

ESTUDI SOBRE LES MODIFICACIONS DE GREIX CORPORAL I LES PÈRDUES D'AIGUA EN ESPORTISTES. ESPECTROFOTOMETRIA PER INFRAROJOS PROXIMAL

C. López Rodríguez,
P. Sanz Mallofré,
B. Marín Fernández,
Escola de Medicina de l'Educació Física i
l'Esport "Príncep d'Astúries"

Resum

S'expressen els resultats de l'estudi sobre modificacions de greix corporal i pèrdues d'aigua en nois ($n=53$), que practiquen diferents especialitats esportives, mitjançant el mètode dels plecs cutanis i un nou mètode basat en l'espectrofotometria per infrarojos proximal.

L'anàlisi dels resultats indica que el Futrex 5000 model A (Espectrofotometria per infrarojos proximal) sobreestima significativament ($p < 0.01$) el tant per cent de greix corporal si el comparem amb el mètode dels plecs cutanis.

De la mateixa manera, els resultats obtinguts amb al Futrex 5000 model A sobre el nivell d'hidratació no té relació amb la intensitat de l'exercici i de vegades és contradictori.

del mètode de l'absorció d'IR per mesurar el greix corporal (Norris, 1983 i Lanza, 1983). Un any després es va utilitzar en treballs sobre Medicina Esportiva (Conway i Norris, 1984). El nostre interès, en principi, va ser estudiar un nou mètode per determinar el percentatge de greix corporal, la quantitat de greix corporal, el pes lliure de greix i el grau d'hidratació corporal després de l'exercici. Es va trobar el total d'aigua corporal, aquesta última en les seves versions de tant per cent i en nombre de litres, basat en l'absorció i la reflexió de la llum i l'espectroscòpia d'infrarojos proximal i desenvolupat en l'aparell Futrex 5000 model A (*Futrex-5000 Users manual*). Després de diversos estudis amb resultats no gaire fiables i de vegades

contradictoris sobre la composició i l'aigua corporal dels esportistes estudiats, vam decidir fer un nou estudi amb un aparell calibrat especialment per la casa comercial. Alhora vam pensar a utilitzar un altre mètode que ens permetés determinar fàcilment la composició corporal en el mateix terreny.

Per a l'estudi comparatiu amb el nou mètode d'infrarojos proximal es va escollir el mètode dels plecs cutanis perquè és un sistema reconegut com a vàlid per molts autors (Carter, 1975; Ross, 1978; Ross i Wilson, 1974).

També Wilmore i Behnke han demostrat la bona correlació ($r = 0,087$ 0,92) entre el sistema de mesura del pes lliure de greix per la tècnica dels

Paraules clau: composició corporal, percentatge de greix corporal, hidratació, espectrofotometria per infrarojos proximal, bíceps, plecs cutanis, exercici.

Introducció

La determinació del greix corporal mitjançant l'absorció d'infrarojos és possible des que les investigacions dutes a terme pel Departament d'Agricultura dels EE.UU. en el Centre d'Investigació Agrícola de Beltsville van demostrar la validesa

Variable	Mitjana	Desv. Típ.	Err. Est.	Rang
Edat (anys)	23.17	3.37	0.57	19-31
Pes (kg)	74.86	9.26	1.58	60-100
Talla (cm)	176.70	5.96	1.02	165-190
IMC (kg/m^2)	24.10	2.18	0.37	21.07-32.71
Superf. corp (m^2)	1.91	1.41	2.42	1.66-2.25
% Greix corp.	12.64	1.87	0.32	9.8-17.9
Pes greixós (kg)	9.31	2.06	0.39	5.8-14.9
Índex adipositat (O-scale)	4.85	1.65	0.28	2-9

El % de greix corporal i el pes greixós s'han determinat pel mètode de plecs cutanis.

Quadre 1. Dades dels esportistes

plecs cutanis i la mesura d'aquest a través de la metodologia de la densitat-gravetat específica (Wilmore, 1970).

El tema d'estudi proposat va consistir en:

- Conèixer les dificultats que implica fer determinacions de composició corporal i nivell d'hidratació d'esportistes en llocs oberts i dins de l'ambient esportiu amb el Futrex 5000 model A.
- Veure si s'observaven diferències en les determinacions efectuades amb el Futrex 5000 model A abans i després de les competicions.
- Verificar la fiabilitat del mètode d'espectrofotometria per infrarojos proximal desenvolupat amb el model Futrex 5000 A realitzant un estudi comparatiu amb el mètode dels plecs cutanis.
- Avantatges i limitacions del mètode d'espectrofotometria per infrarojos proximal desenvolupat amb el model Futrex 5000 A.

Material i mètode

Aquest estudi es va realitzar al mes d'abril de 1990 a peu de camp en les condicions adequades i descrites en el manual d'ús del Futrex 5000 model A (*Futrex-5000 Users manual*).

Anteriorment, el mes de novembre de 1989, es va realitzar sobre la mateixa mostra d'esportistes el mateix estudi amb el model de Futrex 5000 anterior, present en el mercat en aquell moment (*Futrex 5000. Manual de instrucciones*).

Subjectes

Es van estudiar 53 esportistes, sans, de rasa caucàsica, de sexe masculí, que realitzaven un entrenament mínim d'una hora diària i que practicaven diversos esports (futbol, bàsquet, lluita, futbol-sala i ciclisme). Tots ells eren esportistes d'elit. Les característiques dels esportistes es poden veure al quadre 1.

El seu estat de salut va ser avaluat en un reconeixement mèdic complet (físic i bioquímic).

Espectrofotometria per infrarojos proximal

S'ha utilitzat el mètode d'anàlisi d'absorció d'infrarojos proximal amb l'aparell comercialitzat amb el nom de Futrex 5000 Model A especialment calibrat amb data 8-1-1990 per a l'anàlisi de la composició corporal en atletes d'alt rendiment i esportistes d'elit.

La calibració del Futrex 5000 model A es basa en la mitjana de lectura de tres prestigiosos mètodes hidrostàtics. Per utilitzar l'aparell Futrex 5000 A es van seguir les normes descrites en el manual de funcionament proporcionades per la casa comercialitzadora amb data 8-1-1990.

Per realitzar el mesurament de greix, es va escollir el punt recomanat per la casa comercial (línia mitjana exterior del bíceps a mig camí entre la cavitat antecubital i el crominió del costat dret), fent servir un braçalet negre i protegit el sensor lluminós amb una espuma negra per tal d'evitar la interferència de la llum externa.

Especificacions de l'aparell: el mesurament aplica la tècnica de la interacció de l'infraroig pròxim, basat en la tecnologia del Departament d'Agricultura dels Estats Units. El rang dels mesuraments és de l'1% al 50%.

Els mesuraments, els va realitzar sempre la mateixa persona. Es van fer tres mesuraments per persona i es va trobar la mitjana de les tres.

El mètode IR pot proporcionar una tècnica ràpida, segura i no invasiva per a la valoració d'individus i de poblacions.

Mètode dels plecs cutanis

Després de l'estudi d'espectrofotometria per infrarojos proximal en el mateix terreny vam realitzar l'estudi pel mètode dels plecs cutanis per tal de determinar la composició corporal dels esportistes.

Material utilitzat per a l'estudi

- Balança: marca Añò-Sayol amb precisió de 100 gr.
- Cinta mètrica: metàl·lica, flexible i inextensible amb precisió d'1 mm.
- Caliper: model Harpenden amb precisió de 0.2 mm.
- Paquímetre: per mesurar petits diàmetres ossis marca GMC amb precisió d'1 mm.
- Antropòmetre: marca Holtain LTD. Precisió 1 mm.

Metodologia

Les determinacions es van realitzar a la mateixa hora, en dejú i sota control de temperatura, pressió atmosfèrica i humitat relativa.

La metodologia utilitzada per a l'obtenció de les mesures antropomètriques és l'acceptada per l'IGK (*International Group of Kinanthrometry*), descrita per Carter i col. (1975) i per Ross i col. (1974, 1978).

La composició corporal es va estudiar utilitzant els perfils de plecs cutanis i el seu sumatori, amb l'equació de Carter i col., basada en la de Yuhasz i l'equació de Siri (Siri, 1956).

$$\% / \text{FAT} = (\text{Sum } 6 \times 0.1051) + 2.585$$

Sent Sum 6 el sumatori de sis plecs cutanis en mm (tricipital, subescapular, suprailíac, abdominal, anterior de la cuixa i medial de cama).

Anàlisi estadística

El tractament estadístic s'ha realitzat amb un ordinador personal IBM aplicant el programa *Sigma y Trazos* d'Horus Hardware S.A. L'estudi estadístic s'ha realitzat aplicant diversos mètodes estadístics tal com venien presentades les dades.

Resultats

Veiem que tant el percentatge de greix corporal com la quantitat total de greix trobats amb el Futrex 5000 A davallen lleugerament; el pes lliure de greix, per tant, augmenta i el



total d'aigua corporal pateix un lleuger augment que pot estar relacionat amb la davallada mínima del nivell de greix, ja que als esportistes no se'ls va deixar ingerir líquids durant l'entrenament com tenen per costum.

L'anàlisi de la variança indica una diferència significativa entre els mètodes utilitzats per determinar el tant per cent de greix corporal (quadres 2 i 3). L'anàlisi revela que el Futrex 5000 A significativament ($p < 0.01$) ha sobreestimat el tant per cent de greix corporal en comparar-lo amb el mètode de plecs cutanis. Les diferències entre les mesures són elevades (-6.7191).

El coeficient de correlació entre el tant per cent de greix corporal trobat amb el Futrex A i el mètode dels plecs cutanis és significatiu per $p < 0.05$ (vegeu quadre 4).

Malgrat no haver pres líquids durant la competició, la mitjana de la quantitat total d'aigua trobada va augmentar lleugerament després de la competició, a causa d'una disminució del nivell greix corporal; es van donar alguns casos en determinats esportistes que van perdre 1-1.5 kg i la seva quantitat total d'aigua al final de la competició era superior a la que tenien abans de la competició (vegeu quadres 5, 6 i 7).

De tota manera ja sabem que durant l'exercici físic intens la producció de suor oscil·la entre 20-25 ml/minut, i fins i tot s'arriba a perdre aproximadament 1-1.5 l/hora. Tenint en compte que l'ambient en què es va realitzar l'estudi era adequat i la influència de factors com la humitat i la temperatura va ser pràcticament nul·la, els resultats no concorden (total d'aigua corporal abans i després) amb la intensitat de l'exercici.

Discussió

L'ús del Futrex 5000 A per a l'obtenció de la composició corporal és fàcil, ràpid i no invasiu. Tanmateix,

	Mitjana	Desv. Típ.	Err. Est.
Futrex A	19.3662	2.1431	0.3675
Plecs Cut.	12.6471	1.8735	0.3213

Diferències: Mitjana: -6.7191 Desv. Típ.: 2.3169
 Err. est.: 0.39735 t Student: -16.9098 gl: 52
 Significatiu ($p < 0.001$)
 % Greix corporal trobat amb el mètode dels plecs cutanis y amb el Futrex 5000 A.

Quadre 2. Comparació de dues mitjanes. Dades aparellades

VARIABLE 1	VARIABLE 2	DIFERÈNCIA	F	NIV. SIGNIF.
Plecs. Cut.	Futrex A	-6.7191	189.44	$P < 0.01$

Variança residual: 4.0513. Variança factorial: 767.4912.

Quadre 3. Anàlisi de la variança. Comparació de mitjanes

COEF. COR.	LÍM. INF.	LÍM. SUP.	SIGNIFIC.
0.34054	0.0026719	0.60862	SÍ

Quadre 4. Coeficient de correlació entre els % de greix corporal trobats amb el Futrex i el mètode de plecs cutanis

ABANS DE L'ESFORÇ	Percentatge greix	Quantitat greix (kg)	Pes lliure de greix	Total Aigua Corporal (%) (L)	
Mitjana	19.3662	14.5303	60.3226	65.3441	48.9265
Desv. Típ.	2.1431	2.6536	7.3350	2.5429	4.7551
DESPRÉS DE L'ESFORÇ	Percentatge greix	Quantitat greix (kg)	Pes lliure de greix	Total Aigua Corporal (%) (L)	
Mitjana	19.0824	14.2749	60.5781	65.7500	49.2147
Desv. Típ.	1.8188	2.2159	7.7228	2.2062	5.2213

Quadre 5. Mitjana i desviació típica del percentatge de greix, quantitat de greix, pes lliure de greix i total d'aigua corporal, mesurats abans i després de l'esforç (una hora abans de l'entrenament intens) amb el Futrex

DIFERÈNCIES: Mitjana 0.28382 Desv. Típ.: 1.2989
 Err. est.: 0.22276 T Student: 1.2741 gl: 52
 NO SIGNIFICATIU

Quadre 6. Comparació de dues mitjanes. Dades aparellades. % de greix corporal abans i després d'un esforç, trobats amb el Futrex

	COEF.	ERR. ESTÀND	SIGNIF.
Futrex A	14.4396	2.4301	0.3675
Plecs Cut.	0.38955	0.19013	0.3213

Quadre 7. Equació de regressió entre % de greix corporal, Futrex A i plecs cutanis

els resultats s'allunyen de la realitat. S'han apreciat determinacions anòmales tant del percentatge de greix corporal, quantitat de greix corporal, pes lliure de greix i aigua corporal. Si bé en l'estudi anterior (novembre de 1989) les xifres obtingudes de percentatge greixós i quantitat de greix amb l'antic Futrex 5000 eren massa baixes (vegeu quadre 8), en l'estudi actual les xifres obtingudes (quadres 2 i 5) són massa elevades i no corresponen en cap dels dos casos amb deportistes d'aquestes característiques. Un cop realitzat l'estudi amb el mètode dels plecs cutanis, en comparar les dades amb les obtingudes amb el Futrex 5000 A (quadres 2 i 3), veiem una diferència molt significativa en els resultats, els quals arriben a ser quasi el doble dels obtinguts amb el Futrex 5000 A. Aquesta diferència coincideix amb els estudis realitzats per Richard G. Israel i col. (1989). Els nostres resultats difereixen dels obtinguts per Dotson i Davis (*Ara Human Factors*, 1989), Davis i Pynter (1987), Davis i Dotson (1988) els quals recomanaven el model Futrex 5000 com un mètode vàlid i útil per predir la composició corporal en la

població. Així, els seus estudis indicaven una gran correlació entre tots dos mètodes, fet que nosaltres no hem constatat.

Tant en esports fonamentalment anaeròbics (lluita lleonesa), com en esports aeròbics, no es produeixen canvis ostensibles en les determinacions abans i després de les competicions, encara que sí que s'hi registren lleugeres variacions.

Els percentatges greixosos trobats amb el model Futrex 5000 A són, de vegades, el doble que els trobats amb el calibrador i suggereixen que aquest aparell no és fiable per estimar la composició corporal en esportistes, tanmateix, podria tenir certa aplicació en pacients amb problemes d'obesitat.

Com a conclusió, cal dir que hi ha una gran diferència entre les mesures de percentatge greixós i la quantitat total de greix determinades pels dos mètodes. Per tant, els mesuraments realitzats amb el Futrex 5000 A no són fiables perquè no es corresponen amb persones que realitzen un exercici de nivell alt i perquè el mètode dels plecs cutanis és una tècnica reconeguda com a vàlida per molts au-

tors. Tanmateix, no descartem que el Futrex 5000 A pugui tenir algunes aplicacions en pacients amb problemes d'obesitat.

És possible que el punt de bíceps pres per mesurar la composició corporal seguint les instruccions del Manual Futrex 5000 A o la determinació d'un sol punt no siguin indicatius de la composició corporal de l'individu.

El Futrex 5000 A no té capacitat d'autocontrol, ja que si s'introdueix alguna dada irreal encara que sigui del tot impossible, no disposa de cap sensor que n'anul·li les conclusions.

Aquests mètodes per determinar composició corporal a peu de camp permeten realitzar determinacions ràpides i són fàcils d'utilitzar per persones ensinistrades.

Aquest mètode dels plecs cutanis, tot i ser una mica groller, continua sent el mètode més fàcil i ràpid d'utilitzar a peu de camp, ja que el mètode desenvolupat en el model Futrex 5000 A és poc fiable.

BIBLIOGRAFIA

- CARTER, J.L., *The Health-Carter Somatotype method*, San Diego State University, San Diego, 1975.
- CONWAY, J.M. i col., «A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance», *The American Journal of Clinical Nutrition*, desembre: 1123-1130, 1984.
- DAVIS, P.O. i DOTSON, C.O., «Development of a simplified techniques for the determination of per cent body fat in adult males», *The Journal of Sports, Medicine and Physical Fitness*, 25: 255-261, 1985.
- DAVIS, P.O. i PAYNTER, *Evaluation of a commercial near-infrared instrument for body composition analysis*, Human Performance Centers, Inc. Suite 106. 5113 Leesburg Pike. Falls Church, V A 22041, 703: 931-8862.
- DAVIS, P.O.; DOTSON, C.O., i MANNY, P.D., «NIR evaluation for body composition analysis», *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 58, 1988.
- DOTSON, C.O. i col., «Evaluation of near-infrared spectrometry for body composition



- analysis in children and youth», *Ara human factors*, Technical note 89-12.
- Futrex-5000 *Users manual. The «A» Model*, Futrex Inc. 1990.
- Futrex 5000. *Manual de instrucciones*, Futrex Inc. 1989.
- LANZA, E., «Determination of moisture, protein, fat and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy», *Journal of Food Science*, 48: 471-474, 1983.
- LENNART, G., *A new, quick and efficient method in determining total body fat. A preliminary report*, Boson Sportscenter, Liding, Sweden.
- NORRIS, K.H., «Instrumental techniques for measuring quality of agricultural crops», M. Lieberman (Ed.), *Post-harvest physiology and crops preservation*, Plenum Publishing, Nova York, 1983, pp. 471-484.
- RICHARD, G.I. i col., «Validity of a Near-Infrared Spectrophotometry Device for Estimating Human Body Composition», *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 60, n. 4: 379-383, 1989.
- ROSS, W., «Kineanthropometry; an emerging science technology», Landry, F. i Orban, W., *Biomechanics of sport and kineanthropometry*, Symposia Specialist, Miami, 1978.
- ROSS, W. i WILSON, N.C.A., «N.C.A. Stratagem for proportional growth assessment». *Acta pediátrica belga*, Brussel-les, sup. 28: 169-182, 1974.
- SAWAI, MUTOH i MIYASHITA, *Study on effectiveness, when applied to Japanese natives, of an instrument for measurement of body fat with near-infrared interactance technology*, University of Tokyo.
- SEGAL, K.R. i col., *Body composition, not body weight, is related to cardiovascular disease risk factors and sex hormone levels in men*, Division of pediatric cardiology, Department of pediatrics, and the Division of Endocrinology, Department of Medicine, Mount Sinai School of Medicine, Nueva York 10029 and Department of Medicine, College of Physicians and Surgeons, Columbia University at St. Luke's-Roosevelt Hospital Center, Nova York, Nova York 10025.
- SIRI, W.E., «The gross composition of the body», *Advances in biological and medical physics*, IV, Academia Press, Nova York, 1956.
- TOMAS, R.K. i col., *Grasa corporal versus las determinaciones más comunes en sangre*, University of Maryland Hospital, Baltimore, MD.
- THOMAS, T.R. i col., «Dietary preparation and per cent fat measurement by hydrostatic weighing», *Brit. J. Sports Med*, vol. 22, n. 1: 9-11, març 1988.
- WILMORE, J.H. i BEHNKE, A.R., «An anthropometry estimation of body density and lean body weight in young women», *Am. J. Clin. Nutrition*, 23: 267, 1970.