	Disseny creuat aleatoritzat, doble cec i controlat amb placebo	<u>Variable principal:</u> Valoració flux sanguini (hiperèmia) <u>Variables secundàries:</u>	Resultats significatius en l'augment del flux sanguini del grup BR, relacionat amb l'augment de NO3 al plasma.	Resultat significatiu

					Dilatació de l'artèria braquial durant l'exercici	Sense dilatació arterial braquial	
<u>Masahiro Horiuchi</u> 2017 PROVA INCREMENTAL CICLOERGÒMETRE	JAP	9 participants (21 ± 3 anys)	28 dies	Disseny aleatoritzat cegat i controlat amb placebo.	<u>Variable principal:</u> Ventilació pulmonar (VO2) <u>Variables secundàries:</u> Nivell de hemoglobina desoxigenada i nivell d'oxigenació del múscul	Diferència significativa en l'esgotament en el grup de remolatxa. Això relacionat amb una millora del nivell d'oxigenació del múscul i dels nivells d'hemoglobina desoxigenada.	Resultat Significatiu
Burke, L.M 2021 CURSA DE MUNTANYA	AUS	21 participants	1 mes	Disseny aleatoritzat i creuat.	<u>Variable principal:</u> Nivells d'oxigen en cursa de muntanya. <u>Variables secundàries:</u> Anàlisi de sang Exercici prolongat de 26km	Cap millora de la economia ja que no s'observa canvis en el cost d'oxigen durant l'exercici. Relacionat amb el calibre de intensitat de la prova i el tipus d'esportista.	No significatiu
<u>Carlos Balsalobre-Fernández</u> 2018 CARRERA DE DISTANCIA	ESP	12 Homes (26,3 ± 5,1 anys)	15 dies	Disseny aleatoritzat de doble cec	<u>Variable principal:</u> Temps realització exercici <u>Variables secundàries:</u> Economia de l'exercici VO2Max Paràmetres mecànics	Millores substancials en el temps fins als esgotament dels corredors, no es va veure millores significatives en la economia de la carrera, VO2max i paràmetres mecànics.	Resultat significatiu
<u>Scott Betteridge</u> 2015 CICLOERGÒMETRE	USA	8 participants homes (27 ± 1 anys)	5 dies	Disseny creuat aleatoritzat d'un sol cegament	<u>Variable principal:</u> prova de cicloergòmetre (exercici submàxim) <u>Variables secundàries:</u> consum d'O2, cinètica de la glucosa i metabolisme del múscul.	Hi ha una millora dels paràmetres respecte al grup BJ però no es una diferència significativa. Relacionats amb la dosis.	No significatiu

<p><u>Darren P Casey</u> 2015</p> <p>EXERCICI RÍTMIC AVANTBRAÇ AMB HIPÒXIA I NORMOXIA</p>	USA	<p>25 participants dividits en adults joves i grans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Joves 13 - Grans 12 (grup descartat) 	2 setmanes	Disseny creuat aleatoritzat de doble cec.	<p><u>Variable principal:</u> exercici hipòxic i normòxic</p> <p><u>Variables secundàries:</u> vasodilatació i pressió arterial</p>	<p>No va haver diferències significatives en els adults joves, ni en hipòxia ni normòxia.</p> <p>Si va haver-hi en quan a vasodilatació entre adults grans.</p>	No significatiu en joves.
<p><u>Tom Clifford</u> 2016</p> <p>MARATÓ</p>	UK	34 participants	3 dies	Disseny aleatoritzat de doble cec	<p><u>Variable principal:</u> Inflamació i dany muscular</p> <p><u>Variables secundàries:</u> contraccions voluntàries isomètriques, salts de contramoviment, el dolor muscular, les citoquines sèriques, la leucocitosis, la creatina quinasa (CK), la proteïna C reactiva de alta sensibilitat (hs-CRP) i l'aspartat aminotransferasa</p>	No hi va haver diferències entre els grups placebo i el grup amb suplementació de BJ.	No significatiu.
<p><u>Raúl Domínguez</u> 2017</p> <p>CICLOERGÒMETRE INERCIAL</p>	ESP	15 Homes (21,46 ± 1,72 anys)	5 dies	Disseny creuat aleatoritzat de doble cec	<p><u>Variable principal:</u> El efecte ergonòmic del suc de remolatxa en el cicloergòmetre inercial.</p> <p><u>Variables secundàries:</u> Potència mitja Potència màxima Nivells de lactat en sang</p>	El suc de remolatxa va mostrar millores en la potència màxima, i la potencia mitja en els primers 15s.	Resultat significatiu
<p><u>Manuel Vicente Garnacho Castaño</u> 2018</p> <p>CONTRARELLOTGE DE CICLISME</p>	ESP	12 Homes (39,3 ± 7,5 anys)	1 mes	Disseny creuat aleatoritzat de doble cec	<p><u>Variable principal:</u> Efecte d'una sola dosi de suc de remolatxa</p> <p><u>Variables secundàries:</u> Eficàcia cardio-ventilatoria Eficiència / economia Gast energètic Oxidació carbohidrats i greixos</p>	No es va observar cap efecte de interacció sobre les variables cardio-ventilatories, eficiència/ economia de la contrarellotge, gast energètic, oxidació de carbohidrats i oxidació de greixos.	No significatiu

Google Académico

<p><u>Jean Nyakayiru</u> 2017 Futbol entrenament intermitent</p>	<p>NL</p>	<p>40 Homes (23 ± 1 anys)</p>	<p>6 dies</p>	<p>Disseny creuat aleatoritzat de doble sec</p>	<p><u>Variable principal:</u> Millora del rendiment <u>Variables secundàries:</u> Plasma i saliva Anàlisi estadístic.</p>	<p>6 dies d'ingesta de remolatxa proporcionen millora del rendiment intermitent en jugadors de futbol professionals.</p>	<p>Resultat significatiu</p>
<p><u>Eduardo Cuenca</u> 2018 Exercici sprint 30s</p>	<p>ESP</p>	<p>15 Homes (22,4 ± 1,6 anys)</p>	<p>1 mes</p>	<p>Disseny creuat aleatoritzat de doble sec</p>	<p><u>Variable principal:</u> Rendiment sprint <u>Variables secundàries:</u> Fatiga neuromuscular Lactat en sang</p>	<p>El rendiment d'sprint incrementa, però no disminueix la fatiga.</p>	<p>Resultat significatiu</p>

BIBLIOGRAFIA

- (1) Clifford T, Constantinou CM, Keane KM, West DJ, Howatson G, Stevenson EJ. The plasma bioavailability of nitrate and betanin from *Beta vulgaris rubra* in humans. *Eur J Nutr*. 2017. 56(3):1245-1254.
- (2) Jakubcik EM, Rutherford-Markwick K, Chabert M, Wong M, Ali A. Pharmacokinetics of Nitrate and Nitrite Following Beetroot Juice Drink Consumption. *Nutrients*. 2021. 13(2):281.
- (3) Stanaway L, Rutherford-Markwick K, Page R, Wong M, Jirangrat W, Teh KH, Ali A. Acute Supplementation with Nitrate-Rich Beetroot Juice Causes a Greater Increase in Plasma Nitrite and Reduction in Blood Pressure of Older Compared to Younger Adults. *Nutrients*. 2019. 11(7):1683.
- (4) Waldron M, Waldron L, Lawlor C, Gray A, Highton J. Beetroot supplementation improves the physiological responses to incline walking. *Eur J Appl Physiol*. 2018. 118(6):1131-1141.
- (5) López-Samanes Á, Pérez-López A, Moreno-Pérez V, Nakamura FY, Acebes-Sánchez J, Quintana-Milla I, Sánchez-Oliver AJ, Moreno-Pérez D, Fernández-Elías VE, Domínguez R. Effects of Beetroot Juice Ingestion on Physical Performance in Highly Competitive Tennis Players. *Nutrients*. 2020. 12(2):584.
- (6) Thompson C, Vanhatalo A, Kadach S, Wylie LJ, Fulford J, Ferguson SK, Blackwell JR, Bailey SJ, Jones AM. Discrete physiological effects of beetroot juice and potassium nitrate supplementation following 4-wk sprint interval training. *J Appl Physiol*. 2018. 124(6):1519-1528.
- (7) Serra-Payá N, Garnacho-Castaño MV, Sánchez-Nuño S, Albesa-Albiol L, Girabent-Farrés M, Moizé Arcone L, Fernández AP, García-Fresneda A, Castizo-Olier J, Viñals X, Molina-Raya L, Gomis Bataller M. The Relationship between Resistance Exercise

Performance and Ventilatory Efficiency after Beetroot Juice Intake in Well-Trained Athletes. *Nutrients*. 2021. 13(4):1094.

(8) Tan R, Wylie LJ, Thompson C, Blackwell JR, Bailey SJ, Vanhatalo A, Jones AM. Beetroot juice ingestion during prolonged moderate-intensity exercise attenuates progressive rise in O₂ uptake. *J Appl Physiol*. 2018. 124(5):1254-1263.

(9) Le Roux-Mallouf T, Laurent J, Besset D, Marillier M, Larribaut J, Belaidi E, Corne C, Doutreleau S, Verges S. Effects of acute nitric oxide precursor intake on peripheral and central fatigue during knee extensions in healthy men. *Exp Physiol*. 2019. 104(7):1100-1114.

(10) McDonagh ST, Vanhatalo A, Fulford J, Wylie LJ, Bailey SJ, Jones AM. Dietary nitrate supplementation attenuates the reduction in exercise tolerance following blood donation. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2016. 311(6):H1520-H1529.

(11) Wickham KA, McCarthy DG, Pereira JM, Cervone DT, Verdijk LB, van Loon LJC, Power GA, Spriet LL. No effect of beetroot juice supplementation on exercise economy and performance in recreationally active females despite increased torque production. *Physiol Rep*. 2019.

(12) Fye H, Pass C, Dickman K, Bredahl E, Eckerson J, Siedlik J. The Effect of a Multi-Ingredient Pre-Workout Supplement on Time to Fatigue in NCAA Division I Cross-Country Athletes. *Nutrients*. 2021. 13(6):1823

(13) Shannon OM, Barlow MJ, Duckworth L, Williams E, Wort G, Woods D, Siervo M, O'Hara JP. Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. *Eur J Appl Physiol*. 2017. 117(4):775-785.

(14) Miraftabi H, Avazpoor Z, Berjisian E, Sarshin A, Rezaei S, Domínguez R, Reale R, Franchini E, Samanipour MH, Koozehchian MS, Willems MET, Rafiei R, Naderi A. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cognitive Function, Aerobic and Anaerobic

Performances of Trained Male Taekwondo Athletes: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021. 18(19):10202.

(15) Ranchal-Sanchez A, Diaz-Bernier VM, De La Florida-Villagran CA, Llorente-Cantarero FJ, Campos-Perez J, Jurado-Castro JM. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. *Nutrients*. 2020. 12(7):1912.

(16) Notay K, Incognito AV, Millar PJ. Acute beetroot juice supplementation on sympathetic nerve activity: a randomized, double-blind, placebo-controlled proof-of-concept study. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2017. 313(1):H59-H65.

(17) Larsen RG, Thomsen JM, Hirata RP, Steffensen R, Poulsen ER, Frøkjær JB, Graven-Nielsen T. Impaired microvascular reactivity after eccentric muscle contractions is not restored by acute ingestion of antioxidants or dietary nitrate. *Physiol Rep*. 2019.

(18) Garnacho-Castaño MV, Palau-Salvà G, Serra-Payá N, Ruiz-Hermosel M, Berbell M, Viñals X, Bataller MG, Carbonell T, Vilches-Saez S, Cobo EP, Molina-Raya L. Understanding the effects of beetroot juice intake on CrossFit performance by assessing hormonal, metabolic and mechanical response: a randomized, double-blind, crossover design. *J Int Soc Sports Nutr*. 2020. 17(1):56.

(19) Richards JC, Racine ML, Hearon CM Jr, Kunkel M, Luckasen GJ, Larson DG, Allen JD, Dinunno FA. Acute ingestion of dietary nitrate increases muscle blood flow via local vasodilation during handgrip exercise in young adults. *Physiol Rep*. 2018.

(20) Kim JK, Moore DJ, Maurer DG, Kim-Shapiro DB, Basu S, Flanagan MP, Skulas-Ray AC, Kris-Etherton P, Proctor DN. Acute dietary nitrate supplementation does not augment submaximal forearm exercise hyperemia in healthy young men. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015. 40(2):122-8.

- (21) Horiuchi M, Endo J, Dobashi S, Handa Y, Kiuchi M, Koyama K. Muscle oxygenation profiles between active and inactive muscles with nitrate supplementation under hypoxic exercise. *Physiol Rep*. 2017.
- (22) Burke LM, Hall R, Heikura IA, Ross ML, Tee N, Kent GL, Whitfield J, Forbes SF, Sharma AP, Jones AM, Peeling P, Blackwell JR, Mujika I, Mackay K, Koziol M, Vallance B, McKay AKA. Neither Beetroot Juice Supplementation nor Increased Carbohydrate Oxidation Enhance Economy of Prolonged Exercise in Elite Race Walkers. *Nutrients*. 2021. 13(8):2767.
- (23) Balsalobre-Fernández C, Romero-Moraleda B, Cupeiro R, Peinado AB, Butragueño J, Benito PJ. The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. *PLoS One*. 2018.
- (24) Betteridge S, Bescós R, Martorell M, Pons A, Garnham AP, Stathis CC, McConell GK. No effect of acute beetroot juice ingestion on oxygen consumption, glucose kinetics, or skeletal muscle metabolism during submaximal exercise in males. *J Appl Physiol (1985)*. 2016. 120(4):391-8.
- (25) Casey DP, Treichler DP, Ganger CT 4th, Schneider AC, Ueda K. Acute dietary nitrate supplementation enhances compensatory vasodilation during hypoxic exercise in older adults. *J Appl Physiol (1985)*. 2015. 118(2):178-86.
- (26) Clifford T, Allerton DM, Brown MA, Harper L, Horsburgh S, Keane KM, Stevenson EJ, Howatson G. Minimal muscle damage after a marathon and no influence of beetroot juice on inflammation and recovery. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017. 42(3):263-270.
- (27) Domínguez R, Garnacho-Castaño MV, Cuenca E, García-Fernández P, Muñoz-González A, de Jesús F, Lozano-Estevan MDC, Fernandes da Silva S, Veiga-Herreros P, Maté-Muñoz JL. Effects of Beetroot Juice Supplementation on a 30-s High-Intensity Inertial Cycle Ergometer Test. *Nutrients*. 2017. 9(12):1360.

(28) Garnacho-Castaño MV, Palau-Salvà G, Cuenca E, Muñoz-González A, García-Fernández P, Del Carmen Lozano-Estevan M, Veiga-Herreros P, Maté-Muñoz JL, Domínguez R. Effects of a single dose of beetroot juice on cycling time trial performance at ventilatory thresholds intensity in male triathletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018. 15(1):49.

(29) Nyakayiru J, Jonvik KL, Trommelen J, Pinckaers PJM, Senden JM, Van Loon LJC, Verdijk LB. Beetroot Juice Supplementation Improves High-Intensity Intermittent Type Exercise Performance in Trained Soccer Players. *Nutrients.* 2017. 9(3):314.

(30) Cuenca E, Jodra P, Pérez-López A, González-Rodríguez LG, Fernandes da Silva S, Veiga-Herreros P, Domínguez R. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Performance and Fatigue in a 30-s All-Out Sprint Exercise: A Randomized, Double-Blind Cross-Over Study. *Nutrients.* 2018. 10(9):1222.