



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Facultat de Farmàcia
i Ciències de l'Alimentació



Campus
de l'Alimentació

Universitat de Barcelona

Efectes del dejú intermitent sobre el rendiment físic i la composició corporal

Treball Final de Grau: treball d'aprofundiment

Juny de 2021

Grau de Nutrició Humana i Dietètica

Departament de Nutrició, Ciències de l'Alimentació i Gastronomia

Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

Universitat de Barcelona

Layla Kadri Chaoui



Aquesta obra està subjecta a una llicència [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).



Revisió bibliogràfica

Efectes del dejú intermitent sobre el rendiment físic i la composició corporal

Layla Kadri Chaoui ¹

Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Campus de l'Alimentació de Torribera, Universitat de Barcelona.

¹ Correspondència: lkadrich7@alumnes.ub.edu

Resum: Actualment existeix un interès envers al dejú intermitent (DI) com a estratègia nutricional per a la millora del rendiment físic. Aquesta revisió té com a objectiu examinar l'efecte del DI – alimentació restringida en el temps (ART) i dejú intermitent durant el Ramadà (DIR) – sobre el rendiment físic, la composició corporal, les adaptacions metabòliques i els canvis hormonals. Els estudis s'han obtingut a través de la cerca en diverses bases de dades – PubMed, Web of Science i Google Scholar – i s'han seleccionat les publicacions posteriors a l'any 2015. El rendiment físic ha mostrat canvis heterogenis, s'han detectat reduccions significatives, tot i que seguides d'una posterior recuperació en molts dels casos; la força muscular ha mostrat ambdós: tant una millora com un empitjorament. En quan a la composició corporal s'indica una tendència a la pèrdua de massa de greix juntament amb un manteniment i/o pèrdua de la massa muscular. Així mateix, s'han detectat adaptacions metabòliques com la millora de la flexibilitat metabòlica, de les concentracions sanguínies de glucosa i variacions en el perfil lipídic. Els canvis hormonals han afectat majoritàriament a la insulina i a les hormones anabòliques. En relació al rendiment físic no s'ha pogut arribar a una conclusió clara degut a la heterogeneïtat dels resultats, tanmateix es pot afirmar una millora de la composició corporal. Futures línies d'investigació son necessàries per poder abastar una conclusió més acurada.

Paraules clau: “dejú intermitent”, “exercici”, “esport”, “composició corporal”, “Ramadà” i “flexibilitat metabòlica”.

Abstract: There is currently an interest in intermittent fasting (IF) as a nutritional strategy for improving physical performance. This review aims to examine the effect of IF - time-restricted eating (TRE) and intermittent fasting during Ramadan (IDR) - on physical performance, body composition, metabolic adaptations and hormonal changes. The studies were obtained through search in various databases - PubMed, Web of Science and Google Scholar - and selected publications after 2015. Physical performance has shown heterogeneous changes, significant reductions have been detected, although followed by a subsequent recovery in many cases; muscle strength has shown both an improvement and a worsening. Body composition indicates a tendency to lose fat mass along with maintenance and / or loss of muscle mass. Metabolic adaptations such as improved metabolic flexibility, blood glucose levels and variations in lipid profile have also been shown. Hormonal changes have mostly affected insulin and anabolic hormones. In relation to physical performance no clear conclusion can be reached due to the heterogeneity of the results, however an improvement in body composition can be stated. Future research lines are necessary to be able to provide a more accurate conclusion.

Key words: “intermittent fasting”, “exercise”, “sport”, “body composition”, “Ramadan” and “metabolic flexibility”.

1. Introducció

Entre les finalitats principals de les persones actives físicament s'identifiquen la millora del rendiment i la optimització de la composició corporal, mitjançant la reducció del greix total i l'augment de la massa muscular, entre d'altres. Per l'assoliment d'aquestes finalitats es duen a terme diferents estratègies, com pot ser l'entrenament físic sota diferents condicions que permetin l'adaptació corporal. La nutrició també juga un paper molt important en l'àmbit esportiu, utilitzada com a eina per a la millora del rendiment. Durant l'última dècada la investigació científica en el marc de la nutrició esportiva ha

anat en augment, en busca de noves estratègies efectives per a una variació positiva en la capacitat física, donant lloc a una ciència en constant creixement [1].

En els darrers anys s'ha instaurat un interès pel dejú intermitent (DI) com a estratègia nutricional de millora física, però la majoria de les investigacions sobre aquest règim dietètic es centren en la pèrdua de pes i la salut metabòlica i cardiovascular [2-6], és per aquest motiu que en aquesta revisió ens enfocarem en l'estudi de l'efecte que es produeix sobre el cos degut al DI en l'activitat física i la composició corporal.

El DI és un règim alimentari que, contràriament a les dietes restrictives en calories, no es centra en la restricció energètica sinó que consisteix en el control del temps en el que la ingesta alimentària està permesa - finestra d'alimentació -. Durant aquest període, la ingesta alimentària no està limitada, se segueix una dieta lliure [7]. Existeixen diferents tipus de DI (Taula 1): dieta 5:2 o dejú periòdic, dejú en dies alterns (DDA), alimentació restringida en el temps (ART) i dejú intermitent durant el Ramadà (DIR) [8].

Taula 1. En aquesta taula s'inclouen les diferents característiques de cada tipus de DI. (Elaboració pròpia)

Tipus de DI	Característiques del règim dietètic
Dieta 5:2 o dejú periòdic	2 dies de dejú (0-25% de les necessitats calòriques) combinats amb 5 dies d'alimentació lliure
DDA	Alternar entre un dia de dejú (0-25% de les necessitats calòriques en un sol àpat) i un dia d'alimentació lliure
ART	Alimentació normal en una finestra d'alimentació específica, menor a 8 hores
DIR	Dejú durant un mes anual des de la sortida fins la posta del sol. Abstenció d'alimentació i d'hidratació.

DI: dejú intermitent; DDA: dejú en dies alterns; ART: alimentació restringida en el temps; DIR: dejú intermitent durant el Ramadà.

En el present treball s'estudiaran les variacions del rendiment físic, així com els canvis en la composició corporal derivades del DI. La composició corporal es refereix a la quantitat que ocupa cada compartiment en el cos: la massa grassa, el múscul esquelètic, la massa òssia i l'aigua corporal – intracel·lular i extracel·lular -. Ens centrarem en els canvis produïts en la massa grassa i la massa muscular degut a la seva intervenció en la capacitat física, ja que una massa muscular alta combinada amb una massa grassa més reduïda és indicadora d'un alt nivell d'activitat, i a la inversa [9].

Un altre de les finalitats que s'intenta assolir per una adequació de la capacitat física es la millora de la flexibilitat metabòlica. La flexibilitat metabòlica és la capacitat de l'organisme d'alternar entre la utilització dels diferents combustibles – carbohidrats (CH) o àcids grassos (AG) – i les seves respectives rutes catabòliques segons la demanda metabòlica i l'activitat física que es dona en el moment, també intervé la condició de si l'organisme es troba en un estat postprandial o en dejú [6,10]. Si enfoquem el concepte de la flexibilitat metabòlica a l'exercici, aquesta tracta sobre la capacitat de satisfer les demandes energètiques mitjançant la disponibilitat del combustible adequat a la duració i intensitat de l'exercici. Aiximateix, la flexibilitat metabòlica està correlacionada amb la composició corporal, ja que els teixits muscular i adipós són fonamentals en el metabolisme energètic i s'ha comprovat que l'entrenament físic pot augmentar la taxa d'oxidació d'AG durant l'exercici i en repòs [10]. La millora de la flexibilitat metabòlica i l'augment de la oxidació d'AG afecta a l'activitat física ja que la disponibilitat de teixit adipós és major que la dels CH, per tant el combustible utilitzable no s'esgotarà produint un augment de la resistència.

Per últim, també s'ha de tenir en compte el possible efecte del DI sobre els canvis hormonals, ja que el sistema endocrí juga un paper important en l'activitat física i la composició corporal.

L'objectiu principal d'aquest treball bibliogràfic és avaluar com afecta el DI al rendiment físic juntament amb els canvis en la composició corporal en subjectes sotmesos, o no, a un programa d'activitat física. Com a objectius secundaris s'observaran les conseqüències d'aquests plans dietètics en les adaptacions metabòliques i en els canvis hormonals.

2. Metodologia

2.1. Fonts de dades

Per dur a terme la present revisió bibliogràfica s'han consultat tres bases de dades diferents: PubMed, Web of Science i Google Scholar. S'ha realitzat la cerca en llengua anglesa, mitjançant diverses combinacions conformades per les següents paraules clau: “dejú intermitent”, “exercici”, “esport”, “composició corporal”, “Ramadà” i “flexibilitat metabòlica”. La recerca s'ha efectuat fent servir els operadors booleans (AND, OR, NOT, (), “”) com a connectors entre els descriptors en les diferents combinacions esmentades.

2.2. Selecció d'estudis

Amb l'objectiu de seleccionar articles de qualitat i extreure una conclusió acurada, s'han filtrat els estudis obtinguts de les diverses cerques mitjançant diferents criteris d'inclusió i exclusió (Taula 2). Els articles escollits inclouen assaigs realitzats científics així com revisions sistemàtiques, ja que son el tipus d'estudi de més qualitat científica. Un altre factor decisiu durant la tria va ser la mostra d'estudi, únicament s'ha admès investigacions realitzades en humans -exemptes de malalties-, quedant descartats tots els assaigs que inclouen animals o microorganismes. Tanmateix, s'ha fet ús d'estudis publicats a partir de l'any 2015, excloent-se publicacions anteriors a aquesta data.

Taula 2. Taula representativa dels criteris d'inclusió i d'exclusió seguits per a la selecció dels estudis en els quals es basa la present investigació bibliogràfica. (Elaboració pròpia)

Criteris	Inclusió	Exclusió
Tipus d'estudi	Revisions sistemàtiques, assaigs clínics, estudis pilot	Estudis observacionals
Subjectes d'estudi	Estudis en humans i subjectes sans	Estudis en animals i subjectes malalts
Any de publicació	Posterior al 2015	Anterior al 2015

3. Resultats

3.1. Resultats de la cerca

Després de realitzar la cerca en les bases de dades anteriorment esmentades, s'han obtingut un total de 76 articles. Seguint els criteris d'inclusió i exclusió (Taula 2) s'han filtrat un total de 22 articles que s'han revisat i utilitzat com a base per dur a terme aquesta investigació. Del total de 22 articles inclosos, 14 son assaigs clínics, 1 estudi pilot i 5 son revisions sistemàtiques. En l'Annex 1 es poden observar les característiques dels 16 assaigs clínics introduïts en aquest anàlisi.

3.2. Efectes del dejú intermitent sobre l'activitat física

Segons la literatura científica, l'exercici d'alta intensitat depèn principalment dels CH com a combustible energètic [11], per consegüent caldrà valorar l'efecte del DI sobre aquest tipus d'exercici atès que la disponibilitat d'aquest és escassa en el període d'abstenció alimentària, afectant a les reserves endògenes de glucogen. En un estudi realitzat l'any 2018 que va consistir en una intervenció de 10 dies basada en un test anaeròbic i exercici d'alta intensitat, mostrà una reducció del rendiment a partir del segon dia en un 3,05% en la prova anaeròbica de Wingate, però en contraposició es va observar una recuperació d'aquest a partir del quart dia. A més a més, es van portar a terme sessions de ciclisme d'alta intensitat perllongada, observant-se una disminució dels temps de resistència fins l'esgotament el segon

dia de la prova, amb una recuperació d'aquest durant els dies posteriors que va anar en constant augment fins al final de l'estudi, tot i que no es va recuperar el valor inicial. Per tant existeix una tendència a la recuperació del rendiment en els grups del DI [12]. També es van valorar les diferències de l'impacte sobre l'exercici d'alta intensitat en bicicleta, comparant l'efecte del DIR amb el d'una dieta lliure [13], mostrant-se una disminució de la $VO_2\text{màx}$ indicant una davallada de la capacitat aeròbica i de la forma cardiorespiratòria; tot i així, quan es comparà el valor de $VO_2\text{màx}$ dels assajos realitzats un període després del Ramadà amb el període pre-Ramadà, no s'observaren diferències significatives. Al mateix temps, es va calcular l'esforç d'alta intensitat en una prova de carrera de 55 metres contemplant-se un augment del temps en el que es realitza la carrera, indicant així una disminució de l'esforç d'alta intensitat.

Seguint en aquesta línia, trobem la investigació d'Aziz i col·laboradors [14] realitzada en jugadors de futbol practicants del Ramadà, amb un dejú diari de 14 hores, on els propis subjectes experimentals van servir com a control ja que les proves es van realitzar una setmana abans del Ramadà (CON1), la tercera setmana del Ramadà (RAM) i 15 dies després de que acabés (CON2). Es va avaluar l'exercici mitjançant una prova que combinava activitats de diferents velocitats, en unes condicions ambientals òptimes. El temps d'esprint va ser més lent en les proves realitzades durant el RAM que en el CON1 i CON2, reflectint així una disminució del rendiment futbolístic. Malgrat aquesta reducció de la velocitat de l'esprint durant el Ramadà, posteriorment es va donar la recuperació del ritme inicial. També es va valorar la contracció isomètrica voluntària màxima (CIVM) sense observar canvis, resultat poc esperat ja que es preveia una major fatiga i disminució de la capacitat funcional del múscul de la cama [14]. Efectes contradictoris es mostren en un altre estudi [15] que ha avaluat la funció neuromuscular mitjançant l'observació de la força produïda durant la CIVM del genoll dominant, superposada amb estimulació elèctrica nerviosa, i la funció de l'activitat muscular conjuntament amb una electromiografia que ha registrat les senyals del múscul vast lateral, vast medial i recte femoral. Cada contracció ha durat 5 segons amb una recuperació de 3 minuts entre cadascuna. Durant la primera i la quarta setmana del Ramadà s'ha mostrat un perjudici de la producció de força muscular ja que s'ha observat una reducció significativa tant de la CIVM com del nivell d'activació muscular voluntària, amb una recuperació d'aquesta en les dues setmanes posteriors al Ramadà. L'eficiència neuromuscular no s'ha vist significativament reduïda durant el DIR.

Recolzant aquestes troballes, Cherif i col·laboradors [16] van observar les reduccions de la velocitat i la potencia dels esprints durant el Ramadà. Existeix un buit literari en quan a l'avaluació de l'efecte del Ramadà sobre el rendiment en els entrenaments de resistència, tanmateix s'ha observat que aquest no disminueix si es manté l'aportació calòrica diària i l'horari habitual de son [17].

Part de la investigació ha mostrat resultats heterogenis en quant a la millora de la resistència durant la pràctica d'esports en el mes del Ramadà, com pot ser una davallada en la capacitat de resistència o un efecte nul sobre aquesta, però sense millores notables [17]. En quant a la força, programes d'entrenament de resistència combinats amb una ART [18], van mostrar un augment de la força màxima i de la resistència en exercicis com la *press banca* i l'exercici de trineu de maluc (Taula 3) [18] així com en exercici de premsa de cames [19], no obstant això sense diferències significatives amb el grup control, que seguia una dieta normal. Tot i així, un estudi que s'ha realitzat durant 4 setmanes no ha observat aquests canvis en la força ni en la resistència muscular [20], encara que sí s'ha vist una millora en el rendiment muscular. Si ens centrem en els canvis de força durant el Ramadà, no es van apreciar variacions significatives ni en el tronc inferior ni en el superior, tampoc en la CIVM [14]. Pel que fa a l'activitat física d'alta i moderada intensitat i la despesa energètica total, aquestes es redueixen durant la primera i última setmana del mes respecte la setmana prèvia. Malgrat això, tant l'activitat de moderada com de baixa intensitat, tornen a augmentar durant l'última setmana d'aquest mes (Figura 1) [21].

Taula 3. Resultats de la variació en la força màxima i la resistència en *press banca* i exercici de trineu de maluc. (Adaptada de: Tinsley et al, 2016)

Exercici	Grup	Abans de la intervenció	4 setmanes	8 setmanes
1-RM <i>press banca</i> (kg)	ER-DN	74 ± 18	78 ± 20	81 ± 16
	ER-ART	83 ± 25	88 ± 24	93 ± 24
Resistència <i>press banca</i> (repeticions)	ER-DN	14 ± 3	15 ± 2	13 ± 3
	ER-ART	15 ± 2	16 ± 1	16 ± 3
1-RM trineu de maluc	ER-DN	285 ± 71	324 ± 75	359 ± 98
	ER-ART	326 ± 78	403 ± 99	445 ± 116
Resistència trineu de maluc (repeticions)	ER-DN	17 ± 10	21 ± 10	23 ± 11
	ER-ART	15 ± 4	18 ± 7	20 ± 3

ER-ART: entrenament de resistència – alimentació restringida en el temps; ER-DN: entrenament de resistència – dieta normal; 1-RM: 1- repetició màxima.

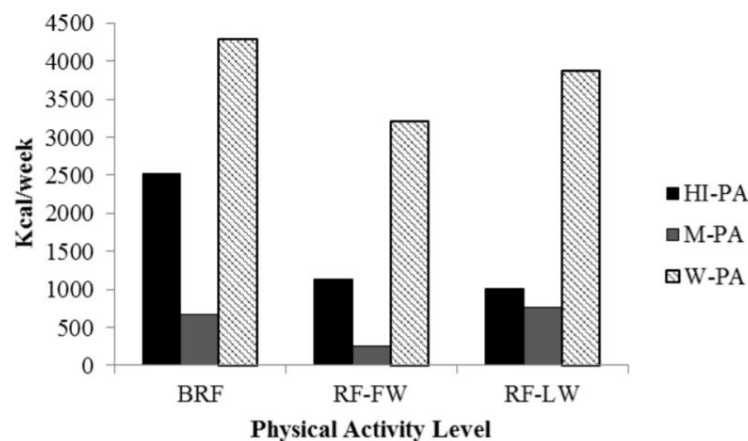


Figura 1. Aquesta gràfica mostra la variació de la despesa energètica emprada en l'activitat física de diferents intensitats i durant els diferents períodes d'avaluació. BRF: abans del Ramadà; HI-PA: activitat física d'alta intensitat; M-PA: activitat física d'intensitat moderada; RF-FW: primera setmana del Ramadà; RF-LW: última setmana del Ramadà; W-PA: activitat física de baixa intensitat. (Extreta de: Kocaaga et al, 2019)

Fins ara ens hem centrat en l'ART que comporta una disminució o un manteniment de la ingesta energètica habitual, a banda d'això hem analitzat estudis que segueixen aquest règim implicant un augment de la ingesta energètica on s'ha observat un increment tant en el volum de l'entrenament de resistència com en la força màxima i la resistència muscular, encara que sense diferències amb el grup control [22]. Aquest estudi experimentava amb tres grups diferents, un grup control amb una dieta lliure, un grup amb una ART i un grup amb una ART suplementada amb HMB. L'augment de la ingesta energètica és degut a la suplementació amb proteïna de sèrum de llet, que amb l'objectiu d'assegurar una ingesta proteica adequada per a la hipertrofia muscular [23], l'aportació proteica va ser de 1,6g/kg/dia.

3.3. Canvis en la composició corporal

La composició corporal es veu afectada segons el tipus de règim alimentari escollit. A nivell general s'ha observat una reducció del pes corporal i de la massa de greix sense una afectació de la massa muscular.

Centrant-nos en el pes corporal, durant el Ramadà [21] s'han recollit dades que mostren una reducció significativa d'aquest entre la setmana prèvia i la última del mes (Figura 2a), juntament amb

uns valors del percentatge de massa grassa de $13.09 \pm 4.74\%$ i $11.77 \pm 4.09\%$, en la setmana prèvia i l'última del mes de dejuni (Figura 2b), respectivament. Altrament, la massa lliure de greix no ha patit cap alteració significativa (Figura 2c). Cal destacar que es va reduir el consum energètic, proteic i de CH sense l'alteració del consum de greixos i de la ingesta total de líquids. En un altre cas, també va resultar aquesta reducció del pes, tot i que passat el mes de dejú s'ha tornat a recuperar [24].

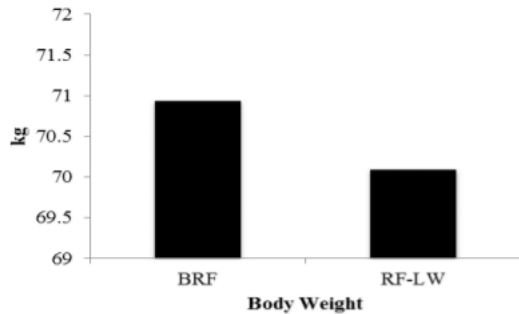


Figura 2a. Variació del pes corporal durant el Ramadà. BRF: abans del Ramadà; RF-LW: última setmana del Ramadà. (Extreta de: Kocaaga et al, 2019)

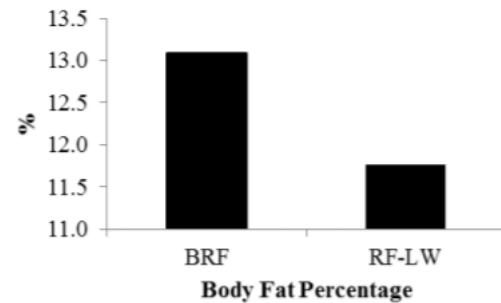


Figura 2b. Variació del % de greix corporal durant el Ramadà. BRF: abans del Ramadà; RF-LW: última setmana del Ramadà. (Extreta de: Kocaaga et al, 2019)

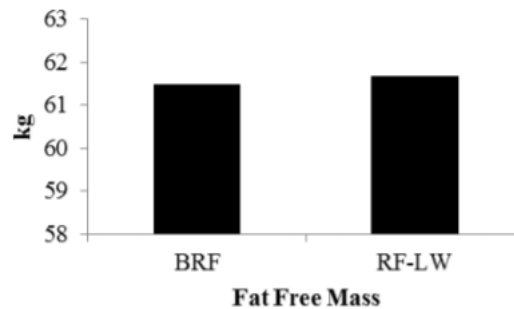


Figura 2c. Variació de la massa lliure de greix durant el Ramadà. BRF: abans del Ramadà; RF-LW: última setmana del Ramadà. (Extreta de: Kocaaga et al, 2019)

Revisant part de la investigació relacionada amb la variació de la massa magra corporal en subjectes sotmesos al DI i a programes d'entrenament de resistència, Keenan i col·laboradors no han observat observaren un augment estadísticament significatiu d'aquesta, per contra tampoc s'ha advertit una pèrdua. Es pot dir que la massa magra té una tendència a mantenir-se, tot i que quatre de les investigacions que van mostrar un augment només en una d'elles els resultats indicaren significació estadística; cal puntualitzar que juntament amb l'augment de massa muscular es va observar un augment de pes degut a un superàvit calòric, en conseqüència no està clar fins a quin punt el DI ha influenciat en aquest increment de massa magra. Un dels estudis inclosos en la revisió de Keenan, va mostrar una reducció de la massa magra corporal sense ser significativament diferent als altres grups implicats en la investigació [25], de manera que el motiu d'aquesta reducció pot ser deguda a la disminució de la ingesta energètica implementada durant les intervencions, també cal puntualitzar que la ingesta de proteïnes no estava controlada i possiblement hagués disminuït donant lloc a una de les causes de la hipotròfia muscular [25]. En la mateixa línia, l'assaig realitzat per Stratton i col·laboradors [20] recalca les troballes examinades per Keenan, ja que mostra un manteniment de la massa magra, indicant que aquesta no disminueix en un programa de DI si els subjectes mantenen una ingesta elevada de proteïnes i un adequat programa d'entrenament.

S'ha comprovat que, portant-se a terme un augment de la ingesta energètica i assegurant l'aportació proteica combinada amb sessions d'entrenament de resistència i una ART, es produeix un augment de la massa muscular i una disminució de la massa grassa juntament amb el percentatge de greix corporal (Figura 3). Tot i així, no és possible relacionar aquests canvis positius en la composició corporal únicament a la ART, ja que hi ha altres variables controlades molt importants en la hipertròfia muscular

- aportació proteica, energètica i entrenament de resistència -, a més de que no s'han observat diferències significatives amb els altres grups d'intervenció - dieta normal, ART, ART + suplementació amb β -hidroxi- β -metilbutirat (HMB) - [22].

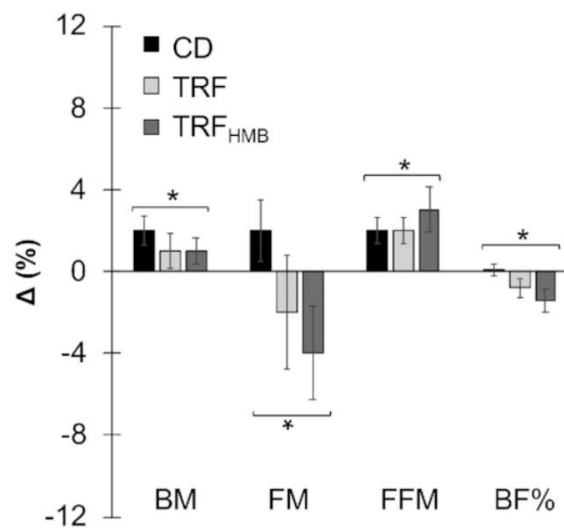


Figura 3. Aquesta gràfica mostra la variació en la composició corporal durant 8 setmanes d'entrenament i diferents règims dietètics. %BF: percentatge de greix corporal; ; BM: massa corporal; CD: dieta normal; FFM: massa lliure de greix; FM: massa grassa; TRF: alimentació restringida en el temps; TRF_{HMB}: ART+ β -hidroxi- β -metilbutirat. (Extreta de: Tinsley et al, 2019)

En relació a la massa grassa corporal o al percentatge de massa grassa està demostrada una reducció estadísticament significativa en individus practicants d'una ART [20,26]. En cinc investigacions diferents s'ha observat que el greix corporal es va reduir en una mitjana d'entre 0,7kg i 2,7kg, en termes de percentatges la reducció va ser entre el 0,8% i el 2,5% del greix corporal. Els resultats obtinguts en l'estudi pilot realitzat l'any 2018 [26], recolzen la conclusió obtinguda per Keenan amb la comprovació de que 8 setmanes d'ART combinada amb entrenament de resistència produeixen una disminució significativa de la massa de greix, mantenint la massa lliure de greix, en comparació amb una dieta lliure.

En el cas del DI en forma de DDA, afavoreix la retenció de massa lliure de greix en comparació amb dietes restrictives en energia [27]; o fins i tot, segons indiquen Tinsley i Bounty, podria condicionar una reducció d'aquesta depenent de l'aportació calòrica durant dia de dejú - que pot ser nul·la o constituir el 25% de les necessitats energètiques - [28]. En canvi, si es compara la diferència dels canvis produïts en la composició corporal en un règim de DI amb una restricció calòrica diària, es mostren resultats heterogenis que inclouen per una part un manteniment de la composició [29] i per l'altra una reducció mitja del 1.55% la massa corporal en el grup que segueix un DI [12].

Per una banda, es va demostrar que el DI pot ser un mètode eficaç per a la pèrdua de pes significativa, més accentuada si es combina amb exercici físic, mitjançant l'observació de reduccions des de 2,1kg en 3 setmanes fins a 16,6kg en 20 setmanes [3]. Per altra banda, en el DIR aquesta pèrdua de pes s'ha mostrat diversa, o no ha tingut cap significació estadística [13] o va mostrar una reducció significativa del pes corporal i l'IMC en 152 homes [24], encara que s'han recuperat els valors inicials dues setmanes després de la finalització de la intervenció.

El DI també ha mostrat reduccions de l'adipositat, de la massa grassa, del percentatge de greix corporal [3,30], de la massa lliure de greix - en menor mesura - i d'altres paràmetres antropomètrics com son la circumferència de la cintura i la circumferència del maluc. En consonància amb aquests resultats, trobem que les investigacions efectuades en diversos programes de DIR [24] mostren una reducció de la massa magra, del greix corporal i del percentatge de greix total que van seguits d'una posterior recuperació dels valors registrats en la fase inicial de l'estudi.

Part de la investigació científica no ha percebut canvis estadísticament significatius en la composició corporal [18,19] ni en la massa corporal o l'IMC [15] o pel contrari, sí que han observat

reduccions de la massa grassa però sense significació clínica [31]. Cal destacar que segons l'estudi de Tinsley i col·laboradors encara que no es va advertir una disminució del teixit magre, tampoc va detectar-se un augment d'aquest, per tant l'ART podria haver interromput la hipertrofia muscular que es donaria en un programa d'entrenament de resistència [18].

3.4. Adaptacions metabòliques

Durant els programes de dejú s'ha vist un canvi en el patró d'utilització dels diferents combustibles energètics metabòlics, observant-se una disminució de la oxidació dels CH juntament amb un augment de la oxidació dels AG, i dels processos de cetogènesi i gluconeogènesi. Durant el DIR, es va mostrar una atenuació de la capacitat glucolítica i de la velocitat de reposició de les reserves de fosfat de creatina muscular, factors causants de la reducció del rendiment aeròbic [13]. També s'observà una reducció del coeficient de respiració en repòs en varis estudis [19,32], mostrant diferències principalment durant la nit, quan es compara una ART amb una dieta normal, arribant a valors per sota de 0,71 (Figura 4) [32] aquest resultat indica una major dependència dels greixos com a font d'energia, i com a conseqüència una major oxidació d'aquests i un augment de la flexibilitat metabòlica (Figura 4). A més, s'ha observat un augment de la oxidació de proteïnes que s'hauria de tenir en compte en futurs estudis per avaluar si afecta a la depleció de la massa muscular esquelètica [32].

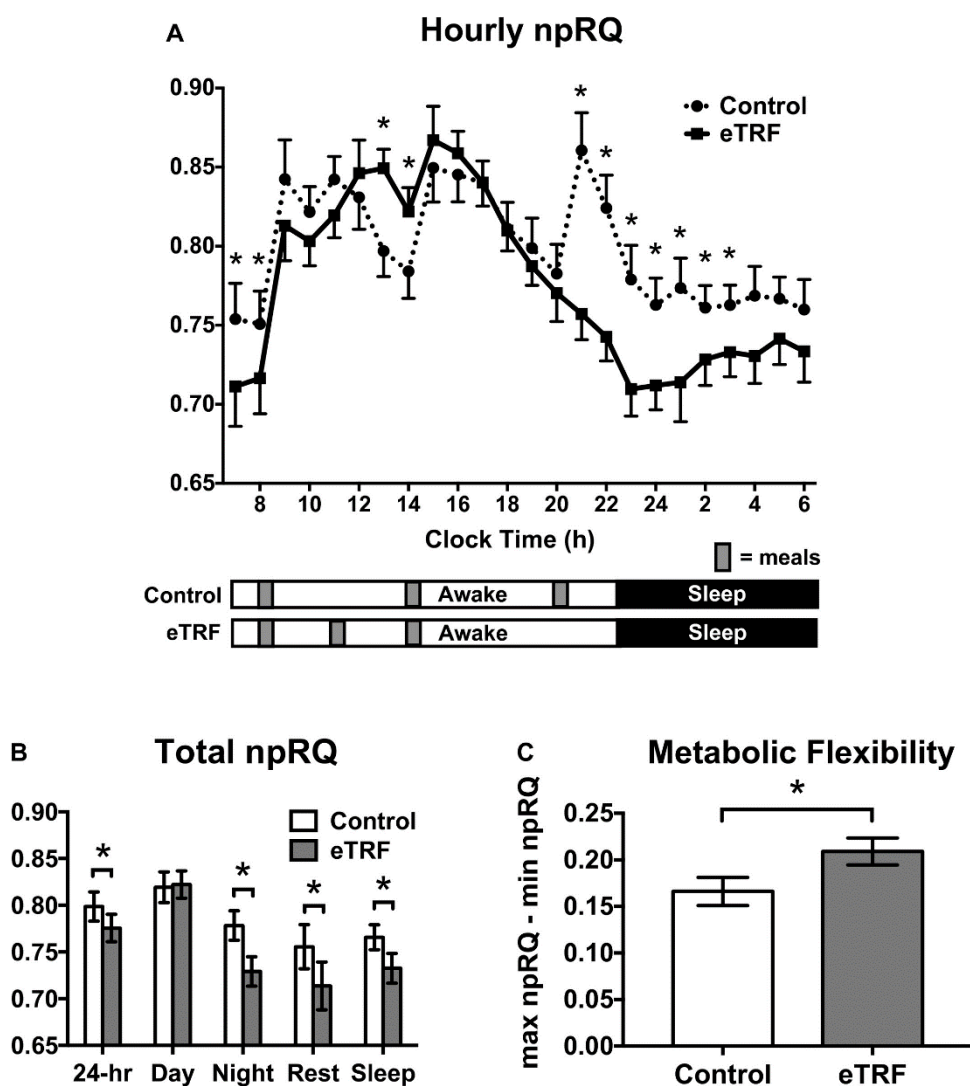


Figura 4. (A): Es mostra la oscil·lació del coeficient respiratori no proteic durant el dia, comparant una dieta control amb una ART, observant una diferència clara durant la nit. **(B):** Gràfica que indica la disminució del coeficient respiratori no proteic al llarg de les 24h, gràcies a la disminució d'aquest durant la nit i durant el matí mentre els subjectes estaven en dejú. **(C):** S'indica l'augment de la flexibilitat metabòlica, que es defineix com la diferència

entre els valors màxim i mínim del coeficient respiratori no proteic registrats durant les 24h, en el grup experimental comparat amb el grup control. (Extreta de: Ravussin et al, 2019)

Actualment, degut a la facilitat d'accés i la gran disponibilitat de menjar els estats postprandials són més freqüents durant el dia, donant lloc a una continua secreció d'insulina i un empitjorament del metabolisme dels CH. S'ha comprovat que si es disminueixen aquests estats de post absorció mitjançant dejunis més prolongats, es produeixen canvis metabòlics com la millora de la glucèmia i una alteració en el patró d'utilització dels substrats com a combustible energètic.

Durant règims d'ART es produeix una reducció en els nivells de glucosa i d'insulina sanguínies així com una millora de la sensibilitat a la insulina [19]. Altrament, també s'han mostrat resultats contradictoris en estudis on no s'han detectat canvis en la concentració sanguínia de la insulina ni de les diferents variables metabòliques [22]. L'estudi realitzat en futbolistes durant el Ramadà tampoc va mostrar variació en la concentració de la glucosa entre les tres condicions experimentals (RAM, CON1 i CON2), mantenint uns valors normals mentre es realitza exercici inclús durant el dejú [14]. Resultats contradictoris s'han observat durant el DIR en el nivell de glucosa sanguínia [24], detectant-se una disminució d'aquesta en el Ramadà encara que aquest efecte no ha persistit en el temps, ja que quan s'ha tornat a monitoritzar un mes després, s'ha observat un valor inclús superior al enregistrar abans de l'inici del mes de dejú. També s'ha mesurat la sensibilitat a la insulina mitjançant l'índex HOMA-IR, observant-se un augment d'aquesta durant el Ramadà el qual torna a disminuir, encara que no s'arriba a recuperar el valor inicial.

El perfil lipídic també va mostrar variacions degudes a la implementació dels diferents règims de DI avaluats - ART i DIR - detectant-se un augment de la concentració sanguínia de c-HDL en règims de ART [3] i sense canvis en els nivells de c-LDL. En quan el DIR, es va observar un augment del c-LDL que posteriorment disminueix, encara que sense recobrar els valors inicials; el c-HDL no s'ha vist alterat; els nivells de TG van disminuir significativament malgrat que s'han recuperat acceleradament i fins i tot han superat els valors registrats a l'inici del mes [24].

3.5. Canvis hormonal

Durant el DI s'han vist varis canvis en el perfil de les hormones que regulen la gana i la sacietat. Dintre d'aquestes trobem: el pèptid similar al glucagó tipo 1 (GLP-1) que és una hormona polipeptídica que indueix sacietat ja que redueix la velocitat del buidament gàstric; el polipèptid pancreàtic (PPY); la grelina; i la colecistoquinina (CCK).

Quan en l'intestí prim es detecta la presència de nutrients, s'inhibeix la secreció de grelina, que és l'hormona de la gana, i s'activa la secreció del GLP-1, el PPY i la CCK de manera que es produirà una inhibició del buidament gàstric [33]. La GLP-1 és una hormona peptídica que se secreta en períodes postprandials degut a la seva estimulació per part de la presència dels macronutrients - CH, proteïnes i lípids - a l'intestí prim i és capaç d'induir sacietat i sacietat postprandial. Un altre efecte és l'alentiment o fins i tot la inhibició del buidament gàstric [33].

La revisió realitzada per Hutchison i col·laboradors [34] indica que l'ART no produeix canvis en la secreció de les hormones de gana i sacietat (grelina, GLP-1, PPY). En un dels estudis que avaluen els canvis hormonal durant el DI [32] es mostra una disminució de la grelina matutina i nocturna, un augment de la leptina i el GLP-1 matutins sense efectes durant la nit i un augment de la PPY nocturna. A efectes globals, es mostra una disminució de la grelina i un augment del valor mig de la leptina. Aquest succés es tradueix a una reducció de la sensació de gana i un increment de la percepció de sacietat.

En quan als nivells de les hormones anabòliques, s'han observat canvis negatius en subjectes que seguien un règim de DI, com la disminució de la testosterona [19,20] i del factor de creixement insulinoide (IGF-1), fet que podria afectar negativament al rendiment esportiu degut a que son hormones claus per al creixement muscular [19]. Tot i així, no s'ha detectat cap influència negativa envers la força i la massa muscular dels subjectes estudiats i tampoc s'ha mostrat una rellevància fisiològica lligada a la disminució de la testosterona.

El DI ha produït una disminució significativa de les hormones inflamatòries, en conseqüència podria afectar de manera positiva al rendiment esportiu [19]. També s'ha fonamentat una inhibició de les catecolamines, hormona que afecta al sistema cardiovascular, en aquest cas reduint la tensió arterial i la freqüència i rendiment cardíacs; factor que per la seva banda causa una reducció del rendiment aeròbic i de la capacitat de treball durant el DIR [13].

4. Discussió

4.1. Efectes del DI sobre el rendiment esportiu

Tot i l'existència de diferents tipus de DI, en la revisió actual ens hem centrat principalment en el DI en forma d'ART i de DIR. El benefici dels estudis realitzats amb un DIR és la garantia del compliment del règim alimentari, degut a que és una pràctica religiosa obligatòria en persones musulmanes sanes. Per dur a terme la discussió del tema i arribar a unes conclusions sobre el canvi en el rendiment de l'activitat física, analitzarem els resultats obtinguts classificant-los segons el tipus i/o la intensitat de l'exercici físic que es dona en l'estudi.

En el cas de l'exercici aeròbic i d'alta intensitat aeròbica, tant en règims d'ART com de DIR, s'ha observat una reducció en el rendiment, en la capacitat aeròbica – ja que s'han donat disminucions en els valors de la VO_{2max} –, en el temps de resistència i en els esforços d'alta intensitat. Però tots aquests efectes negatius tenen un factor comú que consisteix en l'existència d'una tendència de recuperació del rendiment i dels valors anteriors a la implementació del DI [12,13]. Aquesta tendència es podria explicar amb l'adaptació del cos al nou règim, l'inconvenient principal és que la gran part de la literatura actual es basa en assaigs de curta durada, fet que impossibilita la demostració de la recuperació total o no del rendiment i la possible existència d'una millora [12]. Marosi i col·laboradors van investigar l'efecte del DI del tipus DDA durant un mes en rates i van observar una millora en la resistència durant la carrera, corrien més lluny i durant més temps, del grup que practicava el dejú en comparació amb el grup control [35]. Aquests efectes no es poden extrapolar a humans i s'haurien de replicar per comprovar si es duen a terme, així com analitzar les adaptacions que es produeixen en el cos durant dejunis implementats en períodes més llargs.

En quan als exercicis d'alta intensitat anaeròbica, com són els esprints, la literatura científica basada en règims de DIR mostra un augment del temps en la seva realització, és a dir una disminució de la velocitat i la potència de l'esprint [14,16]. Una de les avaluacions es va realitzar en jugadors de futbol [14], de manera que una de les conseqüències del Ramadà consisteix en la disminució del rendiment futbolístic, degut a que els esprints tenen un gran impacte en el resultat final. Aquesta disminució de la capacitat anaeròbica està causada en part per la baixa disponibilitat de glucogen que condiona la presència de glucosa sanguínia i la utilització d'aquesta en processos d'alta intensitat que la requereixen com a substrat necessari per a la glucòlisi anaeròbica i l'obtenció d'energia de manera ràpida.

També es va valorar la CIVM, mostrant resultats heterogenis en subjectes que segueixen el DIR [14,15]. Per una banda, en els jugadors de futbol no es van detectar canvis [14], resultat sorprenent ja que s'esperava una major fatiga i una disminució de la capacitat funcional del múscul de la cama que expliqui l'alentiment en l'execució dels esprints. Aquesta reducció de la força muscular es podria explicar pels canvis en el patró de la son que es produeixen durant aquest mes de dejú i que afecten a l'estat d'ànim i la motivació, podent arribar a tenir una conseqüència sobre el rendiment mental i físic [15]. Tot i així, calen més assaigs que investiguin el mecanisme mitjançant el qual es produeix aquesta depleció de la capacitat anaeròbica. Per altra banda, en altres subjectes sans i actius físicament [15], s'ha observat la reducció dels valors de la CIVM, indicant una disminució de la força muscular, però es va donar una recuperació posterior correlacionant-se amb la tendència a recobrar el rendiment físic que mostren els resultats d'investigacions anteriors [12,14]. Aquesta recuperació de l'activitat muscular pot ser deguda a l'adaptació corporal.

La resistència anaeròbica s'ha valorat al llarg dels anys amb la combinació de DIR arribant a conclusions contradictòries en els diferents assaigs, que inclouen des d'una millora a un empitjorament d'aquesta [17]. Quan s'han valorat els entrenaments de resistència anaeròbica i força combinats amb

ART [18,19] s'ha detectat una millora significativa en la resistència i en la força màxima, que probablement sigui deguda a l'entrenament i no al dejú ja que el grup control va mostrar els mateixos resultats. Aquesta afirmació es veu reforçada per la troballa de Tinsley i col·laboradors en la qual es va concloure que el control de l'aportació proteica és el condicionant de la hipertrofia muscular que permet una millora en la resistència i força musculars, i no ho és tant el tipus de règim alimentari [22].

La majoria de la literatura sobre el DI i el rendiment físic es centra principalment en les formes d'ART i DRI, de manera que seria convenient que es realitzin més investigacions que abastin els altres tipus de DI.

4.2. Canvis en la composició corporal

Els canvis en la composició corporal durant el DI s'han mostrat molt variables al llarg de les investigacions realitzades. La discussió dels canvis en la composició corporal es centrarà en l'avaluació dels resultats de tres variables diferents: el pes corporal, el greix corporal i la massa lliure de greix i/o massa muscular.

Primerament ens centrarem en el pes corporal, la literatura científica ha mostrat una tendència a la disminució de la massa corporal durant règims de DI, ja sigui ART o DIR [3,13,21] aquests resultats tenen un efecte més notori si es combinen amb programes d'activitat física [3]. La reducció del pes corporal durant el Ramadà podria ser deguda a la disminució de les reserves de glucogen muscular produïda a la reducció del consum de CH [13], també és convenient destacar que en la majoria de protocols de DI s'acostuma a produir una reducció de la ingesta energètica que podria afectar a aquesta disminució del pes corporal. La qüestió més important és si aquest efecte del DI sobre el pes corporal es pot mantenir en el temps, en els règims de DIR s'ha observat una tendència a la recuperació dels valors inicials un cop acabat el mes del Ramadà. Com a efecte positiu, és important destacar la manifestació dels participants sobre la facilitat del manteniment de programes d'ART durant períodes perllongats en el temps, de manera que el DI podria ser considerat una bona estratègia per a la pèrdua de pes i el manteniment d'aquesta. Queda demostrat que la massa total disminueix, per tant, és necessari avaluar a quin compartiment corporal afecta aquest reducció, de manera que a continuació valorarem les variacions en la massa grassa i en la massa muscular i/o lliure de greix.

En quant a la massa grassa i el percentatge d'aquesta, gran part de la investigació científica, tant la que combina el DI amb l'entrenament com la que únicament tracta sobre DI, ha mostrat una reducció d'aquests paràmetres [3,21,26,30], encara que en un cas no ha tingut significació clínica [31]. Per tant, es pot afirmar que gran part de la massa corporal que es perd durant programes de DI prové de la pèrdua del greix corporal.

La massa muscular, en canvi, mostra resultats heterogenis. La tendència predominant és la del manteniment dels seus valors i a no veure's condicionada pel dejú [18,19,21] encara que es combini amb programes d'entrenament físic [18,25]. La interrupció de la hipertrofia muscular, tot i la realització d'entrenaments de resistència, pot ser deguda a que la ingesta de proteïnes hagi disminuït en conseqüència del llarg temps de dejú, arribant a valors d'1g/kg/dia, fet contraindicat ja que en una dieta hipocalòrica és necessària una aportació proteica d'1.3 a 1.8g/kg/dia per a una bona promoció de la hipertrofia muscular [23,25,36]. En contraposició, en alguns casos s'ha observat una petita disminució de la massa magra [25,30] possiblement deguda a la falta d'aportació calòrica i/o proteica. En els casos on la massa muscular ha augmentat [22,25] cal puntualitzar que l'aportació proteica i/o energètica es va controlar de manera que es va evitar una afectació negativa sobre la hipertrofia muscular, llavors fins a quin punt aquest augment de la musculació esquelètica és deguda a l'ART? Per una banda, la proteïna és una variable molt important en el guany i la pèrdua de massa magra, si es genera un balanç proteic negatiu es produirà una pèrdua de la massa muscular esquelètica, en canvi si el balanç és positiu, es donarà lloc a un guany d'aquesta. Per tant, en un règim de DI juntament amb un programa d'entrenament, és important monitoritzar l'aportació proteica per evitar la pèrdua de massa magra i fins i tot poder arribar a un augment d'aquesta [29]. Per altra banda, podem afirmar que el DI no és una causa limitant del creixement muscular, ja que si s'assegura l'aportació adequada de proteïnes es pot donar un augment d'aquest.

4.3. Adaptacions metabòliques

A partir de la realització d'aquesta revisió no s'ha pogut arribar a una conclusió clara sobre l'alteració de la flexibilitat metabòlica condicionada per un DI. Per una banda, hi ha una investigació que reflecteix una disminució del coeficient respiratori [19,32] traduint-se en augment de flexibilitat metabòlica [32]; i per altra banda, s'ha mostrat una reducció de la oxidació dels CH juntament amb un augment de l'oxidació dels AG i dels processos de cetogènesi i gluconeogènesi. Si s'estudia amb més deteniment l'augment de l'oxidació d'AG, podria arribar a explicar la pèrdua de pes relacionada amb la disminució del greix corporal i el manteniment de la massa muscular. Encara que aquests resultats son significatius, la existència del buit en la literatura científica relacionat amb l'avaluació de la flexibilitat metabòlica no ens permet afirmar amb prou evidència l'efecte del DI sobre aquesta. De tal manera que és necessària la realització de més assaigs que abastin aquesta temàtica.

Malgrat la incapacitat d'aclarir el punt anterior amb certesa, la investigació científica permet arribar a conclusions més sòlides en quan als canvis en els nivells de glucosa i insulina sanguínies. A efectes generals s'observa una reducció de la concentració de glucosa i insulina en sang durant una ART i un DIR, juntament amb una millora de la sensibilitat a la insulina [14,19]. La diferència detectada entre els dos programes de dejú, tracta sobre la recuperació dels valors inicials que s'observa quan es tornen a avaluar els paràmetres després de finalitzar el DIR [14]. En el cas de al ART [19], en cap estudi s'ha realitzat una valoració posterior a la retirada del règim alimentari, per tant no se sap si un cop efectuada la retirada les concentracions sanguínies recobraran els seus valors normals, investigacions futures son necessàries per a la dilucidació d'aquest punt. Els resultats sobre la glicèmia i la insulina no son homogenis, part de les investigacions neguen l'efecte positiu atribuït al DI, ja que no mostren canvis ni en els nivells de glucosa i insulina ni en la sensibilitat d'aquesta [22].

Per una banda, la reducció de pes durant el Ramadà podria ser la causant de les millores metabòliques manifestades en aquest període [24]. Per altre banda, els perjudicis observats en el metabolisme durant el dejú, com pot ser l'augment de la resistència a la insulina (RI) indicada per els nivells elevats de HOMA-RI, podrien tenir la causa en l'abstenció de la ingesta alimentaria durant llargs períodes, fet que augmenta els processos de lipòlisis - produint una major concentració plasmàtica d'AG lliures - i gluconeogènesi, disminuint la lipogènesi i la síntesis proteica. Tot i així, les troballes sobre l'índex HOMA-RI durant el Ramadà son molt variables i heterogènies, ja que en alguns casos s'ha observat una reducció d'aquest i en altres no s'ha detectat cap efecte significatiu [24].

S'han mostrat alteracions positives en el perfil lipídic durant una ART, augment de les concentracions de c-HDL sense canvis en el c-LDL [3]. En canvi en el DIR, els resultats han consistit en una combinació entre la millora i l'empitjorament del perfil lipídic. En alguns casos s'ha detectat un augment del c-HDL sense canvis en el c-LDL [3], mentre que en altres casos el c-HDL no s'ha alterat provocant-se un augment del c-LDL i dels [24]. La millora del perfil lipídic durant DI es veu corroborada per investigacions realitzades amb subjectes amb sobrepès, obesitat i/o malalties metabòliques [2,4] ; l'efecte en aquest tipus de subjectes és més notori que en subjectes sans amb un pes d'IMC normal.

4.4. Canvis hormonals

En aquesta revisió s'ha estudiat la possible intervenció per part del DI en els canvis hormonals responsables de la sensació de gana i sacietat. Part de la investigació disponible conclou que no es produeixen canvis significatius en la secreció hormonal que intervingui en aquestes sensacions [34]. Per contra, també s'ha arribat a la conclusió de que es produeix un augment de la sensació de sacietat durant el DI, ja que es dona una disminució tant de la concentració de grelina com de la leptina [32]. Aquest fet podria donar lloc a resultats negatius sobre el rendiment físic i la composició corporal, ja que la disminució de la sensació de gana donarà lloc a una disminució de la ingesta energètica possiblement relacionada amb una depleció del consum de proteïnes que resultaria en una atenuació del procés

d'hipertrofia muscular o fins i tot en una acceleració de la hipotrofia. Aquesta qüestió podria ser un punt de partida per a futures investigacions.

Finalment, existeixen hormones que afecten directa o indirectament al rendiment físic, en aquesta revisió s'han observat canvis tant favorables com desfavorables. Com a favorables es troba la disminució de la secreció d'hormones inflamatòries. Com a desfavorables trobem la reducció de la secreció de testosterona i IGF-1, hormones anabòliques responsables del creixement muscular, encara que no es perjudica ni la força ni la massa muscular en l'estudi; així com la inhibició de les catecolamines. S'ha d'avaluar fins a quin punt aquestes reduccions, encara que significatives, poden arribar a produir canvis notoris i estadísticament significatius en el rendiment físic.

5. Conclusions

Pel que fa a l'avaluació de l'efecte del DI sobre el rendiment físic, no podem arribar a una conclusió ferma ja que la investigació científica ha mostrat resultats heterogenis. Es pot afirmar però, que quan es produeix la disminució de la capacitat física aquesta té una tendència cap a la recuperació en pocs dies quan el cos s'adapta a la nova situació. Per altra banda, l'adequada aportació proteica és un factor clau per a que no es doni una davallada del rendiment físic. Calen més investigacions que combinin règims de DI amb entrenament físic i que controlin altres variables com el tipus d'alimentació i d'aquesta manera esbrinar la causa principal de l'alteració de la capacitat física.

En relació amb la valoració dels canvis en la composició corporal, es pot afirmar que el DI produeix canvis notoris i significatius. Principalment una reducció de pes relacionada amb la disminució de la massa grassa i un manteniment de la massa magra. Tot i així cal avaluar aquest efecte a llarg termini.

En quant a la flexibilitat metabòlica, encara que hi ha estudis que indiquen un benefici, fan falta més assaigs que es centrin en aquest àmbit. A nivell de metabolisme si que es pot concloure una millora en les concentracions sanguínies de glucosa i del perfil lipídic.

En darrer lloc, no s'arriba a una conclusió clara sobre els canvis hormonals relacionats amb les sensacions de gana i sacietat a causa de que no hi ha estudis suficients que ho investiguin. Altrament, s'han d'investigar les reduccions de les hormones anabòliques i inflamatòries mostrades en alguns dels estudis, així com l'efecte que tenen sobre el rendiment físic.

Finalment, com a limitacions del treball trobem que atès a que gran part dels estudis s'han efectuat en població no entrenada físicament, els resultats obtinguts i la conclusió als quals s'ha arribat en aquesta revisió no son extrapolables a esportistes d'elit. El motiu principal és que persones ben entrenades físicament disposen d'un organisme adaptat a condicions extremes – com pot ser el dejú – i l'efecte que produirà el règim alimentari estudiat no serà tan notori com en subjectes no entrenats. L'altre limitació és que gran part de la mostra és masculina de manera que no és possible interpretar els resultats per a ambdós sexes, per tant són necessaris més estudis que avaluin l'efecte en la població femenina.

Finançament: aquesta investigació no va rebre finançament extern.

Conflictes d'interès: els autors declaren no tenir cap conflicte d'interès.

Referències

1. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116(3): 501–28. Doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006
2. Patterson RE, Sears DD. Metabolic Effects of Intermittent Fasting. *Annu Rev Nutr.* 2017; 37:371–93. Doi: 10.1146/annurev-nutr-071816-064634
3. Seimon R v, Roekenes JA, Zibellini J, Zhu B, Gibson AA, Hills AP, et al. Do intermittent diets provide physiological benefits over continuous diets for weight loss? A systematic review of clinical trials. *Mol Cell Endocrinol.* 2015; 418(2): 153–172. Doi: 10.1016/j.mce.2015.09.014
4. Mattson MP, Longo VD, Harvie M. Impact of intermittent fasting on health and disease processes. *Ageing Res Rev.* 2017; 39: 46–58. Doi: 10.1016/j.arr.2016.10.005

5. Harvie M, Howell A. Potential Benefits and Harms of Intermittent Energy Restriction and Intermittent Fasting Amongst Obese, Overweight and Normal Weight Subjects-A Narrative Review of Human and Animal Evidence. *Behav Sci.* 2017; 7(1): 4. Doi: 10.3390/bs7010004
6. Parr EB, Heilbronn LK, Hawley JA, Heilbronn L, Hawley J. A Time to Eat and a Time to Exercise. *Exerc Sport Sci Rev.* 2020; 48(1): 4–10. Doi: 10.1249/JES.000000000000207
7. Freire R. Scientific evidence of diets for weight loss: Different macronutrient composition, intermittent fasting, and popular diets. *Nutrition.* 2020; 69:110549. Doi: 10.1016/j.nut.2019.07.001
8. Templeman I, Gonzalez JT, Thompson D, Betts JA. The role of intermittent fasting and meal timing in weight management and metabolic health. *Proc Nutr Soc.* 2019; 79(1): 76-78. Doi: 10.1017/S0029665119000636
9. Serpa JC, Castillo E, Gama AP, Giménez FJ. Relación entre actividad física, composición corporal e imagen corporal en estudiantes universitarios. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte.* 2017; 6(2): 39-48. Disponible en: <https://revistas.um.es/sportk/article/view/300381/215611>
10. Goodpaster BH, Sparks LM. Metabolic flexibility in health and disease. *Cell Metab.* 2017; 25(5): 1027-1036. Doi: 10.1016/j.cmet.2017.04.015
11. Kerksick CM, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *JISSN.* 2017; 14(33): 1-21. Doi: 10.1186/s12970-017-0189-4
12. Nashrudin MNB, Yusof A. The effect of 10 days of intermittent fasting on Wingate anaerobic power and prolonged high-intensity time-to-exhaustion cycling performance. *Eur J Sport Sci.* 2018; 18(5): 667-676. Doi: 10.1080/17461391.2018.1438520
13. Roy AS, Bandyopadhyay A. Effect of Ramadan intermittent fasting on selective fitness profile parameters in young untrained Muslim men. *BMJ Open SEM.* 2015; 1(1): e000020. Doi: 10.1136/bmjsem-2015-000020
14. Aziz AR, Che Muhamad AM, Roslan SR, Mohamed NG, Singh R and Chia MYH. Poorer intermittent sprints performance in Ramadan-fasted Muslim footballers despite controlling for pre-exercise dietary intake, sleep and training load. *Sports.* 2017; 5(1): 4. Doi: 10.3390/sports5010004
15. Gueldich H, Zghal F, Borji R, Chtourou H, Sahli S, Rebai H. The effects of Ramadan intermittent fasting on the underlying mechanisms of force production capacity during maximal isometric voluntary contraction. *Chronobiol Int Biol Rhythm Res.* 2019; 36(5):698–708. Doi: 10.1080/07420528.2019.1592183
16. Cherif A, Meeusen R, Farooq A, Ryu J, Fenneni MA, Nikolovski Z, et al. Three days of intermittent fasting: Repeated-sprint performance decreased by vertical-stiffness impairment. *IJSPP.* 2017; 12(3):287–94. Doi: 10.1123/ijssp.2016-0125
17. Levy E, Chu T. Intermittent fasting and its effects on athletic performance: A review. *Curr Sport Med Rep.* 2019; 18(7): 266–269. Doi: 10.1249/JSR.0000000000000614
18. Tinsley GM, Fosse JS, Butler NK, Paoli A, Bane AA, La Bounty PM, et al. Time-restricted feeding in young men performing resistance training: A randomized controlled trial. *EJSS.* 2017; 17(2): 200-207. Doi: 10.1080/17461391.2016.1223173
19. Moro T, Tinsley G, Bianco A, Marcolin G, Pacelli QF, Battaglia G, et al. Effects of eight weeks of time-restricted feeding (16/8) on basal metabolism, maximal strength, body composition, inflammation, and cardiovascular risk factors in resistance-trained males. *J Transl Med.* 2016; 14(290): 1-10. Doi: 10.1186/s12967-016-1044-0
20. Stratton MT, Tinsley GM, Alesi MG, Hester GM, Olmos AA, Serafini PR, et al. Four weeks of time-restricted feeding combined with resistance training does not differentially influence measures of body composition, muscle performance, resting energy expenditure, and blood biomarkers. *Nutrients.* 2020; 12(4): 1126. Doi: 10.3390/nu12041126
21. Kocaaga T, Tamer K, Karli U, Yazar H. Effects of Ramadan Fasting on Physical Activity Level and Body Composition in Young Males. *Int J Appl Exerc Physiol.* 2019; 8(3):2322–3537. Doi: 10.26655/IJAEP.2019.9.4
22. Tinsley GM, Moore ML, Graybeal AJ, Paoli A, Kim Y, Gonzales JU, et al. Time-restricted feeding plus resistance training in active females: a randomized trial. *Am J Clin Nutr.* 2019; 110(3): 628–40. Doi: 10.1093/ajcn/nqz126
23. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. *JISSN.* 2017; 14(20): 1-25. Doi: 10.1186/s12970-017-0177-8
24. Nachvak SM, Pasdar Y, Pirsaeheb S, Darbandi M, Niazi P, Mostafai R, et al. Effects of Ramadan on food intake, glucose homeostasis, lipid profiles and body composition composition. *Eur J Clin Nutr.* 2018; 73(4): 594-600. Doi: 10.1038/s41430-018-0189-8
25. Keenan S, Cooke MB, Belski R. The effects of intermittent fasting combined with resistance training on lean body mass: A systematic review of human studies. *Nutrients.* 2020; 12(8): 2349. Doi: 10.3390/nu12082349
26. Antoni R, Robertson TM, Robertson MD, Johnston JD. A pilot feasibility study exploring the effects of a moderate time-restricted feeding intervention on energy intake, adiposity and metabolic physiology in free-living human subjects. *J Nutr Sci.* 2018; 7(22): 1–6. Doi: 10.1017/jns.2018.13

27. Alhamdan BA, Garcia-Alvarez A, Alzahrnai AH, Karanxha J, Stretchberry DR, Contrera KJ, et al. Alternate-day versus daily energy restriction diets: which is more effective for weight loss? A systematic review and meta-analysis *Obes Sci Pract.* 2016; 2(3): 293-302. Doi: 10.1002/osp4.52
28. Tinsley GM, La Bounty PM. Effects of intermittent fasting on body composition and clinical health markers in humans. *Nutr Re.* 2015; 73(10): 661-74. Doi: 10.1093/nutrit/nuv041
29. Aragon AA, Schoenfeld BJ, Wildman R, Kleiner S, VanDusseldorp T, Taylor L, et al. International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017; 14(16): 1-19. Doi: 10.1186/s12970-017-0174-y
30. Mcallister MJ, Pigg BL, Renteria LI, Waldman HS. Time-restricted feeding improves markers of cardiometabolic health in physically active college-age men: a 4-week randomized pre-post pilot study. *Nutr Res.* 2019; 75: 32-43. Doi: 10.1016/j.nutres.2019.12.001
31. Pureza IRDOM, Da Silva Junior AE, Praxedes DRS, Vasconcelos LGL, De Lima Macena M, De Melo ISV, et al. Effects of time-restricted feeding on body weight, body composition and vital signs in low-income women with obesity: A 12-month randomized clinical trial. *Clin Nutr.* 2021; 40(3): 759–66. Doi: 10.1016/j.clnu.2020.06.036
32. Ravussin E, Beyl RA, Poggiogalle E, Hsia DS, Peterson CM. Early time-restricted feeding reduces appetite and increases fat oxidation but does not affect energy expenditure in humans. *Obesity.* 2019; 27(8): 1244–54. Doi: 10.1002/oby.22518
33. Steinert RE, Feinle-Bisset C, Asarian L, Horowitz M, Beglinger C, Geary N. Ghrelin, CCK, GLP-1, and PYY(3-36): secretory controls and physiological roles in eating and glycemia in health, obesity, and after RYGB. *Physiol Rev.* 2017; 97(1):411–63. Doi: 10.1152/physrev.00031.2014
34. Hutchison AT, Regmi P, Manoogian ENC, Fleischer JG, Wittert GA, Panda S, et al. Time-restricted feeding improves glucose tolerance in men at risk for type 2 diabetes: a randomized crossover trial. *Obesity.* 2019; 27(5): 724–32. Doi: 10.1002/oby.22449
35. Marosi K, Moehl K, Navas-Enamorado I, Mitchell SJ, Zhang Y, Lehrmann E, et al. Metabolic and molecular framework for the enhancement of endurance by intermittent food deprivation. *FASEB J.* 2018; 32(7): 3844-3858. Doi: 10.1096/fj.201701378RR
36. Stokes T, Hector AJ, Morton RW, McGlory C, Phillips SM. Recent Perspectives Regarding the Role of Dietary Protein for the Promotion of Muscle Hypertrophy with Resistance Exercise Training. *Nutrients.* 2018; 10(2): 180. Doi: 10.3390/nu10020180

ANNEXOS

Annex 1. En aquesta taula es troben recollides les característiques principals de les intervencions dutes a terme en els assaigs clínics revisats i els resultats corresponents. (Elaboració pròpia)

Autor (any)	Mostra	Intervenció	Resultats
Moro et al (2016)	34 homes entrenats en resistència	8 setmanes Grup ART: finestra d'alimentació de 8h diàries i 3 àpats (13h-16h-20h) + 20g proteïna de sèrum de llet Grup control DL: 3 àpats al llarg del dia (8h-13h-20h) + 20g proteïna de sèrum de vaca Ambdós grups: 3 sessions/setmana d'entrenament de resistència	Canvis de pes: <ul style="list-style-type: none"> Grup ART: ↓ 1.0kg Grup control DL: ↑ 0.2kg Composició corporal: <ul style="list-style-type: none"> Grup ART: ↑ 0.6kg MLG i ↓ 1.6 MG Grup control DL: ↑ 0.5kg MLG i ↓ 0.3 MG
Tinsley et al (2017)	28 homes, que no han seguit PR en 3 mesos	8 setmanes Grup ART: 4 dies/setmana: finestra d'alimentació de 4h diàries (no entrenament) 3 dies setmana: ad libitum Grup control DL: patró dietètic normal Ambdós grups: 3 sessions de resistència/setmana	Canvis de pes: <ul style="list-style-type: none"> Grup ART: ↓ 1.0kg Grup control DL: ↑ 3.0kg Composició corporal: <ul style="list-style-type: none"> Grup ART: ↓ 0.2kg MLG i ↓ 0.6 MG Grup control DL: ↑ 2.3kg MLG i ↓ 0.8 MG
Tinsley et al (2019)	40 dones entrenades en resistència	8 setmanes Grup ART: finestra d'alimentació de 8h diàries + dèficit energètic de 250 kcal i proteïna >1,4g/kg/d + proteïna de sèrum de llet Grup ART + HMB: igual que el grup ART + 3g/d de HMB Grup control DL: aportació energètica i proteica igual que ART i ART+HMB + indicació de consumir l'esmorzar al despertar i menjar a intervals auto-seleccionats Tots els grups: 3 sessions/setmana d'entrenament de resistència	Canvis de pes: <ul style="list-style-type: none"> Grup ART: ↑ 0.6kg Grup ART + HMB: ↑ 0.6kg Grup control DL: ↑ 1.1kg Composició corporal: <ul style="list-style-type: none"> Grup ART: ↑ 0.9kg MLG, ↓ 0.4kg MG i ↓ 0.8% MG Grup ART + HMB: ↑ 1.2kg MLG, ↓ 0.7 MG i ↓ 1.4MG% Grup control DL: ↑ 0.9kg MLG, ↑ 0.4 MG i ↑ 0.1MG%
Ravussin et al (2019)	7 homes i 4 dones amb sobrepès	Grup ART: finestra d'alimentació de 6h diàries i 3 àpats (8h-11h-14h). Alimentació sota supervisió el dia 3 i 4. Energia necessària per el manteniment del pes	Flexibilitat metabòlica: <ul style="list-style-type: none"> Grup ART: ↑ 13 ± 4g/d oxidació proteïnes, ↓ 0.021 ± 0.01 QR (QR durant la nit de 0.71)

		Grup control DL: finestra d'alimentació de 12h (8h-14h-20h). Alimentació sota supervisió el dia 3 i 4. Energia necessària per el manteniment del pes Ambdós grups: s'ha mesurar la despesa energètica i el QR	
Kocaaga et al (2019)	33 homes	1 mes Grup DIR: abstinència total d'alimentació i hidratació des de la sortida fins la posta durant un mes	↓ pes corporal, ↓ %MG, ↑ MLG AF: ↓ despesa energètica en AF ↓ AFAL, ↑ AFMI, ↓ AFBI
Nashrudin et al (2018)	20 homes actius	10 dies Grup ART: finestra d'alimentació de 9h i mitja diàries i 4 àpats (12h-17h-20h-21.30h) + dèficit calòric del 40% Grup control DL: finestra d'alimentació de 15h i 5 àpats (6h-12h-17h-20h-21.30h) Ambdós grups: test Wingate + test de ciclisme d'alta intensitat (HIT)	Pes corporal: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓ 1,71% de pes corporal • Grup control DL: no variació Test Wingate: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓ 3.05% del rendiment, que es recupera el dia quatre • Grup control DL: no variació HIT: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓ resistència, però amb tendència a recuperar-se • Grup control DL: no variació
McAllister et al (2019)	22 homes	28 dies Grup ART lliure: finestra d'alimentació de 8h i una dieta lliure en la finestra d'alimentació Grup ART isocalòrica: finestra d'alimentació de 8h i una dieta isocalòrica a la dieta habitual	Composició corporal: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART lliure: ↓kg MG, ↓% MG • Grup ART isocalòrica: ↓ MG, ↓% MG Perfil lipídic: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART lliure: ↑ c-LDL, ↑ c-HDL, ↑ CT • Grup ART isocalòrica: ↑ c-HDL Perfil hormonal: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART lliure: ↑ adiponectina, ↑ insulina plasmàtica • Grup ART isocalòrica: adiponectina
Stratton et al (2020)	26 homes	4 setmanes Grup ART: finestra d'alimentació de 8h i dèficit calòric del 25% + 1,8g proteïna/kg/dia Grup control: dèficit calòric del 25% + 1,8g proteïna/kg/dia Ambdós grups: entrenament de resistència de cos complet	Pes corporal: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓ 2kg • Grup control DL: ↓ 2kg Composició corporal: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓kg MG, ↓% MG • Grup control: ↓kg MG, ↓% MG

			<p>Rendiment muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↑ BP_{1RM}, ↑ LP_{1RM}, ↑ força • Grup control: ↑ BP_{1RM}, ↑ LP_{1RM}, ↑ força <p>Perfil hormonal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓ testosterona, ↓ leptina, ↓ adiponectina • Grup control: ↓ testosterona, ↓ leptina, ↓ adiponectina
Roy et al (2015)	77 homes	<p>2 mesos</p> <p>Grup DIR: abstinència total d'alimentació i hidratació des de la sortida fins la posta durant un mes</p> <p>Grup control DL: dieta lliure</p> <p>Ambdós grups: es va valorar la capacitat aeròbica i l'esforç d'alta intensitat</p>	<p>Composició corporal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup DIR: ↓ pes insignificant • Grup control: ↑ pes insignificant <p>VO_{2max}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup DIR: ↓ VO_{2max} • Grup control: no variació <p>Esforç d'alta intensitat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup DIR: ↓ temps de duració • Grup control: no variació
Pureza et al (2021)	27 dones	<p>12 mesos</p> <p>Grup ART: finestra d'alimentació de 12h i dieta hipocalòrica</p> <p>Grup control: dieta hipocalòrica</p>	<p>Pes corporal i composició corporal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: no diferències significatives • Grup control: no diferències significatives
Gueldich et al (2019)	10 homes	<p>7 setmanes</p> <p>Grup DIR: abstinència total d'alimentació i hidratació des de la sortida fins la posta durant un mes</p> <p>Es va realitzar la CIVM del genoll (AR, 1-R, 4-R, DR) superposada amb estimulació elèctrica nerviosa, per avaluar la força muscular</p>	<p>Força muscular: ↓ CIVM (en 1-R comparada amb AR) encara que l'eficiència i la contracció neuromuscular es van mantenir</p>
Antoni et al (2018)	13 participants	<p>12 setmanes</p> <p>Grup ART: retardar l'esmorzar i avançar el sopar 1 hora i mitja cada un</p> <p>Grup control DL: dieta lliure</p> <p>S'ha avaluat l'adipositat i paràmetres bioquímics en dejú (glucosa, insulina i lípids)</p>	<p>Pes corporal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: no variació • Grup control DL: no variació <p>Adipositat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓kg MG, ↓% MG • Grup control DL: no variació <p>Glucosa plasmàtica:</p>

			<ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: no variació • Grup control DL: no variació Perfil lipídic: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓ c-LDL • Grup control DL: ↓ c-LDL
Nachvak et al (2019)	152 participants	<p>2 mesos</p> <p>Grup DIR: abstinència total d'alimentació i hidratació des de la sortida fins la posta durant un mes</p> <p>S'han avaluat els canvis de pes, IMC, perfil lipídic, glucosa sanguínia, nivell d'insulina i l'índex HOMA-IR</p>	<p>↓ pes corporal, ↓ IMC, ↓ kg MLG, ↓ kg MG, ↓ %MG. Però es recuperen un mes després.</p> Perfil lipídic: <ul style="list-style-type: none"> • ↑ c-LDL, ↑ CT. Però tornen a disminuir. • c-HDL sense variacions • ↓ TG. Però ha tornat a augmentar, superant valors inicials. Glucosa sanguínia: ↓, però torna a augmentar superant valors inicials. Insulina: ↑, però torna a disminuir HOMA-IR: ↑, però torna a disminuir sense recuperar valors inicials.
Aziz et al (2017)	14 homes jugadors de futbol	<p>2 mesos</p> <p>Grup DIR: abstinència total d'alimentació i hidratació des de la sortida fins la posta durant un mes</p> <p>Es van realitzar sessions d'entrenament, es va avaluar el rendiment futbolístic, es va valorar la força muscular de la cama mitjançant la CIVM del genoll, i es va avaluar la força del braç</p>	<p>↓ velocitat del esprint → ↓ rendiment futbolístic.</p> <p>Es recupera després del mes de Ramadà</p> <p>CIVM: no variació → no fatiga muscular</p> <p>Força del braç: no variació.</p>
Cherif et al (2017)	21 homes	<p>3 dies</p> <p>Grup ART: abstinència d'alimentació i hidratació durant 14 hores (finestra d'alimentació de 10 hores).</p> <p>S'ha mesurat la producció de potència màxima, mitjançant esprints, abans i després de començar el programa de dejú.</p>	Rendiment: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↓ velocitat del esprint, ↓ potència Perfil lipídic: <ul style="list-style-type: none"> • Grup ART: ↑ c-HDL, ↓ TG, ↑ AG lliures

1-R: 1^a setmana del Ramadà; 4-R: 4^a setmana del Ramadà; AF: activitat física; AFAI: activitat física d'alta intensitat; AFBI: activitat física de baixa intensitat; AFMI: activitat física de moderada intensitat; AR: abans del Ramadà; ART: alimentació restringida en el temps; BIA: bioimpedanciometria; BP1_{RM}: repetició màxima de *press banca*; c-HDL: colesterol lligat a lipoproteïnes d'alta densitat; CIVM: contracció isovolumètrica màxima; c-LDL: colesterol lligat a lipoproteïnes de baixa densitat; CT: colesterol total; DIR: dejú intermitent durant el Ramadà; DL: dieta lliure; DR: després del Ramadà; HMB: β-hidroxil-β metilbutirat; HOMA-IR: índex de resistència d'insulina; IPAQ: *International Physical Activity Questionnaire*; LP1_{RM}: repetició màxima de premsa de cames; %MG: percentatge massa grassa; MG: massa grassa; MLG: massa lliure de greix; PR: programa de resistència; QR: quocient respiratori; TG: triglicèrids; VO_{2max}: volum màxim d'oxigen.