

Validació de les equacions predictives del consum d'oxigen i noves fórmules per a l'entrenament intervàlic

Bruno Bazuelo-Ruiz^{1*}, Helios de Rosario^{2,3} i Juan V. Durá-Gil²

¹Departament d'Educació Física i Esportiva, Universitat de València. València (Espanya)

²Institut de Biomecànica de València, Universitat Politècnica de València. València (Espanya)

³CIBER de Bioenginyeria, Biomaterials i Nanomedicina (CIBER-BBN) (Espanya)



Citació

Bazuelo-Ruiz, B., De Rosario, H., & Durá-Gil, J.V., (2020). Validation of oxygen consumption prediction equations and new formulas for interval training. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 143, 9-16. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/1\).143.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/1).143.02)

Resum

Objectius. L'objectiu de l'estudi era determinar si existeix alguna diferència significativa entre la despesa energètica calculada i prevista en les equacions predictives d'ús més freqüent en la literatura, així com desenvolupar una nova equació predictiva específica per a l'entrenament intervàlic aeròbic amb una mostra més transversal de la població en termes d'edat, forma física i índex de massa corporal (IMC). **Mètodes.** Es van reclutar vint participants sans per a l'estudi. Es van establir dos grups de persones, en funció del seu IMC. El grup amb un IMC baix tenia un IMC d'entre 19 i 22 i el grup amb un IMC alt, un d'entre 26 i 29. El protocol de les proves consistia a realitzar 12 rutines d'intensitats individualitzades, 6 velocitats caminant i 6 corrent en cinta, i mesurar tant la freqüència cardíaca com la despesa energètica. El temps de repòs entre intervals va variar d'1 a 2 minuts. **Resultats principals.** Es va detectar que el consum d'oxigen mesurat era significativament diferent del predit per les equacions relatives tant en l'exercici de caminar com en el de córrer seleccionades entre la bibliografia. D'entre les comprovades, l'equació de Léger va ser la que va donar millors resultats per calcular el consum d'oxigen en caminar i la fórmula ACSM va demostrar ser la millor per córrer. Tanmateix, es va comprovar que cap de les dues no oferia una alta precisió. **Conclusions.** Les equacions predictives seleccionades de la literatura per a aquest estudi no van demostrar ser prou precises per calcular el consum d'oxigen durant l'entrenament intervàlic aeròbic. En aquest treball es proposen quatre fórmules noves per millorar el càlcul de la despesa metabòlica en activitats intervàliques en una població amb característiques més àmplies que les trobades en la literatura.

Paraules clau: metabolisme energètic, activitat física, exercici aeròbic.

Editat per:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Bruno Bazuelo-Ruiz
bruno.bazuelo@uv.es

Secció:

Activitat física i salut

Idioma de l'original:

Anglès

Rebut:

5 de febrer de 2020

Acceptat:

8 de juliol de 2020

Publicat:

1 de gener de 2021

Coberta:

Handbol Espanya.
Ademar León i Liberbank
Sinfin disputen el primer
partit amb mascaretes
durant un partit de la lliga
Sacyr Asobal l'octubre
de 2020, per a complir la
normativa regional de la
COVID-19.
J.Casassis/(EPA) EFE/
lafototeca.com

Introducció

L'estudi del càlcul de la despesa metabòlica durant l'exercici físic es practica des de fa molt temps a causa de la seva rellevància per a la prescripció de rutines d'exercici personalitzades. Comptar amb un coneixement més precís de la despesa energètica (DE) resulta útil tant a la comunitat mèdica com als entrenadors esportius i als pacients. Caminar i córrer són les dues activitats físiques més recomanades en poblacions que desitgen millorar la seva qualitat de vida; de fet, la majoria d'equacions de predicció de la DE se centren en aquestes modalitats. Dins d'aquestes, continuen desconeixent-se els factors clau (volum, freqüència, intensitat i densitat) més determinants en cada cas. Per tradició, metges i entrenadors esportius recomanen practicar exercici d'intensitat moderada constant (EIMC). Tanmateix, noves modalitats d'exercici, com l'entrenament intervàlic aeròbic (EIA), han cobrat popularitat perquè aconsegueixen més adherència a la pràctica i (Currie et al., 2013) més beneficis en comparació amb l'EIMC (Hwang et al., 2011; Warburton et al., 2005). Els exercicis intervàlics poden definir-se com breus fases d'exercici intens seguides per breus pauses de recuperació. Els principals beneficis detallats en estudis previs inclouen millores en la funció endotelial i mitocondrial (Wisløff et al., 2007), una millora de la capacitat funcional (Daussin et al., 2007; Helgerud et al., 2007) i la prevenció de malalties cardiovasculars (Kemi & Wisløff, 2010). Totes aquestes millores poden comportar millor qualitat de vida (Nilsson et al., 2008). A més, moltes persones poden beneficiar-se d'aquest tipus d'exercici, tant si estan sanes (Tsukamoto et al., 2016) o si són pacients amb cardiopaties (Rognmo et al., 2004).

La determinació directa de la DE és cara i lenta i està subjecta a les condicions dels laboratoris. D'altra banda, una alternativa vàlida és el càlcul del consum d'oxigen realitzat amb les equacions predictives presents en la literatura. La majoria de les variables mesurades per a aquest càlcul van ser paràmetres d'acceleració (Bouten et al., 1994; Staudenmayer et al., 2009), senyals de freqüència cardíaca (FC) (Keytel et al., 2005; Pettitt et al., 2007) o paràmetres espaciotemporals (Glass et al., 2007; Hall et al., 2004; Loftin et al., 2010). Ara bé, un punt feble d'aquestes equacions és que la població analitzada en la majoria de les recerques era molt similar, i en general, estava integrada per participants joves i sans. A més, totes les equacions es van dissenyar per a la pràctica d'exercici submàxim ininterromput, raó per la qual els objectius d'aquest treball van ser: 1) determinar si existeix alguna diferència significativa entre la despesa energètica (DE) calculada i prevista en les equacions predictives d'ús més freqüent en la literatura, i 2) desenvolupar una nova equació de predicció específica per a l'entrenament a intervals aeròbics amb una mostra més transversal de la

població en termes d'edat, forma física i índex de massa corporal (IMC).

Metodologia

Participants

Es van reclutar vint participants sans (10 homes i 10 dones) per a aquesta recerca. Es van establir dos grups de persones en funció del seu IMC. Les característiques dels participants en l'estudi van ser les següents: IMC baix (5 homes i 5 dones): edat 30 ± 9.2 anys; massa corporal 59.17 ± 8.71 kg; pes $1.71 \pm .13$ m; IMC $20.17 \pm .81$; IMC alt (5 homes i 5 dones): edat 40.2 ± 9.3 anys; massa corporal 78.86 ± 13.63 kg; alçada $1.67 \pm .14$ m; IMC 28.17 ± 1.17 . El grup amb un IMC baix se situava entre un 19 i un 22 i el grup amb un IMC alt, entre 26 i 29. Tots els participants van declarar no patir cardiopaties ni lesions que poguessin limitar la seva capacitat per sotmetre's a l'assaig. Els participants es van comprometre a no practicar exercici extenuant durant les 24 hores prèvies i a no consumir cafeïna almenys durant les 6 hores prèvies a cada sessió de comprovació. El protocol de l'estudi s'adheria als principis de la Declaració d'Hèlsinki i va rebre l'aprovació del Comitè Ètic de la Universitat Politècnica de València. Tots els participants van donar el seu consentiment informat per escrit.

Procediment

El protocol de l'assaig consistia a practicar 12 intensitats personalitzades, 6 velocitats caminant i 6 corrent. Les esmentades velocitats es van establir a mesura que els participants escalfaven, d'acord amb el nivell de forma física de cadascun. Tant per a les modalitats de caminar com de córrer els participants havien d'informar de tres velocitats. Per a la modalitat de caminar, la primera era una velocitat còmoda a la qual els participants estaven acostumats a caminar normalment; la segona era una velocitat a la qual podien caminar i córrer a poc a poc. Aquest espectre es va subdividir en 6 parts per obtenir les 6 velocitats de marxa. La velocitat de marxa màxima va servir com a velocitat de córrer mínima (jòguing lleuger). La velocitat de córrer màxima es va establir amb acord a la velocitat que els participants van ser capaços de mantenir durant almenys 4 minuts sense mostrar signes visibles d'un elevat nivell de fatiga. Així mateix, l'espectre entre les velocitats de córrer mínima i màxima es va subdividir per obtenir les 6 velocitats de córrer. Una vegada establertes les seves velocitats individuals, tots els participants van practicar les 12 velocitats diferents en un ordre aleatori. El motiu per establir aquest nombre de repeticions o velocitats era analitzar si

les equacions predictives funcionaven correctament en les diferents intensitats de caminar i córrer o només en una. Els exercicis a cada velocitat van tenir una durada de 3 minuts amb una pausa de descans d'1 minut entre exercicis de caminar i 2 minuts entre exercicis de córrer. Tres minuts oferien un temps suficient per mesurar un consum d'oxigen estable (Nieman, 2010). A partir d'aquest temps, els últims dos minuts de cada velocitat es van utilitzar per analitzar la DT (Nieman, 2010). Abans de l'escalfament, la freqüència cardíaca en repòs ($FC_{\text{repòs}}$) i la DT es van calcular durant un lapse de 5 minuts en posició asseguda.

Material i instruments

Les proves es van dur a terme en una cinta de caminar calibrada (HP Cosmos, Mercury, Alemanya) amb un grau de l'1% (Jones i Doust, 1996). Les senyals de la FC es van mesurar amb un aparell nECG MINDER (Nuubo, Espanya) col·locat al pit dels participants. La despesa energètica es va calcular mitjançant calorimetria indirecta, fent servir l'espirometria de circuit obert de l'analitzador metabòlic Cosmed K4b2 (Roma, Itàlia). L'analitzador de gas es calibrava cada matí abans de començar les proves.

Anàlisi de dades

La literatura recull l'ús de múltiples fórmules per calcular el consum d'oxigen. S'han seleccionat les següents equacions predictives perquè són les que tant els fisiòlegs com els investigadors utilitzen més freqüentment en els seus estudis.

Caminar:

EQ1 (Glass et al., 2007): VO_2 (ml/kg/min) = $.1 * S + 1.8 * S^2 * \text{grau fraccionari} + 3.5$; on S és la velocitat en m/min i el grau fraccionari es presenta en forma decimal, el grau de 5% és .05.

EQ2 (van der Walt & Wyndham, 1973): VO_2 (L/min): $.00599 * M + .000366 * M * V^2$; on M és massa corporal (kg) i V: velocitat (m/s).

EQ3 (Léger & Mercier, 1984): VO_2 (ml/kg/min) = $2.209 + 3.1633 * V$; on V és la velocitat caminant en km/h.

EQ4 (Pettitt et al., 2007): $METS = 6 * FC_{\text{index}} - 5$; $FC_{\text{index}} = FC_{\text{absoluta}} / FC_{\text{repòs}}$

EQ5 (Keytel et al., 2005): EE (kJ/min) = $\text{sexe} * (-55.0969 + .6309 * \text{freqüència cardíaca} + .1988 * \text{peso} + .2017 * \text{edat}) + (1 - \text{sexe}) * (-20.4022 + .4472 * \text{freqüència cardíaca} - .1263 * \text{pes} + .074 * \text{edat})$; on Home=1, Dona=0; $11O_2/\text{min} = 20 \text{ kJ/min}$.

Córrer:

EQ6 (Glass et al., 2007): VO_2 (ml/kg/min) = $.2 * S + .9 * S^2 * \text{grau fraccionari} + 3.5$; on S és la velocitat en m/min i el grau fraccionari es presenta en forma decimal, el grau de 5% és .05.

EQ7 (van der Walt & Wyndham, 1973): VO_2 (L/min): $-.419 + .03257 * M + .000117 * M * V^2$; on M és massa corporal (kg) i V: velocitat (m/s).

EQ8 (Léger & Mercier, 1984): VO_2 (ml/kg/min) = $2.209 + 3.1633 * V$; on V és la velocitat corrent en km/h.

EQ9 (Pettitt et al., 2007): $METS = 6 * FC_{\text{index}} - 5$; $FC_{\text{index}} = FC_{\text{absoluta}} / FC_{\text{repòs}}$; $1MET = 3.5 \text{ ml/kg/min}$.

EQ10 (Keytel et al., 2005): EE (kJ/min) = $\text{sexe} * (-55.0969 + .6309 * \text{freqüència cardíaca} + .1988 * \text{pes} + .2017 * \text{edat}) + (1 - \text{sexe}) * (-20.4022 + .4472 * \text{freqüència cardíaca} - .1263 * \text{pes} + .074 * \text{edat})$; on Home=1, Dona=0; $11O_2/\text{min} = 20 \text{ kJ/min}$.

Abans d'iniciar l'anàlisi estadística, els resultats obtinguts amb cada equació es van convertir a ml/kg/min a fi d'unificar-los i poder comparar-los. Es va realitzar una prova T de comparació per calcular la diferència i la significança dels valors VO_2 calculats i estimats de cada equació utilitzada. Per calcular la magnitud de l'error també es van tenir en compte els valors absoluts de les diferències entre els valors calculats i els mesurats. La significança estadística es va fixar en un nivell del .05. A partir d'aquest moment es van generar diferents nivells de córrer i caminar mitjançant una anàlisi de regressió lineal múltiple amb vista a millorar la precisió en aquesta població i aquest tipus d'activitat física (entrenament intervàlic). Els models es van ajustar en funció de la FC_{index} , l'IMC, el sexe, la velocitat i l'edat. La FC_{index} és la mitjana absoluta de la FC_{dividida} per la $FC_{\text{repòs}}$.

Resultats

L'interval de velocitats (mitjana \pm DT) per a la modalitat de caminar va ser d'entre $.71 \pm .12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i $1.74 \pm .31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i de $1.74 \pm .31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $2.55 \pm .67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en la modalitat de córrer.

Es va detectar que el VO_2 calculat diferia significativament ($p < .05$) de totes les fórmules predictives per caminar i córrer utilitzades en aquesta anàlisi. En el cas de l'activitat de caminar, la Taula 1 va mostrar que EQ1, EQ2 i EQ4 subestimen el VO_2 mesurat i EQ3 i EQ5 el sobreestimen. En el cas de l'activitat de córrer, EQ6, EQ7, EQ8 i EQ9 subestimen el VO_2 mesurat i EQ10 el sobreestima.

S'analitzen les variables independents que afecten els models de caminar i córrer i es proposen dos models per a cada cas, en funció de l'ús de la FC com a variable independent. El primer model obtingut es va utilitzar amb totes les variables (FC_{index} , IMC, sexe, velocitat i edat), però l'IMC (alt i baix) i el sexe (home o dona) no van demostrar ser significatius ($p > .05$), motiu pel qual les esmentades variables es van excloure dels models finals. La Taula 2 mostra els coeficients dels models per a la modalitat de caminar utilitzant la FC_{index} com a variable independent, mentre que la Taula 3 mostra el model per a la modalitat de caminar sense la FC_{index} . Les taules 4 i 5 mostren els coeficients dels models per a la modalitat de córrer amb i sense la FC_{index} , respectivament.

Els models de regressió generats ofereixen una equació predictiva més precisa tant per a l'activitat física de caminar com de córrer en aquesta població. La Figura 1 mostra que aquestes equacions predictives presenten un error absolut inferior (mitjana \pm DT) respecte al VO₂ calculat. Les diferències absolutes de les esmentades equacions predictives per a l'activitat física de córrer van ser de 2.60 ± 2.47 ml·kg·min⁻¹ i 2.79 ± 2.40 ml·kg·min⁻¹, quan es van incloure i van excloure els senyals de FC, respectivament. En el cas de l'activitat física de caminar, es va millorar en més grau encara l'estimació de VO₂ amb les diferències absolutes

de 1.44 ± 1.17 l·kg·min⁻¹ i 1.79 ± 1.52 ml·kg·min⁻¹ quan els senyals de FC s'inclouen i exclouen, respectivament.

Discussió

Aquest estudi es concentrava en mesurar el consum d'oxigen durant l'entrenament intervàlic aeròbic en una població amb demandes energètiques i valors d'IMC diferents. En primer lloc es va comparar la precisió del consum d'O₂ mesurat i estimat per a l'EIA. A continuació, en detectar que no era prou precisa, es van proposar quatre fórmules noves per

Taula 1

Valors VO₂ calculats i estimats i diferència entre el càlcul i l'estimació caminant (EQ1-EQ5) i corrent (EQ6-EQ10). Valors expressats en ml·kg·min⁻¹ (mitjana \pm DT).

	VO ₂	Diferència entre càlcul i estimació	Diferència absoluta	SEE	SEE	95 % CI		r	r ²
						Límit inferior	Límit superior		
Valor mesurat caminant	15.68 \pm 5.46	-	-						
EQ1	12.18 \pm 2.93	3.49 \pm 3.12	3.54 \pm 3.07	.28	8.16	2.92	4.05	.894	.800
EQ2	6.60 \pm 0.40	9.07 \pm 5.09	9.07 \pm 5.09	.46	5.12	8.15	9.99	.925	.856
EQ3	16.17 \pm 4.72	-0.49 \pm 2.44	1.95 \pm 1.54	.22	44.80	-0.94	-0.05	.894	.800
EQ4	14.10 \pm 4.84	1.57 \pm 5.05	4.18 \pm 3.21	.46	29.30	0.65	2.48	.526	.277
EQ5	23.04 \pm 6.46	-7.36 \pm 5.25	7.64 \pm 4.82	.47	6.51	-8.31	-6.41	.623	.389
Valor mesurat corrent	31.68 \pm 7.53	-	-						
EQ6	30.44 \pm 7.12	1.24 \pm 3.77	3.13 \pm 2.41	.34	27.84	0.55	1.93	.869	.755
EQ7	26.80 \pm 1.37	4.88 \pm 7.16	7.07 \pm 4.97	.65	13.50	3.57	6.18	.351	.123
EQ8	26.67 \pm 6.46	5.01 \pm 3.72	5.50 \pm 2.95	.34	6.84	4.33	5.69	.869	.755
EQ9	24.15 \pm 6.72	7.53 \pm 8.16	9.44 \pm 5.82	.75	9.97	6.04	9.02	.348	.121
EQ10	37.29 \pm 9.08	-5.61 \pm 7.79	7.32 \pm 6.19	.71	12.79	-7.03	-4.18	.574	.329

Taula 2

Coefficients i significança per al model de regressió lineal múltiple ajustat per edat, FC_{index} i velocitat en caminar.

	Coefficients no estandarditzats		Coefficients estandarditzats		t	p
	B	Error tipus	Beta			
Constant	13.031	1.942			6.709	<.001
Edat (anys)	-.068	.018	-.127		-3.750	<.001
Velocitat ² (km·h ⁻¹)	.586	.075	1.521		7.843	<.001
FC _{index}	2.088	.945	.088		2.210	.029
Velocitat (km·h ⁻¹)	-2.454	.705	-.671		-3.480	.001

Taula 3

Coeficients i significança per al model de regressió lineal múltiple ajustat per edat i velocitat en caminar.

	Coeficients no estandarditzats		Coeficients estandarditzats	t	p
	B	Error tipus	Beta		
Constant	15.227	1.696		8.977	<0001
Edat (anys)	-.055	.017	-.103	-3.154	.002
Velocitat ² (km·h ⁻¹)	.603	.076	1.565	7.976	.001
Velocitat (km·h ⁻¹)	-2.454	.717	-.663	-3.480	<.001

Taula 4Coeficients i significança per al model de regressió lineal múltiple ajustat per edat, FC_{index} i velocitat en córrer.

	Coeficients no estandarditzats		Coeficients estandarditzats	t	p
	B	Error tipus	Beta		
Constant	6.415	2.524		2.542	.012
Edat (anys)	-.087	.039	-.118	-2.202	.030
FC _{index}	3.051	1.211	.130	2.520	.013
Velocitat (km·h ⁻¹)	2.877	.202	.781	14.252	<.001

Taula 5

Coeficients i significança per al model de regressió lineal múltiple ajustat per edat i velocitat en córrer.

	Coeficients no estandarditzats		Coeficients estandarditzats	t	p
	B	Error tipus	Beta		
Constant	9.302	2.300		4.044	<.001
Edat (anys)	-.047	.037	-.064	-1.272	.206
Velocitat (km·h ⁻¹)	3.107	.184	.843	16.855	<.001

millorar el càlcul de la despesa metabòlica en activitats intervàliques en una població amb característiques més variades que les trobades en la literatura prèvia.

La mostra utilitzada en la majoria dels estudis són persones joves, sanes i amb un pes normal, amb un IMC inferior a 25 (Glass et al., 2007). La mostra es va dur a terme amb participants amb diferents característiques no comprovades prèviament. La mostra d'Hall et al. (2004) era diferent. En

aquest cas es va reclutar un total de 24 participants amb un IMC que anava de 20 a 27.4; tanmateix, la mitjana de l'IMC de les dones i els homes era de 22.37 i 23.64, respectivament. Una altra diferència entre ambdós estudis és la mitjana d'edat, que en l'altre se situa en 21.4 anys en el cas de les dones i 23.2 en el cas dels homes. Per la seva part, Loftin et al. (2010) van desenvolupar una equació predictiva per a una població similar a aquest estudi, però el càlcul de DT era

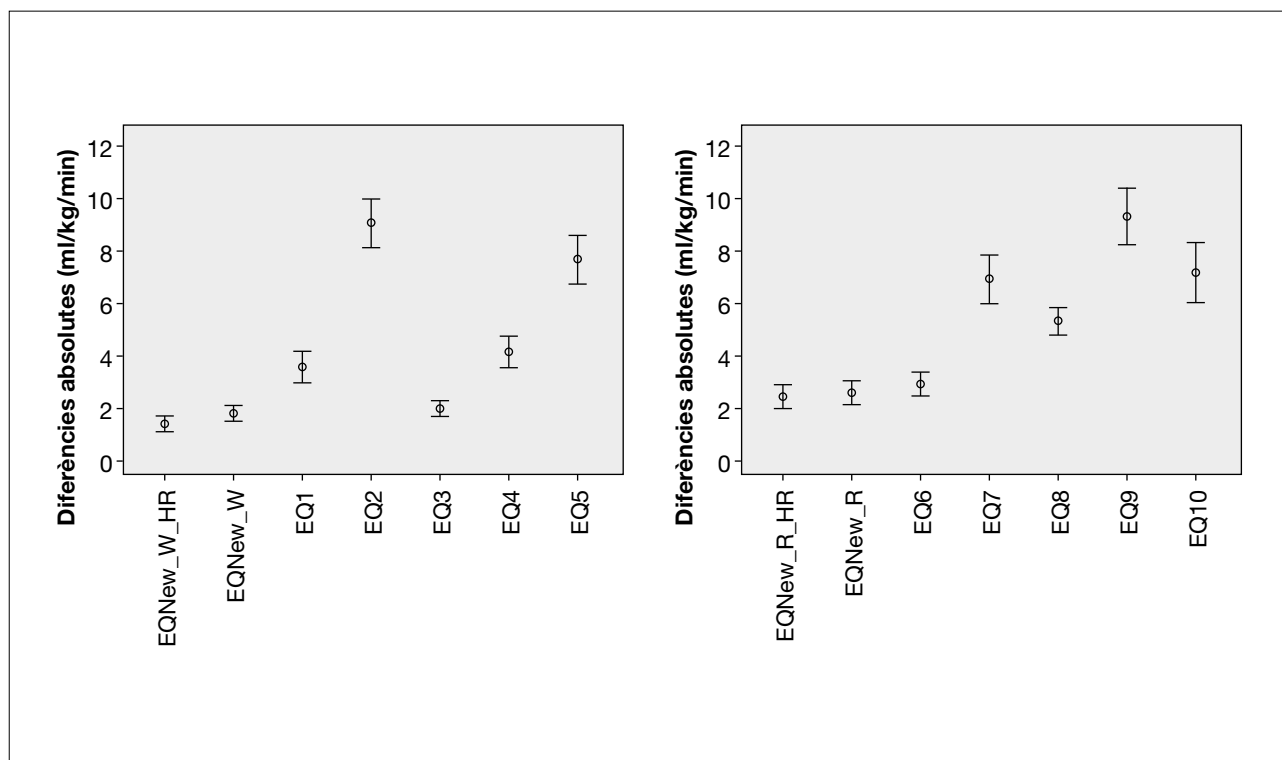


Figura 1

Comparació de les diferències absolutes per a l'activitat física de caminar (esquerra) i la de córrer (dreta). Valors expressats en mitjana \pm DT.

per a una distància determinada (1.6 km) en lloc de durant un temps o a una velocitat concreta, que són les variables que s'acostumen a utilitzar en l'entrenament intervàlic.

L'especificitat de l'activitat feta servir per mesurar el consum d'oxigen en l'activitat d'entrenament és rellevant si es busca precisió. Fisiòlegs i entrenadors solen utilitzar les equacions d'ACSM (Glass et al., 2007) que apareixen amb freqüència en la literatura, encara que presenten certes limitacions. Es van dissenyar per a rutines d'exercici constants i depenen d'un interval de velocitat concret (de 0.83 a 1.66 $m \cdot s^{-1}$ en l'equació per a l'activitat física de caminar i superior a 2.22 $m \cdot s^{-1}$ en l'equació corresponent a l'activitat física de córrer). Per tant, queda per cobrir un buit en l'interval de velocitats que va d' 1.66 a 2.22 $m \cdot s^{-1}$. A més, en alguns estudis, com (Hall et al., 2004; Koutlianos et al., 2013; Loftin et al., 2010; Peterson et al., 2003), es van utilitzar equacions predictives d'ACSM amb validació creuada i es va concloure que no serveixen per predir amb precisió el consum d' O_2 , la qual cosa es deu a l'aplicació d'aquestes fórmules a diferents protocols o modalitats d'exercici.

Weyand et al. (2013) van trobar que l'equació predictiva d'ACSM per a l'activitat física de caminar subestimava de

forma significativa la taxa metabòlica. Ambdós resultats coincidien però indicaven que la EQ3 era la millor de les equacions comprovades per calcular el consum d' O_2 en la modalitat de caminar i que EQ6 era la que oferia millors resultats per a la modalitat de córrer. Tanmateix, cap d'elles no és prou precisa ($p < .05$) quan es compara amb els valors mesurats. En el cas de l'activitat física de córrer, les pitjors equacions predictives van demostrar ser les que utilitzen senyals de FC com a entrada per calcular la despesa metabòlica.

La DT en caminar i córrer és diferent, més elevada en la segona activitat. La recerca també va determinar que la DT en la modalitat de córrer era més elevada que en la de caminar per a la mateixa velocitat absoluta. Per tant, tal com s'indica en altres recerques (Glass et al., 2007; van der Walt & Wyndham, 1973), era precís dissenyar equacions diferents per a les activitats de caminar i córrer.

Fins ara no es té coneixement que existeixin equacions capaces de predir amb precisió el consum d' O_2 en l'EIA en una població amb diferents valors d'IMC. Per això s'han desenvolupat dues equacions predictives, una per caminar

i una altra per córrer, que inclouen les variables de l'edat (anys), la velocitat (en km/h) i la $FC_{\text{índex}}$ ($FC_{\text{absoluta}} / FC_{\text{repós}}$):

Caminar:

$$EQ_{\text{New_W_HR}} \text{ (ml/kg/min)} = 13.031 - .068 * \text{Edat} + .586 * \text{Velocitat}^2 + 2.088 * FC_{\text{índex}} - 2.454 * \text{Velocitat}$$

$$EQ_{\text{New_W}} \text{ (ml/kg/min)} = 15.227 - .055 * \text{Edat} + .603 * \text{Velocitat}^2 - 2.425 * \text{Velocitat}$$

Córrer:

$$EQ_{\text{New_R_HR}} \text{ (ml/kg/min)} = 6.415 - .087 * \text{Edat} + 3.051 * FC_{\text{índex}} + 2.877 * \text{Velocitat}$$

$$EQ_{\text{New_R}} \text{ (ml/kg/min)} = 9.302 - .047 * \text{Edat} + 3.107 * \text{Velocitat}$$

Es va descobrir que incloure la $FC_{\text{índex}}$ per calcular el consum de VO_2 comportava més precisió. No obstant això, en el cas d'una intensitat d'exercici donada, a mesura que la temperatura ambient augmenta, la FC també augmenta sense que es produeixi per això un increment corresponent en la DT (Hebestreit i Bar-Or, 1998).

Conclusions

Les equacions predictives seleccionades de la literatura per a aquest estudi no van demostrar ser prou precises per calcular el consum d'oxigen durant l'entrenament intervàlic aeròbic. Es proposen quatre fórmules noves per millorar el càlcul de la despesa metabòlica en activitats intervàliques en una població amb característiques més àmplies que les trobades en la literatura. Des d'una perspectiva pràctica, en condicions reals les equacions s'han de fer servir amb precaució. A més, les equacions proposades poden utilitzar-se per calcular el consum d'oxigen en activitats intervàliques aeròbiques, com caminar o córrer, encara que s'adverteix que les esmentades fórmules no s'han sotmès a validació creuada. Nos estudis les haurien de validar.

Referències

- Bouten, C. V., Westerterp, K. R., Verduin, M., & Janssen, J. D. (1994). Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(12), 1516–1523. <https://doi.org/10.1249/00005768-199412000-00016>
- Currie, K. D., Dubberley, J. B., McKelvie, R. S., & MacDonald, M. J. (2013). Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(8), 1436–1442. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31828bbbd4>
- Daussin, F. N., Ponsot, E., Dufour, S. P., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Geny, B., Piquard, F., & Richard, R. (2007). Improvement of $VO_{2\text{max}}$ by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 377–383. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0499-3>
- Glass, S., Dwyer, G. B., & Medicine, A. C. of S. (2007). *ACSM's Metabolic Calculations Handbook*. Lippincott Williams & Wilkins.

- Hall, C., Figueroa, A., Fernhall, B., & Kanaley, J. A. (2004). Energy expenditure of walking and running: comparison with prediction equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(12), 2128–2134. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000147584.87788.0e>
- Hebestreit, H., & Bar-Or, O. (1998). Influence of climate on heart rate in children: comparison between intermittent and continuous exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78(1), 7–12.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjørth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve $VO_{2\text{max}}$ more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Hwang, C.-L., Wu, Y.-T., & Chou, C.-H. (2011). Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with cardiometabolic disorders: a meta-analysis. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 31(6), 378–385. <https://doi.org/10.1097/HCR.0b013e31822f16cb>
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 321–327. <https://doi.org/10.1080/02640419608727717>
- Kemi, O. J., & Wisloff, U. (2010). High-intensity aerobic exercise training improves the heart in health and disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 30(1), 2–11. <https://doi.org/10.1097/HCR.0b013e3181c56b89>
- Keytel, L. R., Goedecke, J. H., Noakes, T. D., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., van der Merwe, L., & Lambert, E. V. (2005). Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 289–297. <https://doi.org/10.1080/02640410470001730089>
- Koutlianos, N., Dimitros, E., Metaxas, T., Cansiz, M., Deligiannis, A., & Kouidi, E. (2013). Indirect estimation of $VO_{2\text{max}}$ in athletes by ACSM's equation: valid or not? *Hippokratia*, 17(2), 136–140.
- Léger, L., & Mercier, D. (1984). Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 1(4), 270–277.
- Loftin, M., Waddell, D. E., Robinson, J. H., & Owens, S. G. (2010). Comparison of energy expenditure to walk or run a mile in adult normal weight and overweight men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2794–2798. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc26cd>
- Nieman, D. (2010). *Exercise Testing and Prescription: A Health-Related Approach* (7.ª edició). McGraw-Hill Education.
- Nilsson, B. B., Westheim, A., & Risberg, M. A. (2008). Effects of group-based high-intensity aerobic interval training in patients with chronic heart failure. *The American Journal of Cardiology*, 102(10), 1361–1365. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.07.016>
- Peterson, M. J., Pieper, C. F., & Morey, M. C. (2003). Accuracy of $VO_{2\text{max}}$ prediction equations in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 145–149. <https://doi.org/10.1097/00005768-200301000-00022>
- Pettitt, R. W., Pettitt, C. D., Cabrera, C. A., & Murray, S. R. (2007). A theoretical method of using heart rate to estimate energy expenditure during exercise. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2(3), 319–327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1260/174795407782233146>
- Rognmo, Ø., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J., & Slørdahl, S. A. (2004). High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation: Official Journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 11(3), 216–222. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000131677.96762.0c>
- Staudenmayer, J., Pober, D., Crouter, S., Bassett, D., & Freedson, P. (2009). An artificial neural network to estimate physical activity energy expenditure and identify physical activity type from an accelerometer. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 107(4), 1300–1307. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00465.2009>

- Tsukamoto, H., Suga, T., Takenaka, S., Tanaka, D., Takeuchi, T., Hamaoka, T., Isaka, T., Ogoh, S., & Hashimoto, T. (2016). Repeated high-intensity interval exercise shortens the positive effect on executive function during post-exercise recovery in healthy young males. *Physiology & Behavior*, *160*, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.03.029>
- Van der Walt, W. H., & Wyndham, C. H. (1973). An equation for prediction of energy expenditure of walking and running. *Journal of Applied Physiology*, *34*(5), 559–563. <https://doi.org/10.1152/jappl.1973.34.5.559>
- Warburton, D. E. R., McKenzie, D. C., Haykowsky, M. J., Taylor, A., Shoemaker, P., Ignaszewski, A. P., & Chan, S. Y. (2005). Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *The American Journal of Cardiology*, *95*(9), 1080–1084. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.12.063>
- Weyand, P. G., Smith, B. R., Schultz, N. S., Ludlow, L. W., Puyau, M. R., & Butte, N. F. (2013). Predicting metabolic rate across walking speed: one fit for all body sizes? *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *115*(9), 1332–1342. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01333.2012>
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., Tjønnå, A. E., Helgerud, J., Slørdahl, S. A., Lee, S. J., Videm, V., Bye, A., Smith, G. L., Najjar, S. M., Ellingsen, Ø., & Skjaerpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*, *115*(24), 3086–3094. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041>

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



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