

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



TREBALL ORIGINAL

Nou test incremental per a patinadors velocistes sobre una superfície plana lliscant: anàlisi de fiabilitat i comparació amb un test de ciclisme

Tatiane Piucco*, Saray Giovana dos Santos, Ricardo Dantas de Lucas i Jonathan Ache Dias

Biomechanics Laboratory, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Rebut el 29 de setembre de 2014; acceptat el 2 de gener de 2015

PARAULES CLAU

Rendiment esportiu;
Patinatge;
Prova d'esforç;
Esforç físic

Resum

Introducció: Sembla que no és adequada la prescripció d'exercici a patinadors a partir dels índexs obtinguts en la bicicleta estàtica o a la cinta de córrer. Això no obstant, encara no s'ha establert una valoració específica de laboratori per als patinadors.

Objectiu: Aquest estudi pretengué valorar la fiabilitat del test-retest d'una prova incremental feta damunt una superfície plana lliscant, en anglès *slide board* (SB), i se'n comparà la validesa, amb un protocol de ciclisme, per tal de determinar el rendiment aeròbic dels patinadors velocistes.

Mètodes: Deu patinadors velocistes de curses en línia d'alt nivell executaren 2 tests incrementals, un sobre una SB i un altre de ciclisme. La intensitat del test sobre SB fou determinada mitjançant cadència, començant per 30 impulsos/min i augmentant 3 impulsos/min cada minut fins a l'esgotament. Foren mesurats els valors màxims i submàxims relacionats amb el llindar anaeròbic (AT), el consum d'oxigen (VO_2), la ventilació pulmonar (VE), la taxa d'intercanvi respiratori (RER), la freqüència cardíaca (FC), l'escala de percepció de l'esforç (RPE), la cadència (CAD) y la concentració de lactat sanguini ($[Lac]_{max}$).

Resultats: No es trobaren diferències significatives en cap de les variables entre test-retest a l'SB. S'obtingueren nivells elevats de fiabilitat relativa i absoluta ($ICC > 0,9$) (error típic de mesura $CV_{TEM} < 3,5\%$) del VO_{2max} , FC_{max} , $[Lac]_{max}$, CAD_{max} , VO_{2AT} , CAD_{AT} i RPE_{AT} . En comparació amb el test SB, el $[Lac]_{max}$ fou significativament més alt en el ciclisme i l' RPE_{AT} fou més baixa. En VO_{2max} , FC_{max} , CAD_{max} , VO_{2AT} i CAD_{AT} hi hagué una bona correlació entre el test de ciclisme i l'SB ($r > 0,8$).

Conclusió: Els resultats obtinguts suggereixen que el test SB és fiable i adequat per avaluar els índexs de rendiment aeròbic de patinadors velocistes.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

* Autor per a correspondència

Correu electrònic: tatianepiucco@yahoo.com.br (T. Piucco)

KEYWORDS

Athletic performance;
Skating;
Exercise test;
Physical exertion

A novel incremental slide board test for speed skaters: Reliability analysis and comparison with a cycling test

Abstract

Introduction: Exercise prescription from indices obtained from cycling or running treadmill incremental tests does not seem suitable for speed skaters. However, the specificity of laboratory skating assessments remains to be established.

Purpose: This study intended to assess the test-retest reliability of an incremental test performed on a slide board (SB), and its validity compared with a cycling protocol in order to determine aerobic performance indices in speed skaters.

Methods: Ten competitive inline speed skaters performed two incremental tests on an SB and one cycling incremental test. The intensity of SB test was determined by cadence, starting at 30 push-offs/min and increasing by three push-offs/min each minute, until volitional exhaustion. Maximal and submaximal values related to the anaerobic threshold (AT) of oxygen uptake (VO_2), pulmonary ventilation (VE), respiratory exchange (RER), heart rate (HR), rating of perceived effort (RPE), cadence (CAD), and blood lactate concentration ($[\text{Lac}]_{\text{max}}$) were measured.

Results: No significant differences were found in any of the variables between test-retest on SB. High relative ($\text{ICC} > 0.9$) and absolute reliability (typical error of measure as CVTEM $< 3.5\%$) were found for $\text{VO}_{2\text{max}}$, HR_{max} , $[\text{Lac}]_{\text{max}}$, CAD_{max} , $\text{VO}_{2\text{AT}}$, CAD_{AT} and RPE_{AT} . In comparison to SB test, the $[\text{Lac}]_{\text{max}}$ was significantly higher during cycling, and the RPE_{AT} was lower. $\text{VO}_{2\text{max}}$, HR_{max} , CAD_{max} , $\text{VO}_{2\text{AT}}$ and CAD_{AT} were largely correlated between cycling and SB ($r > 0.8$).

Conclusions: The findings suggest that SB test is reliable and adequate to evaluate aerobic performance indices of speed skaters.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducció

El patinatge requereix reserves d'energia aeròbica i anaeròbica¹⁻². A l'arrencada cal aportar una gran quantitat d'energia anaeròbica per accelerar, i al final, la darrera volta és coberta principalment a base de potència aeròbica. Fins i tot, a la darrera volta de la cursa en pista de 1.500 m l'energia és subministrada per més del 90% de fonts aeròbiques¹. Això revela la importància de la capacitat aeròbica del professional en una cursa en línia o dels patinadors de velocitat sobre gel.

Els tests de capacitat aeròbica s'utilitzen sovint per supervisar el rendiment de resistència, i per controlar i prescriure la intensitat de l'entrenament del patinatge de velocitat³. Per ser efectiva, la valoració del rendiment per prescriure l'exercici ha de ser vàlida, fiable i específica del moviment. En general s'accepta que les adaptacions òptimes es poden obtenir de les càrregues d'entrenament relacionades específicament amb la pròpia activitat esportiva, degut a l'especificitat fisiològica i neuromuscular⁴⁻⁵.

La prescripció d'exercici a partir de les valoracions obtingudes dels tests incrementals en cicloergòmetre o en cinta de córrer no sembla apropiada pels patinadors de velocitat⁶⁻⁷. Tanmateix, encara no s'ha establert l'especificitat de les valoracions del patinatge al laboratori, especialment perquè les activitats de patinatge són difícils de simular al laboratori³. Des del desenvolupament de la cinta de patinatge el 1993, hi ha hagut escassa recerca sobre la validesa de la cinta de patinatge per obtenir un $\text{VO}_{2\text{max}}$ o determinar quin tipus de protocol cal utilitzar per avaluar

els índexs fisiològics⁸. També, les cintes de patinatge són molt cares i difícils de ser utilitzades pels entrenadors per optimitzar els programes d'entrenament dels esportistes mitjançant l'avaluació periòdica al laboratori.

Donada la importància del paràmetre de valoració aeròbica per controlar la velocitat dels patinadors en línia o sobre gel, és important desenvolupar un test adequat per a aquests esportistes. En aquest sentit, l'*slide board* (SB) ha estat àmpliament emprada com una modalitat d'entrenament sobre gel per patinadors de velocitat, ja que sembla imitar el gest del patinatge de velocitat. Tanmateix, pel que ens consta, no hi ha estudis que intentin validar una prova específica per avaluar els índexs de capacitat aeròbica de patinadors velocistes o que usin una SB com a ergòmetre. El desenvolupament d'un test incremental usant l'SB pot facilitar una valoració específica simple i de baix cost dels patinadors de velocitat.

Per tant, el propòsit d'aquest estudi fou doble: 1) avaluar la fiabilitat test-retest d'una prova incremental breu realitzada sobre SB i 2) comparar els índexs de força aeròbica màxima i submàxima obtinguts a partir de les proves incrementals de ciclisme i patinatge sobre SB.

Material i mètodes**Participants**

Vuit homes i dues dones patinadors en línia velocistes d'alt nivell van participar voluntàriament en aquest estudi. Tots

ells tenien experiència en l'entrenament en SB i havien patinat almenys durant 3 anys. La mitjana d'edat fou $30,6 \pm 6$ anys. La mitjana de massa corporal, el percentatge de greix corporal i l'alçada foren, respectivament, $71,4 \pm 11$ kg, $17,4 \pm 5,7\%$ i $1,73 \pm 0,07$ m en els homes, i $62,3 \pm 1,5$ kg, $25,9 \pm 2,05\%$ i $1,66 \pm 2,2$ m en les dones. L'estudi es féu de conformitat amb els principis ètics de la investigació mèdica en humans i d'acord amb les normes ètiques del comitè d'ètica local en investigació humana de la universitat. Els participants van signar un document de consentiment informat, amb una descripció detallada dels objectius, beneficis i riscos de participar a l'estudi, així com la protecció de dades.

Procediments

S'informà als participants que havien d'evitar una sobrecàrrega, mantenir una dieta regular 24 h abans de la prova, i abstenir-se de la ingesta d'estimulants (begudes amb cafeïna, nicotina, etc.) o alcohol durant el dia anterior a la prova. Els participants es van familiaritzar amb les proves i l'equipament abans de la recollida de dades.

Es dugueren a terme 3 tests incrementals en condicions de laboratori controlades: un test incremental de cadència màxima en cicloergòmetre, i 2 tests incrementals de cadència en SB per verificar la fiabilitat test-retest. Les proves es van practicar amb un interval de 2 a 4 dies, al mateix moment del dia i a la mateixa temperatura, per tal de garantir unes condicions ambientals similars

Test incremental de ciclisme

El protocol de ciclisme s'executà en una bicicleta ergomètrica Lode Excalibur Sport Ergometer (Groninger, Països Baixos). Abans del test de consum màxim d'oxigen es van fer 5 min d'escalfament a una càrrega de treball de 50-60 W amb una cadència de 90 rpm. Després d'un descans de 3 min, els participants van iniciar el test amb una càrrega de treball inicial relacionada amb el seu pes corporal ($2,75 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$) amb una cadència en augment de 10 rpm cada minut, a partir d'una cadència inicial de 70 rpm⁹. El test finalitzava quan la cadència seleccionada ja no es podia mantenir o quan s'arribava a l'esgotament.

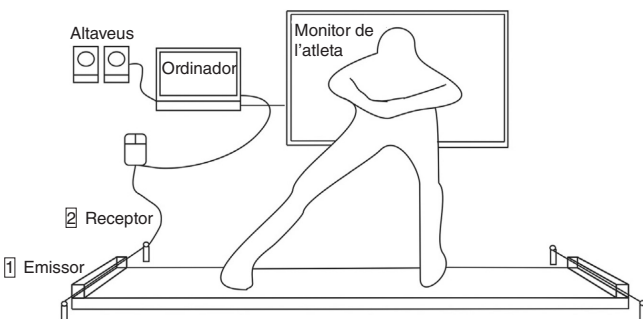


Figura 1 Esquema de la plataforma SB. 1: fotoemissor; 2: fotoreceptor.

Test incremental SB

El protocol SB es va portar a terme sobre una superfície plana lliscant adaptada ($2,0 \times 0,6 \times 0,025$ cm) desenvolupada específicament per a aquest projecte (fig. 1). La superfície de l'SB estava feta de polietilè (coeficient de fricció = 0,1) i un material antilliscant (etilè acetat de vinil, EAV) que es col·locà a sota. Dos sensors òptics, connectats a un ordinador, es van col·locar a ambdós extrems de l'SB per detectar el moviment dels peus dels esportistes, i per determinar el temps de contacte en els límits laterals per indicar la cadència dels esportistes. Un programari específic fou desenvolupat per controlar i ajudar l'esportista a mantenir el ritme, proporcionant retroalimentació visual i auditiva, i també per determinar el final del test mitjançant senyals de l'SB. El subjecte portava un parell de mitjons de llana per patinar damunt l'SB durant el test. Els participants van realitzar 5 min d'escalfament a un ritme de 30 impulsos/min. Després d'un descans de 3 min, el test començà a un ritme de 30 impulsos/min i es va incrementar en 3 impulsos/min cada minut. Es demanà als participants que mantinguessin una postura de patinatge constant, i se'ls digué que podien moure els braços durant la prova. El test s'acabava quan ja no es podia mantenir el ritme seleccionat o s'arribava a l'esgotament. Idèntics procediments es van aplicar durant el re-test.

Els participants van ser animats verbalment a esforçar-se al màxim durant les proves. La taxa d'esforç percebut (RPE) durant les proves fou calculada amb l'escala de Borg (6-20 punts) al final de cada etapa¹⁰. La ventilació (VE), la taxa d'intercanvi respiratori (RER) i el consum d'oxigen (VO_2) es van mesurar respiració a respiració utilitzant un analitzador de gasos (Quark PFT Ergo, Cosmed, Roma, Itàlia), calibrat segons les instruccions del fabricant abans de cada prova. Del $\text{VO}_{2\text{max}}$ es considerà que el valor més alt era la mitjana per damunt de 15 s. L'assoliment del $\text{VO}_{2\text{max}}$ es definí utilitzant els criteris proposats per Howley et al¹¹. La cadència màxima (Cad_{max}) es definí com el nombre màxim d'impulsos/min assolits durant el test d'SB. Si no s'arribava a l'etapa final, el Cad_{max} es calculava d'acord a la següent equació, adaptada de Kuipers et al¹²:

$$\text{CAD}_{\text{max}} = \text{CAD}_f + \left(\frac{t}{60 \times 3} \right)$$

essent CAD_f la cadència del final de l'etapa completa; t , el temps d'etapa incomplet (s); 60, la durada de l'etapa de (s), i 3, l'increment de cadència per etapa. Les mostres de sang van ser obtingudes del lòbul de l'orella dels subjectes 1, 3 i 5 min després de finalitzar el test per valorar la concentració màxima de lactat a la sang ($[\text{Lac}]_{\text{max}}$). $[\text{Lac}]$ es valorà utilitzant un analitzador electroquímic (YSI 2700 STAT, Yellow Springs, Ohio, EUA), calibrat d'acord amb les recomanacions del fabricant abans de cada anàlisi. La intensitat del llindar ventilatori (VT) s'establí com un augment en equivalent respiratori d' O_2 i CO_2 , respectivament, i fou determinada per 2 avaluadors experts¹³. El mètode Dmax^{14} fou emprat per identificar el punt de deflexió de la freqüència cardíaca (HRDP), que està relacionat amb el llindar anaeròbic (AT)¹⁵.

Taula 1 Puntuacions de fiabilitat del test-retest de les variables màxima i submàxima (HRDP) (mitjana \pm DE) en el test incremental SB

	Test	Retest	CV _{TEM} (%)	ICC (IC 95%)	Biaix
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	47,5 \pm 7,7	47,6 \pm 6,3	3,18	0,97 (0,91-0,99)	0,09
HR _{max} (bpm)	190,9 \pm 8,9	189,6 \pm 6,8	1,19	0,95 (0,800-0,99)	-1,30
RER _{max}	1,21 \pm 0,12	1,15 \pm 0,07	7,25	-0,41 (-1,86-0,73)	-0,06
VE _{max} (l·min ⁻¹)	115,1 \pm 21,4	111,4 \pm 19	6,32	0,74 (0,03-0,93)	-3,60
CAD _{max} (Push-off·min ⁻¹)	64,0 \pm 9,3	64,9 \pm 9,5	1,21	0,99 (0,98-0,99)	0,60
[Lac] _{max} (mmol·l ⁻¹)	10,3 \pm 1,9	10,2 \pm 1,9	6,72	0,92 (0,70-0,98)	-0,27
RPE _{max}	17,2 \pm 0,6	17,1 \pm 0,5	4,01	0,86 (0,47-0,96)	-0,10
VO _{2AT} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	42,35 \pm 5,4	41,82 \pm 5,7	4,90	0,93 (0,74-0,98)	0,53
CAD _{AT} (Push-off·min ⁻¹)	53,4 \pm 6,9	53,7 \pm 8,5	3,47	0,97 (0,89-0,9)	-0,30
HRDP (bpm)	175 \pm 11,2	171 \pm 5,8	3,26	0,72 (0,06-0,93)	3,83
VE _{AT} (l·min ⁻¹)	77,9 \pm 8,9	75,9 \pm 10,2	8,90	0,68 (-0,20-0,92)	2,03
RPE _{AT}	15,6 \pm 1,4	15,4 \pm 1,4	2,84	0,95 (0,80-0,98)	0,20

CAD_{AT}: cadència d'AT; CAD_{max}: cadència màxima; CV_{TEM} (%): error típic de mesura expressat com a coeficient de variació; FC_{max}: freqüència cardíaca màxima; HRDP: punt de deflexió de la freqüència cardíaca; ICC: coeficient de correlació intraclasse; [Lac]_{max}: concentració màxima de lactat; RER_{max}: index d'intercanvi respiratori màxim; RPE_{AT}: escala d'esforç percebut AT; RPE_{max}: escala de percepció de l'esforç màxim; VE_{AT}: ventilació pulmonar AT; VE_{max}: ventilació pulmonar màxima; VO_{2AT}: consum màxim d'oxigen d'AT; VO_{2max}: consum màxim d'oxigen.

S'utilitzà una prova *t* aparellada per comparar les dades obtingudes en els 2 assajos SB a mode de test-retest i entre el test SB i el ciclisme. L'heteroscedasticitat de totes les variables fou examinada pel mètode de representacions gràfiques de Bland-Altman de diferències absolutes vs. mitjana individual. El pendent de la regressió lineal d'aquestes dades es provà contra zero, per tal d'avaluar la relació significativament¹⁶. Els coeficients de correlació intraclasse (ICC) i l'error típic de mesura (TEM) es calcularen d'acord amb Hopkins¹⁷ per determinar la fiabilitat del test-retest. El TEM

fou expressat com a coeficient de variació (CV_{TEM}). Els ICC foren interpretats de la manera següent: 0,90-0,99 com a alta fiabilitat, 0,80-0,89 com a bona fiabilitat, 0,70-0,79 com a fiabilitat justa, i < 0,69 com a baixa fiabilitat¹⁸. Les correlacions de Pearson s'utilitzaren per examinar la relació entre el test en cicloergòmetre i el test en SB. Per interpretar la magnitud de correlació entre variables foren adoptats els criteris següents: < 0,1 com a insignificant, 0,11-0,3 com a petita, 0,31-0,5 com a moderada, 0,51-0,7 com a gran, 0,71-0,9 com a molt gran i 0,91-1,0 com a qua-

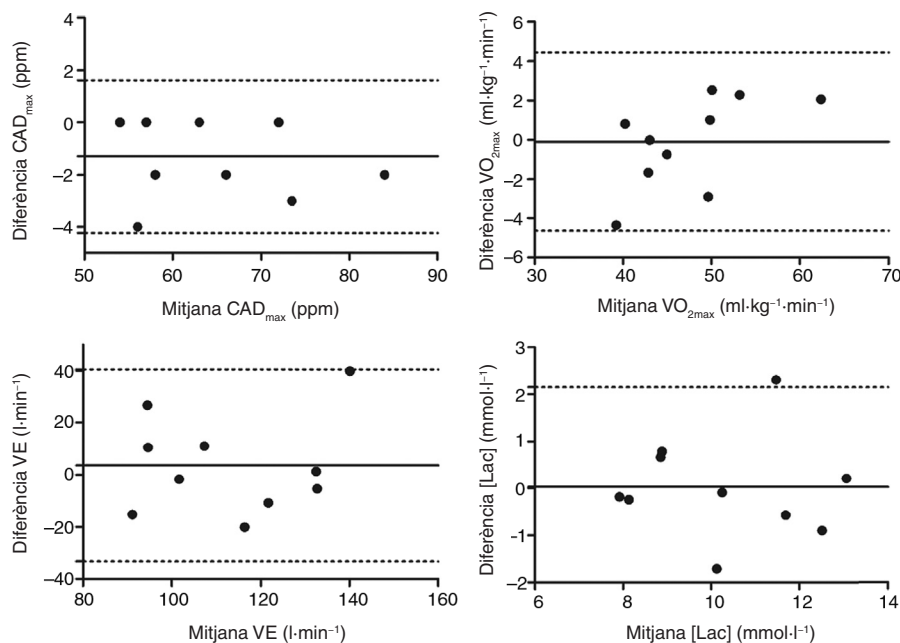


Figura 2 La gràfica de Bland-Altman mostra la concordança test-retest a les sessions d'SB per a VO_{2max}, CAD_{max}, VE_{max} i [Lac]_{max}. Línia contínua: biaix; línia discontinua: 95% dels límits de concordança.

si perfecta¹⁹. L'anàlisi estadística es dugué a terme amb el paquet estadístic de Ciències Socials (SPSS Inc. v. 17.0, Chicago, EUA), i el nivell de confiança s'establí en el 5%.

Resultats

Durant el protocol SB, tots els participants van aconseguir almenys 3 dels 5 criteris per a assolir el VO_{2max} , d'acord amb Howley et al¹¹. Set de 10 subjectes assoliren un *plateau* en VO_{2max} ; 7/10 aconseguiren predir l' FC_{max} ; 9/10 aconseguiren un $RER \geq 1,1$; 9/10 aconseguiren $[Lac] \geq 8 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, i 3/10 arribaren a 1 RPE de 18.

La taula 1 mostra les puntuacions màximes i submàximes de les variables de fiabilitat test-retest. No es trobaren diferències significatives entre els mètodes VT i HRDP de totes les variables analitzades durant el test i el retest. En aquest sentit, els valors submàxims relacionats amb el punt de deflexió de la freqüència cardíaca (HRDP) foren utilitzats a l'anàlisi següent perquè es considerarà una aplicació més pràctica. No es trobaren diferències significatives entre els valors test i retest de totes les variables analitzades. Totes les dades analitzades presentaren homoscedasticitat. Els resultats mostraren una variació intraindividual baixa, un biaix molt baix i alta fiabilitat dels valors màxims VO_2 , d'FC i CAD. Els valors màxims i submàxims de VE i RER mostraren poca fiabilitat.

La figura 2 il·lustra la gràfica de Bland-Altman per a l'anàlisi de fiabilitat d'algunes de les variables màximes.

No es trobaren diferències significatives dels valors màxims de VO_2 , VE, RER i RPE (taula 2) entre els tests de ciclisme i SB. Pel que fa al valors submàxims obtinguts durant l'SB, només RPE_{AT} fou significativament diferent ($p < 0,01$) comparat amb el test de ciclisme. Es van tro-

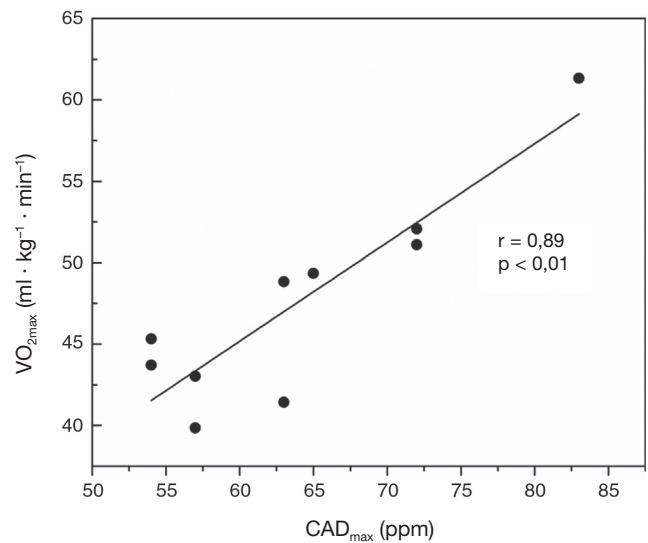


Figura 3 Relació entre VO_{2max} i CAD_{max} obtinguda en el test incremental SB.

bar grans correlacions entre ciclisme i SB en VO_{2max} , FC_{max} , CAD_{max} , VO_{AT} i CAD_{AT} .

La relació entre el rendiment en SB (VO_{2max}) i la cadència màxima assolida durant l'SB (CAD_{max}) es mostren a la figura 3.

Discussió

El primer objectiu d'aquest estudi fou avaluar la fiabilitat de les mesures fisiològiques en el test SB, que imita el gest del patinatge. No es trobaren diferències significatives entre els assajos test i retest en totes les variables. En

Taula 2 Valors de comparació i correlació de variables màximes i submàximes (mitjana \pm DE) entre els protocols d'SB i ciclisme

	SB	Ciclisme	r
VO_{2max} ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	47,5 \pm 7,7	48,4 \pm 8,8	0,91 ^b
HR_{max} (bpm)	190,9 \pm 8,9	190 \pm 10	0,87 ^b
RER_{max}	1,21 \pm 0,12	1,29 \pm 0,1	0,22
VE_{max} ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$)	115,07 \pm 21,4	127,4 \pm 18	0,40
CAD_{max} (Push-off $\cdot\text{min}^{-1}$)	64,0 \pm 9,3	127,0 \pm 20,5	0,83 ^b
$[Lac]_{max}$ ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)	10,3 \pm 1,9	13,4 \pm 2,3 ^a	0,60
RPE_{max}	17,2 \pm 0,6	17,3 \pm 0,48	0,52
VO_{2AT} ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	42,35 \pm 5,4	44,1 \pm 6,4	0,90 ^b
CAD_{AT} (Push-off $\cdot\text{min}^{-1}$) ^c	53,4 \pm 6,9	103 \pm 14,9	0,80 ^b
HRDP (bpm)	175 \pm 11,2	172,6 \pm 12,2	0,32
VE_{AT} ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$)	77,9 \pm 8,9	88,3 \pm 21,1	0,50
RPE_{AT}	15,6 \pm 1,4	14,6 \pm 1,5 ^a	0,54
CAD_{AT} (%max)	88,4 \pm 4,6	81,7 \pm 8,2	0,50

^a Diferència significativa ($p < 0,05$).

^b Correlació significativa ($p < 0,05$).

^c Valors de cadència no comparats degut a les diferents unitats.

CAD_{AT} : cadència AT; CAD_{max} : cadència màxima; HRDP: punt de deflexió de la freqüència cardíaca; HR_{max} : freqüència cardíaca màxima; $[Lac]_{max}$: concentració màxima de lactat; RER_{max} : índex d'intercanvi respiratori màxim; RPE_{AT} : escala d'esforç percebut AT; RPE_{max} : escala de percepció de l'esforç màxim; VE_{AT} : ventilació pulmonar AT; VE_{max} : ventilació pulmonar màxima; VO_{2AT} : consum màxim d'oxigen AT; VO_{2max} : consum màxim d'oxigen.

general, les puntuacions de fiabilitat obtingudes a partir del test SB mostraren que es tracta d'un test incremental pràctic i coherent. El VO_{2max} , FC_{max} , Cad_{max} , CAD i mesures submàximes d'RPE mostraren puntuacions de fiabilitat test-retest més altes ($ICC > 0,9$; $CV_{TEM} < 3,5\%$; taula 1). La majoria de variables màximes, amb diferències individuals (TEM) entre test-retest, foren menors que les trobades en protocols similars de tests en cicloergòmetre^{9,20} i a la pista d'hoquei sobre gel²¹. També la diferència entre participants és l'anàlisi més important en considerar la fiabilitat dels mesuraments, perquè afecta la precisió de les estimacions de canvi en la variable d'un estudi experimental¹⁷. Des d'un punt de vista pràctic, Hopkins¹⁷ assenyalà que al voltant d'1,5-2,0 vegades l'error típic podria ser utilitzat com un llindar per sobre del qual qualsevol canvi individual podria ser interpretat com a «real», després d'una intervenció. Per exemple, vist el valor CV_{TEM} trobat a la CAD_{max} (com ara, 1,2%), aquest llindar podria estar al voltant de 2,4%.

Les comparacions entre el test SB i el test de ciclisme indiquen valors $[Lac]_{max}$ més alts i més baixos d' RPT_{AT} durant el protocol SB, comparat amb el de ciclisme (taula 2). La majoria de participants arribaren a valors VO_{2max} i submàxim lleugerament inferiors i valors FC majors en el protocol SB. D'altra banda, hi ha correlacions significatives dels valors de VO_{2max} , FC_{max} , Cad_{max} , VO_{2AT} i CA_{DAT} entre el protocol SB i el de cicloergòmetre. Hi ha dades a la literatura que comparen els paràmetres fisiològics entre el patinatge, el ciclisme i les activitats de curses^{6-7,22-25}. Tot i algunes diferències, els paràmetres del ciclisme sembla que són més similars al patinatge que a les curses²³⁻²⁴. A més, el disseny del protocol del test també pot afectar les respostes fisiològiques durant l'exercici²⁶. La cadència vs. la càrrega de treball progressiu dels tests de ciclisme mostra diferències en els pics de càrregues de treball. Tanmateix, tots 2 protocols produeixen valors pic de VO_2 similars, que es reflecteixen en una economia ciclista menor en protocols d'augment de cadència⁹.

Els resultats d'aquest estudi estan d'acord amb les investigacions prèvies de Foster et al.²⁵ i Snyder et al.²³, que han demostrat valors VO_2 , VE i RER menors i més elevats d' FC i $[Lac]$ durant el protocol de patinatge en cinta de córrer quan es compara amb l'exercici a la bicicleta. Krieg et al.⁶ també trobaren valors de VO_{2max} menors i més elevats d' FC i $[Lac]$ en el patinatge a la cinta si es compara amb el test de cicloergòmetre, però VO_2 i RER majors associats amb $[Lac]$ de $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Tal vegada les condicions del test de patinatge a l'estudi de Krieg et al.⁶ podrien explicar aquestes diferències, perquè les variables del coeficient de fricció de l'asfalt i el patinatge com la postura incontrolada, la freqüència de gambada, la durada del lliscament i la durada de l'empenta, el pas creuat, poden alterar les respostes fisiològiques entre la cinta de córrer i la pista de patinatge²⁷. També, Krieg et al.⁶ utilitzaren un protocol discontinu i el $[Lac]$ podia disminuir a causa de les interrupcions de l'esforç, així com la relació del lactat vs. VO_2 .

Altres possibles explicacions sobre el VO_{2max} menor assolit durant l'exercici de patinar poden estar relacionades tant amb una massa muscular activa més petita i una restricció del flux sanguini en el múscul durant el patinatge en com-

paració amb el ciclisme^{7,25}. Aquestes condicions depenen de la postura del patinatge, de les característiques de la superfície i de l'habilitat motora del patinador^{6,28}. Una posició més baixa del cos del patinador indueix a una major reducció en VO_{2max} , conseqüent a una reducció del flux sanguini muscular secundari a altes forces intramusculars en el patinatge²⁵.

Forces intramusculars altes també podrien explicar l'elevada FC durant el patinatge, ja que podria donar lloc a un augment desproporcionat d' FC en relació amb el VO_2 . Aquesta situació s'observa amb freqüència durant l'entrenament de resistència o atribuïble a la isquèmia muscular activada i a un augment en la pressió arterial sistèmica²⁹. Això està d'acord amb el concepte que les elevades forces dins el múscul actuen per comprimir les arterioles més petites, incrementant així l' FC durant el patinatge.

En les comparacions submàximes entre les modalitats de ciclisme i SB s'optà per utilitzar l'HRDP com a índex aeròbic per accedir a l'AT. L'HRDP té potencial per ser utilitzat amb finalitat de regulació de l'entrenament degut a la seva viabilitat. Els resultats indiquen valors similars de VO_2 , FC i VE a l'AT. A més, la cadència d'AT trobada de cada cicloergòmetre es correlacionà significativament (taula 2). Aquest resultat suggereix que l'HRDP succeeix a la mateixa intensitat relativa quan es comparen els exercicis de ciclisme amb l'SB, i aquest índex podria ser un mètode viable per prescriure la intensitat submàxima durant l'entrenament d'SB. La gran relació en la puntuació ($r = 0,89$) trobada entre Cad_{max} i relació VO_{2max} (fig. 3) també suggereix que la cadència màxima o nivell assolit durant el test pot ser un índex indirecte per indicar el nivell d'entrenament.

La superfície plana de lliscament evoca respostes molt més específiques fisiològiques i biomecàniques³⁰, i pot ser utilitzada no sols com a test, sinó també amb una finalitat d'entrenament. Persones amb molta bona forma física poden necessitar un estímul d'entrenament més fort per aconseguir un efecte d'entrenament important, i el patinatge amb SB podria ser emprat per dur a terme sessions d'entrenament intervàlic. La intensitat es pot manipular fàcilment pels canvis de la cadència o augmentant el coeficient de fricció en la superfície de la taula. Tanmateix, són necessaris estudis d'intervenció per comprendre millor els possibles beneficis aplicats a l'entrenament d'SB, comparat amb el moviment de patinatge real.

La concordança entre les dades test-retest suggereix que el test incremental SB és fiable. A més, les grans correlacions i la manca de diferències de les variables fisiològiques entre el patinatge SB i els protocols de cicloergòmetre suggereixen que el test d'SB és vàlid i adequat per avaluar els índexs aeròbics de rendiment dels patinadors de velocitat. Per tant, l'ús d'índexs indirectes, és a dir, HRDP i Cad_{max} , per identificar la intensitat de l'esforç i el nivell d'entrenament té una aplicació més pràctica per als entrenadors i pot proporcionar una alternativa més viable als tests de laboratori, quan un gran nombre d'atletes precisa que se'ls controlin el canvi de rendiment i condició física durant una temporada competitiva. Calen futurs estudis per conèixer millor la biomecànica i la fisiologia del moviment de la superfície plana de lliscar i la seva similitud amb el moviment del patinatge.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Agraïments

Els autors volen reconèixer i agrair la cooperació dels esportistes voluntaris de la Federação Catarinense de Hóquei e Patinação (FCHP). Aquest treball ha comptat amb el suport de l'Agència CAPES, Brasil.

Bibliografia

- DeKoning JJ, van Ingen Schenau GJ. Performance-determining factors in speed skating. En: Zatsiorski VM, editor. *Biomechanics in Sport: Performance Improvement and Injury Prevention*. Malden: Blackwell Science; 2000. p. 232-46.
- Foster C, de Koning JJ, Hettinga F, Lampen J, Dodge C, Bobbert M, et al. Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition International. *J Sports Med*. 2004;25:198-204.
- Foster C, Thompson NN, Synder AC. Ergometric studies with speed skaters: Evolution of laboratory methods. *J Strength Cond Res*. 1993;7:193-200.
- De Boer RW, Ettema GJC, Faessen B, Krekels H, Hollander AP, de Groot G, et al. Specific characteristics of speed skating: Implications for the summer training. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;19:504-10.
- De Groot G, Hollander P, Sargeant J, van Ingen Schenau GJ, de Boer RW. Applied physiology of speed skating. *J Sports Sci*. 1987;5:249-59.
- Krieg A, Meyer T, Clas S, Kindermann W. Characteristics of inline speedskating—Incremental tests and effect of drafting. *Int J Sports Med*. 1996;27:818-23.
- Rundell KW. Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill inline skating. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:120-7.
- Koepp KK, Janota JM. Comparison of VO₂max and metabolic variables between treadmill running and treadmill skating. *J Strength Cond Res*. 2008;22:1-6.
- Deakin GB, Davie AJ, Zhou S. Reliability and validity of an incremental cadence cycle VO₂max testing protocol for trained cyclists. *J Exerc Sci Fit*. 2011;9:31-9.
- Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14:377-81.
- Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1292-301.
- Kuipers H, Verstappen FTJ, Geurten P, van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in laboratory and its physiological correlates. *Int J Sports Med*. 1985;6:197-201.
- Reinhard U, Muller PH, Schmulling RM. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration*. 1979;38:36-42.
- Kara M, Gokbel H, Bediz C. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996;36:31-4.
- Bodner ME, Rhodes EC. A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med*. 2000;30:31-46.
- Ludbrook J. Confidence in Altman-Bland plots: A critical review of the method of differences. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2010;37:143-9.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*. 2000;30:1-15.
- Currier DP. *Elements of research in physical therapy*. 2nd ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1990.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham M, Hanin J. *Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science*. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3-12.
- Zhou S, Weston SB. Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing. *Physiol Meas*. 1997;18:145-54.
- Petrella NJ, Montelpare WJ, Nystrom M, Plyley M, Faught BE. Validation of the FAST skating protocol to predict aerobic power in ice hockey players. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2007;32:693-700.
- Martinez ML, Modrego A, Ibanez Santos J, Grijalba A, Santesteban MD, Gorostiaga EM. Physiological comparison of roller skating, treadmill running and ergometer cycling. *Int J Sports Med*. 1993;14:72-7.
- Snyder AC, O'Hagan KP, Clifford PS, Hoffman MD, Foster C. Exercise responses to inline skating: Comparisons to running and cycling. *Int J Sports Med*. 1993;14:38-42.
- Wallick ME, Porcari JP, Wallick SB, Berg KM, Brice GA, Arimond GR. Physiological responses to inline skating compared to treadmill running. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:242-8.
- Foster C, Rundell KW, Snyder AC, Stray-Gundersen J, Kemkers G, Thometz N, et al. Evidence for restricted muscle blood flow during speed skating. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:1433-40.
- Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis. *Sports Med*. 2007;37:575-86.
- Nobes KJ, Montgomery DL, Pearsall DJ, Turcotte RA, Lefebvre R, Whittom FA. Comparison of skating economy on-ice and on the skating treadmill. *Can J Appl Physiol*. 2003;28:1-11.
- Carroll TR, Bacharach D, Kelly J, Rudrud E, Karns P. Metabolic cost of ice and inline skating in Division I collegiate ice hockey players. *Can J Appl Physiol*. 1993;18:255-62.
- O'Leary DS. Autonomic mechanisms of muscle metaboreflex control of heart rate. *J Appl Physiol*. 1993;74:1748-54.
- Kandou TWA, Houtman ILD, Bol EVD, de Boer RW, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. Comparison of physiology and biomechanics of speed skating with cycling and with skateboard exercise. *Can J Appl Physiol*. 1987;12:31-6.