MOD. 2
COMPOSICIÓN CORPORAL
GENERALIDADES.

Obtenido de las clases oficiales ISAK
Autor: Francis Holway
Colaboradores: Francisco Esparza-Ros, Raquel Vaquero-Cristóbal

PORCENTAJE MEDIO DE GRASA CORPORAL DE LOS DEPORTISTAS					
Deporte	**Masculino**	**Femenino**	**Deporte**	**Masculino**	**Femenino**
Béisbol	12-15%	12-18%	Remo	6-14%	12-18%
Baloncesto	6-12%	20-27%	Atletismo (lanzamientos)	16-20%	20-28%
Culturismo	5-8%	10-15%	Esquí (de fondo)	7-12%	16-22%
Ciclismo	5-15%	10-20%	Atletismo (velocidad)	8-10%	16-22%
Fútbol Americano (backs)	9-12%	N/D	Natación	9-12%	14-24%
Fútbol Americano (linemen)	15-19%	N/D	Tenis	12-16%	16-24%
Gimnasia	5-12%	10-16%	Triatlón	5-12%	10-15%
Atletismo (saltos)	7-12%	10-18%	Voleibol	11-14%	16-25%
Hockey sobre hielo/hierba	8-15%	12-18%	Halterofilia	9-16%	N/D
Rácquetbol	8-13%	15-22%	Lucha	5-16%	N/D

MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

CALCULAR ≠ ESTIMAR

Disección

Resto de métodos

MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

DIRECTOS

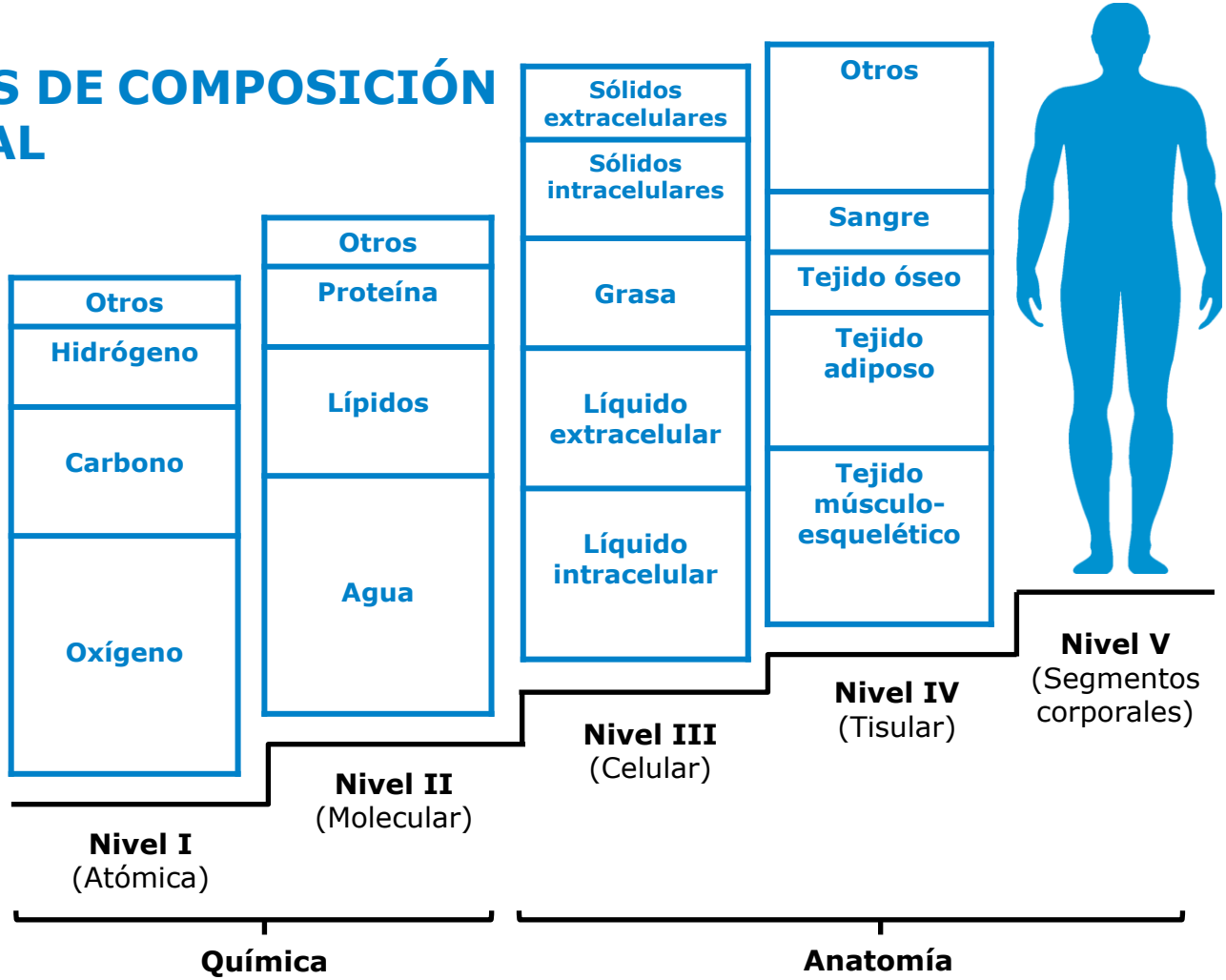
INDIRECTOS

Calculan densidad corporal. Utilizan una ecuación de regresión lineal / algoritmo para estimar la composición corporal

DOBLE INDIRECTOS

Utilizan dos ecuaciones de regresión lineal / algoritmo (una para estimar la densidad corporal y una segunda para estimar la composición corporal)

2NIVELES DE COMPOSICIÓN CORPORAL



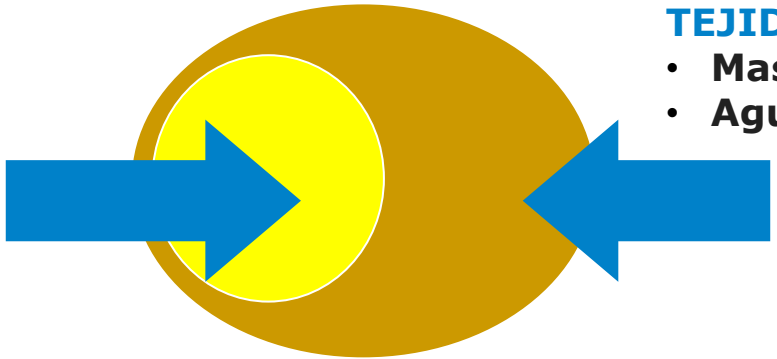
NIVELES DE COMPOSICIÓN CORPORAL

¿Estimamos masa lipídica, masa grasa o tejido adiposo?

ADIPOCITO

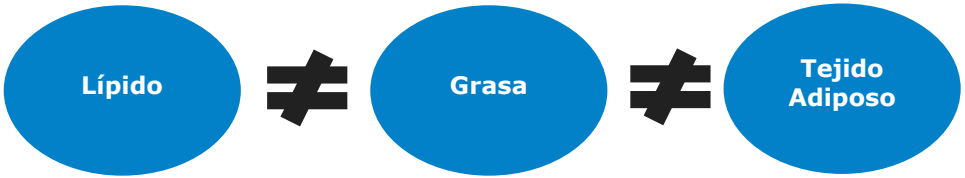
MASA GRASA (TRIGLICÉRIDOS)

- Lípidos (83%)
- Glicerol (16%)



TEJIDO ADIPOSO

- Masa grasa (90%)
- Agua + minerales (10%)



NIVELES DE COMPOSICIÓN CORPORAL

CONTENIDO DE AGUA EN EL TEJIDO ADIPOSO

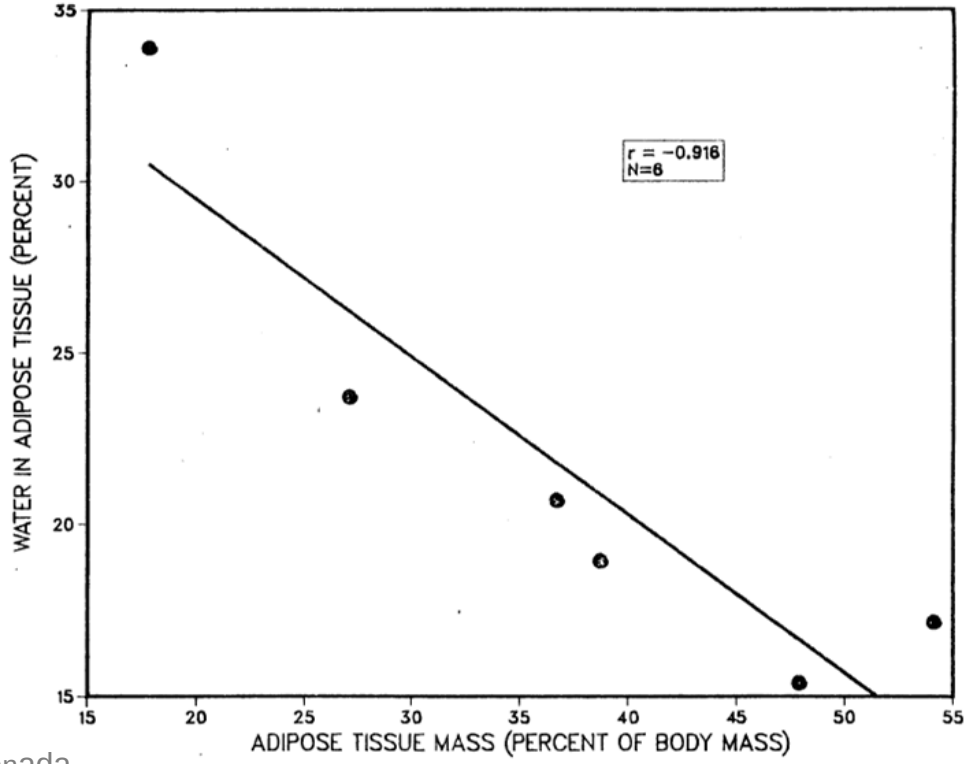


Figure 5.15. Water content of adipose tissue from 6 cadavers (Brussels study).

Alan Martin (1984) PhD Thesis, SFU, Canada

NIVELES DE COMPOSICIÓN CORPORAL

¿Qué implica esto?

MUJER DE 70 KG

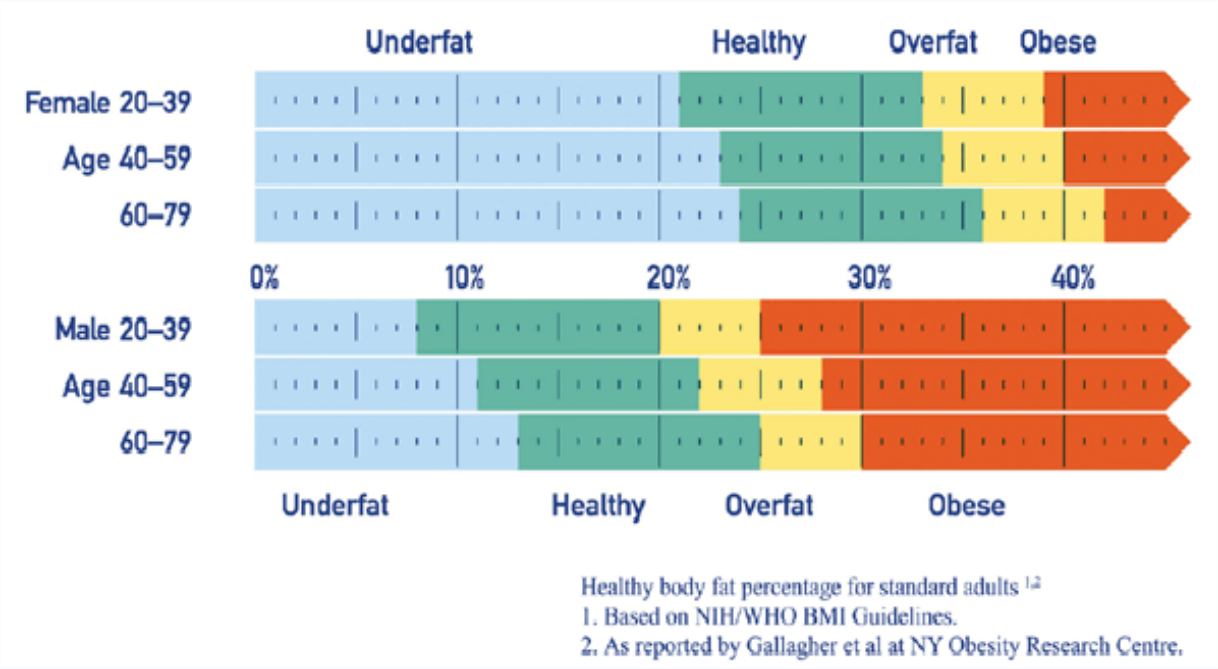
- **Con un 30% de tejido adiposo = 21 kg tejido adiposo**
- **90% de esto es masa grasa: 18,6 kg masa grasa**
- **83% de esto es masa lipídica: 15,4 kg masa lipídica**
- **Esto corresponde a un 22% “masa grasa”**

30% Vs 22%

21 Kg Vs 15,4 kg

NIVELES DE COMPOSICIÓN CORPORAL

CLASIFICACIÓN DEL % DE GRASA [NIH/OMS 2000]



Healthy body fat percentage for standard adults [1,2]
1. Based on NIH/WHO BMI Guidelines.
2. As reported by Gallagher et al at NY Obesity Research Centre.

¿Con qué método?

¿Con qué fórmula?

¿Realmente es tejido adiposo, masa grasa o masa lipídica?

¿O son los resultados comparables?

NIVELES DE COMPOSICIÓN CORPORAL

CATEGORÍAS GENERALES DE PORCENTAJE DE GRASA CORPORAL

Clasificación:	Mujeres:	Hombres:
Grasa esencial	10-21%	2-4%
Deportistas	14-20%	6-13%
Fitness	21-24%	14-17%
Aceptable	25-31%	18-25%
En riesgo	32 más	25% más

¿Con qué método?

¿Con qué fórmula?

¿Realmente es tejido adiposo, masa grasa o masa lipídica?

¿O son los resultados comparables?

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO INDIRECTO)

Hidrodensitometría o pesaje

¿EN QUÉ CONSISTE?	Analiza el agua desplazada por el cuerpo cuando está completamente sumergido para, estimando el volumen pulmonar residual, medir el volumen corporal, a partir del cual estima de densidad corporal. Con esa densidad corporal estima la masa lipídica
TIPO DE MÉTODO	**Indirecto**
MODELO	**Modelo 2:** **Molecular** ☐ **Masa lipídica** (≠ grasa aunque se denomine así) **+ Masa libre de lípidos** (≠ masa libre de grasa aunque se denomine así)

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO INDIRECTO)

Hidrodensitometría o pesaje

VENTAJAS	INCONVENIENTES
• Precisión en la medición	• Costo del sistema • No transportable • Tiempo de medición • Incómodo para el sujeto • No aplicable a todas las poblaciones

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO INDIRECTO)

Pletismografía de desplazamiento de aire (ADP)

Siguiendo el mismo principio y metodología

¿EN QUÉ CONSISTE?	Analiza el volumen de aire desplazado en una cámara cerrada en la que está sentado el sujeto para obtener la densidad corporal y de esta forma estimar la tejido adiposo.
TIPO DE MÉTODO	**Indirecto**
MODELO	**Modelo 2:** **Molecular** ☐ **Masa lipídica** (≠ grasa aunque se denomine así) **+ Masa libre de lípidos** (≠ masa libre de grasa aunque se denomine así)

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO INDIRECTO)

Pletismografía de desplazamiento de aire (ADP)

Siguiendo el mismo principio y metodología

VENTAJAS	INCONVENIENTES
• Tiempo de medición • Facilidad de uso	• Costo del sistema • No es transportable • No aplicable a todas las poblaciones • El resultado se ve afectado por la vestimenta, temperatura y humedad

ESTIMACIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO (MÉTODO INDIRECTO)

Densitometría de rayos X de doble energía (DEXA o DXA)

Método considerado el gold estándar

¿EN QUÉ CONSISTE?	Utiliza rayos X de baja exposición para detectar la energía de los fotones y así diferenciar entre tejido óseo y tejido blando
TIPO DE MÉTODO	**Indirecto**
MODELO	**Modelo 4:** **Tisular =Tejido óseo + Tejido adiposo** (mal llamado por los propios software masa grasa) **+ Tejido magro** (≠ masa libre de grasa).

4. ESTIMACIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO (MÉTODO INDIRECTO)

Densitometría de rayos X de doble energía (DEXA o DXA)

VENTAJAS	INCONVENIENTES
• Gold estándar para masa ósea	• Gran precisión con evaluadores entrenados pues hay que ajustar las regiones corporales a mano • Asume que la cantidad de grasa sobre el hueso es la misma que la cantidad de grasa sobre el tejido no óseo. Esto es un inconveniente importante en el uso de DEXA para estimar el % graso. ¿Gold estándar para masa grasa? • Asume que el grado de hidratación de la masa muscular es constante. Esto es un inconveniente importante al estimar masa magra. Por tanto NO es el gold estándar para masa muscular. • No se pueden actualizar los software. Cambia el database y los valores que reporta (o elegir opción de sacar los datos sin comparar con población del software). • Costo del aparato. • No es transportable.

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)

¿EN QUÉ CONSISTE?	Predecir la composición corporal en función de las propiedades conductoras eléctricas del cuerpo. Lo que mide es propiedades eléctricas (impedancia, resistencia, reactancia y ángulo de fase) para con esto estimar la densidad corporal para con esto estimar la masa lipídica
TIPO DE MÉTODO	**Doble indirecto**
MODELO	**Modelo 2:** **Molecular** ☐ **Masa lipídica** (≠ grasa aunque se denomine así) **+ Masa libre de lípidos** (≠ masa libre de grasa aunque se denomine así).

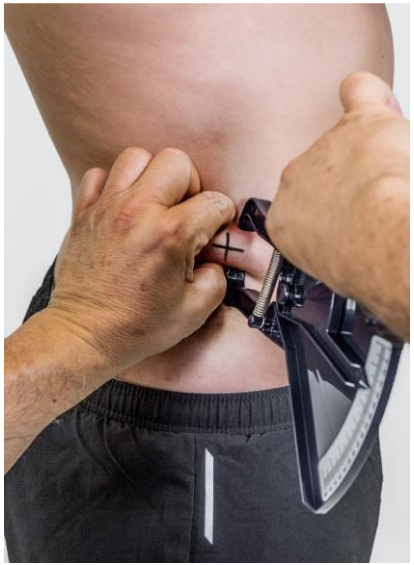
ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)

VENTAJAS	INCONVENIENTES
• Rápido • No invasivo • Económico • Transportable	• Todos los factores que afectan a la hidratación afectan a su validez • Menos válida cuantos menos electrodos presenta

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

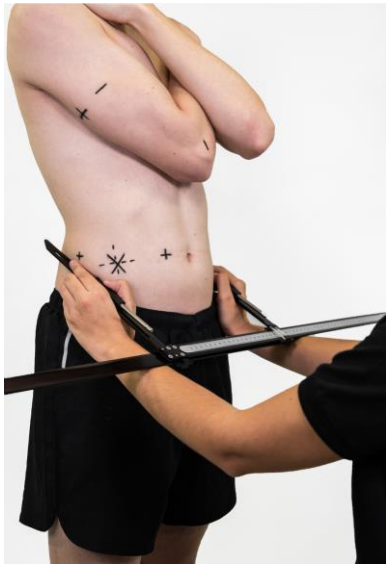
Antropometría



PLIEGUES

PERÍMETROS

LONGITUDES



DIÁMETROS

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

DESARROLLANDO LA ECUACIÓN DE DURNIN Y WOMERSLEY

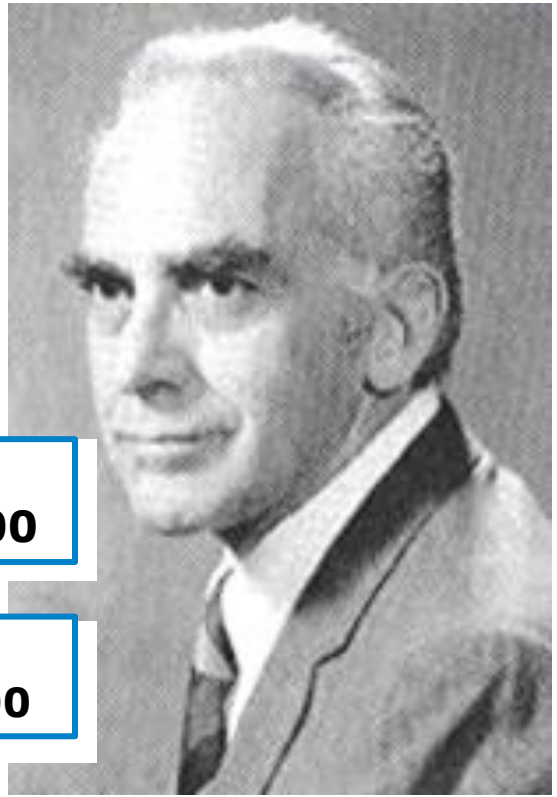
- **1974**
- **Escocia**
- **209 hombres**
  5 - 50 % de grasa
- **272 mujeres**
  10 - 61 % de grasa
- **16 a 72 años**

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

DE LA DENSIDAD CORPORAL (DC) AL PORCENTAJE DE GRASA CORPORAL

Siri (1956)
% de grasa = [(4,95 / DC) - 4,50] * 100

Brozek (1963)
% de grasa = [(4,570 / DC) - 4,142] * 100



ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

POR EJEMPLO

DC = 1,030 g/cm³
% de grasa = [(4,95 / 1,030) - 4,50] * 100
= 30,58% de grasa

DC = 1,089 g/cm³
% de grasa = [(4,95 / 1,089) - 4,50] * 100
= 4,55% de grasa

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

% DE GRASA (ECUACIÓN GENERAL)
DURNIN & WOMERSLEY (1974, ESCOCIA)

Valores normales (Escocia):

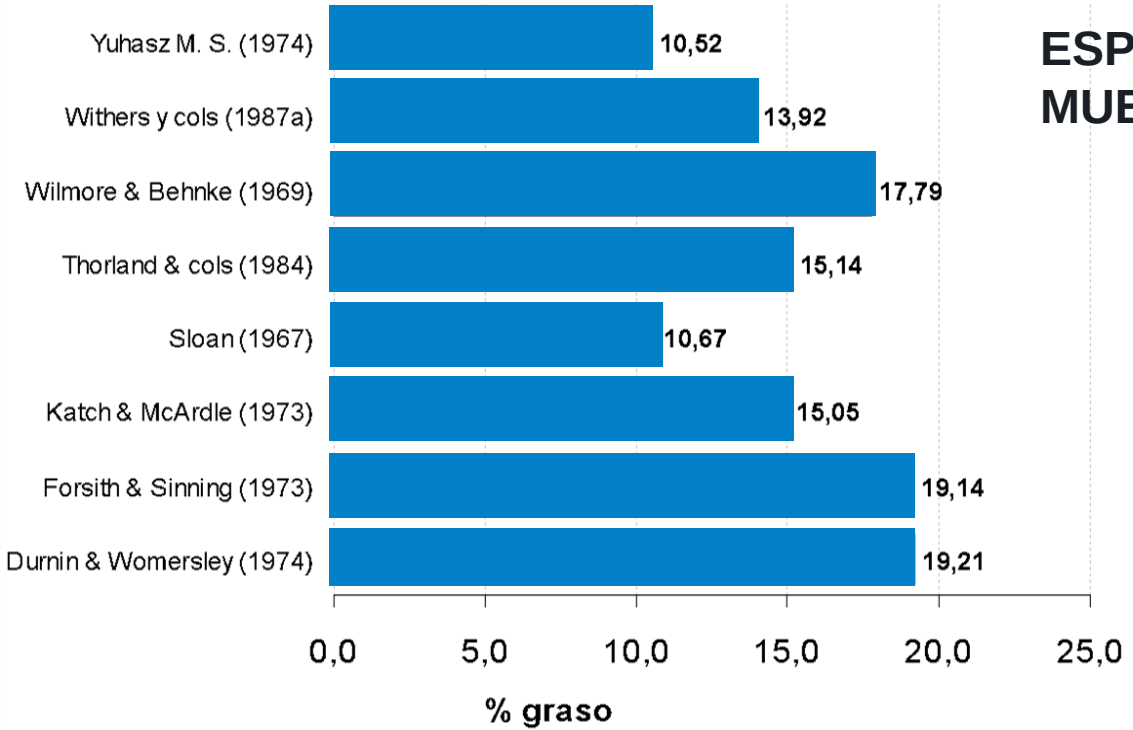
Hombres:

- **% de grasa = 16,5 ± 6,2**
- **n = 1708**

Mujeres:

- **% de grasa = 27,9 ± 7,0**
- **n = 2585**

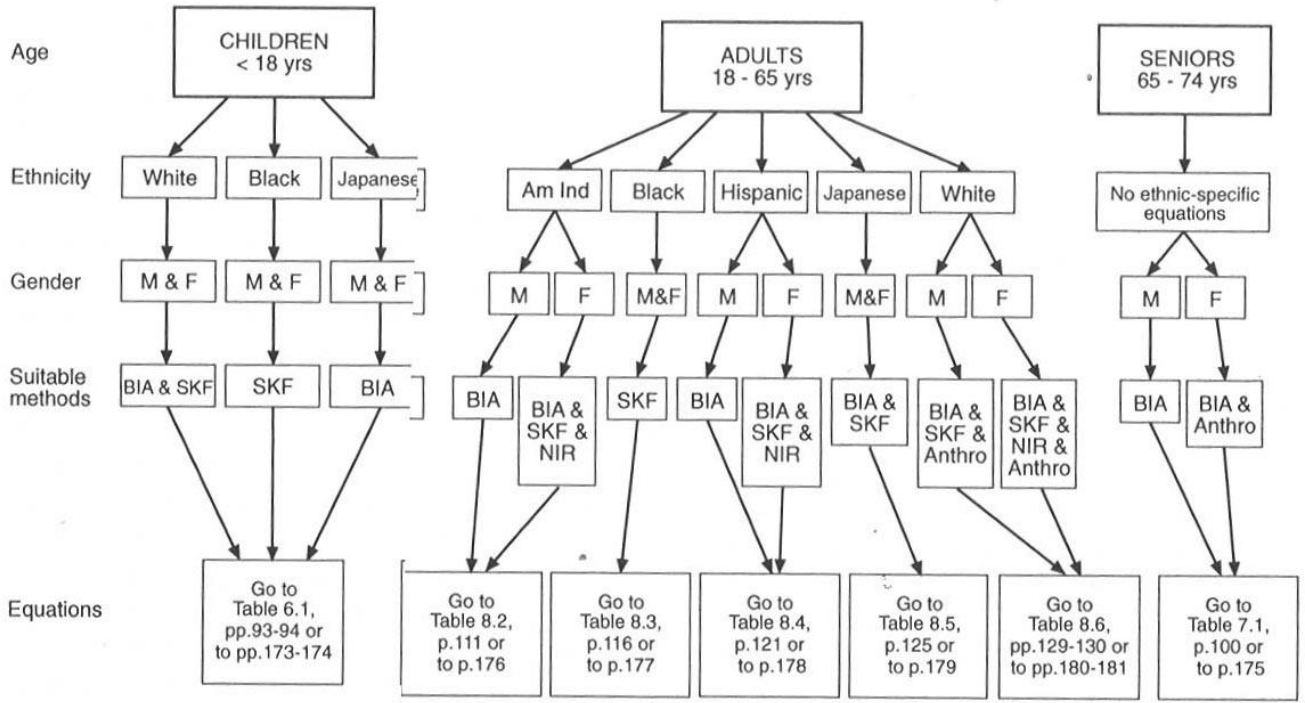
ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)



ESPECIFICIDAD DE LA MUESTRA

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

MÁS DE 100 ECUACIONES....



Heyward, V & Stolarczyk, L (1996) Applied Body Composition Assessment.

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

CINEANTROPOMETRÍA

Modelo bicompartimental

¿EN QUÉ CONSISTE?	Toman una serie de pliegues cutáneos a través de los que estiman la densidad corporal y con esto estiman la masa lipídica. También se puede utilizar el sumatorio de pliegues como variable final.
TIPO DE MÉTODO	**Doble indirecto**
MODELO	**Modelo 2:** **Molecular =** **Masa lipídica** (≠ grasa aunque se denomine así) **+ Masa libre de lípidos** (≠ masa libre de grasa aunque se denomine así)

ESTIMACIÓN DE LA MASA LIPÍDICA (MÉTODO DOBLE INDIRECTO)

Modelo bicompartimental

CINEANTROPOMETRÍA

VENTAJAS	INCONVENIENTES
• No invasivo • Económico • Permite la evaluación en diferentes contextos • Aporta más resultados que la composición corporal	• Se trata de un método doble indirecto, por el que se acumula el error de dos ecuaciones de regresión lineal.

ESTIMACIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO CON CINEANTROPOMETRÍA (MÉTODO INDIRECTO)

Modelo pentacompartimental

TIPO DE MÉTODO	**Indirecto**
MODELO	**Modelo 4: Tisular**
FÓRMULAS	• Modelo de 5 componentes de Kerr
DESVENTA-JAS	• Tiempo de medición por la cantidad de variables incluidas en las fórmulas

ESTIMACIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO CON CINEANTROPOMETRÍA (MÉTODO INDIRECTO)

MODELO DE FRACCIONAMIENTO DE CINCO VÍAS DE KERR-ROSS

Ross, W.D., Kerr, D. A. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva.

Apunts: Educación física y deportes; 18:175-87. 1993.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 04/10/2010. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Fraccionament de la massa corporal: un nou mètode per utilitzar en nutrició clínica i medicina esportiva

Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva

William D. Ross* i Deborah A. Kerr**
* School of Kinesiology, Simon Frase university, Burnaby, B.C Canada V5A iS6.
** Deborah Kerr, Sport Nutricionist, Body Wise 20 Brown Street, Claremunt, Western Australia 6010.

RESUM

Els autors advoquen per l'abandonament dels indexs, els mètodes densitomètrics convencionals i altres mètodes basats en suposicions de constància biológica de les masses tisulars en favor de l'escalament normatiu global del Sistema d'Escala 0 o d'un fraccionament antropomètric de la massa corporal en cinc: pell, teixit adipós, múscul, os i teixit residual. La justificació d'un nou mètode de fraccionament que parteix d'un individu unisex de referència per a unes variables indicatives es presenta en els termes següents: 1) capacitat de la suma de les fraccions estimades per determinar la massa corporal total en 11 subgrups diferents d'individus de tots dos sexes (n = 1,669), i 2) la seva capacitat de predir valors mitjans de masses fraccionàries obtingudes per disecció i determinar el pes corporal total en 25 cadàvers humans de tots dos sexes. També s'adjunten apèndixs per a la definició precisa de les masses fraccionàries estimades i els algorismes emprats en el mètode.

Paraules clau

Antropometria, composició corporal, fraccionament, normes, sistema d'Escala 0

RESUMEN

Los autores abogan por el abandono de los índices, los métodos densitométricos convencionales y otros métodos basados en suposiciones de constancia biológica de las masas tisulares a favor del escalado normativo global del Sistema de Escala 0 o de un fraccionamiento antropométrico de la masa corporal en cinco: piel, tejido adiposo, músculo, hueso y tejido residual. La justificación de un nuevo método de fraccionamiento que parte de un individuo unisex de referencia para unas variables indicativas se presenta en los siguientes términos: 1) capacidad de la suma de las fracciones estimadas para determinar la masa corporal total en 11 subgrupos distintos de individuos de ambos sexos (n = 1,669) y 2) su capacidad para predecir valores medios de masas fraccionarias obtenidas por disección y determinar el peso corporal total en 25 cadáveres humanos de ambos sexos. Se adjuntan también apéndices para la definición precisa de las masas fraccionarias estimadas y los algoritmos utilizados en el método.

Palabras clave

Antropometría, composición corporal, fraccionamiento, normas, sistema de Escala 0

Introducció

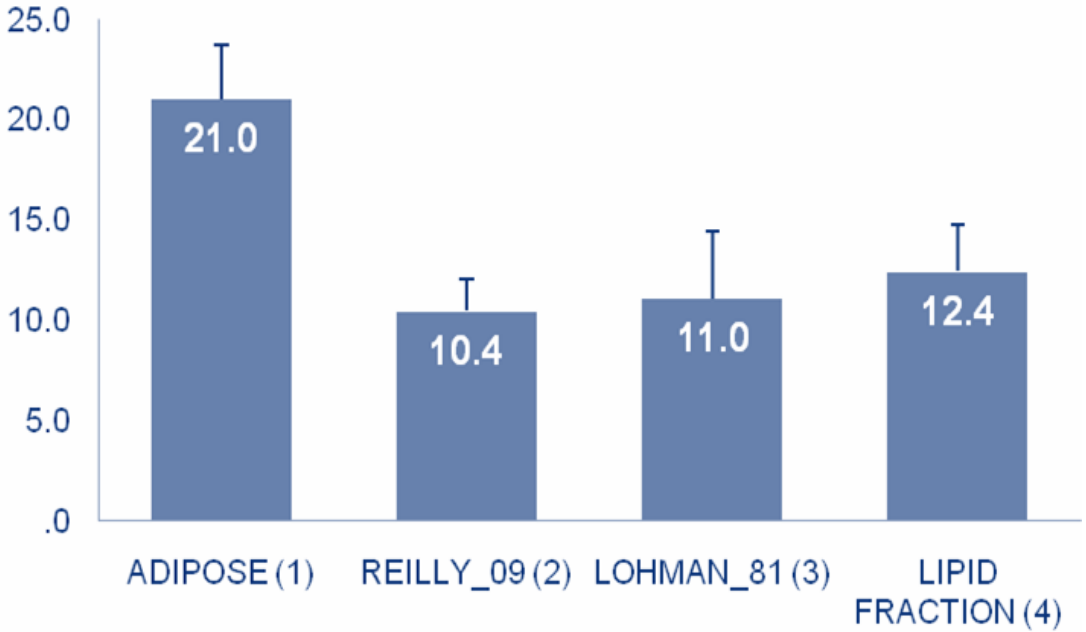
El 1974, cent anys després de la mort d'Adolph Quetelet, considerat el primer cinantropometrista, va aparèixer el primer ordinador personal. L'Altair

Introducción

En 1974, cien años después de la muerte de Adolph Quetelet, considerado como el primer cinantropometrista, apareció el primer ordenador

ESTIMACIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO CON CINEANTROPOMETRÍA (MÉTODO INDIRECTO)

% ADIPOSO VS
% GRASA EN FUTBOLISTAS



ESTIMACIÓN DE LA MASA MUSCULAR, MASA ÓSEA E ÍNDICE MÚSCULO-ÓSEO

ESTIMACIÓN DE LA MASA MUSCULAR

Lee et al (2000): masa muscular calculada por Resonancia Magnética (RM)

Masa Muscular (kg)=

Altura (cm)*(0,00744*CAG (cm) ^{2} + 0,00088*CTG (cm) ^{2} + 0,00441*CCG (cm) ^{2}) + 2,4*sexo – 0,048*edad + etnia + 7,8
(Lee y cols, 2000)

Sexo = 0 mujer; 1 hombre
Etnia = -2,0 asiático; 1,1 afroamericano; 0,0 caucásico & hispano

CAG = pliegue tríceps - π * perímetro brazo relajado
CTG = pliegue muslo - π * perímetro muslo medio
CCG = pliegue pierna - π * perímetro pierna

ESTIMACIÓN DE LA MASA MUSCULAR, MASA ÓSEA E ÍNDICE MÚSCULO-ÓSEO

ESTIMACIÓN DE LA MASA ÓSEA

Ecuación de Martin 1991

Masa ósea (kg)
= 0,60 * 0,0001 * Altura (cm) * Sumatorio de 4 diámetros óseos (cm) ^{2}

Sumatorio de 4 diámetros óseos =
húmero + fémur + biestiloideo + bimaleolar

ESTIMACIÓN DE LA MASA MUSCULAR, MASA ÓSEA E ÍNDICE MÚSCULO-ÓSEO

ESTIMACIÓN DE LA MASA ÓSEA

Ecuación Von Dobeln

Masa ósea (kg) =

$$3{,}02 \times \text{altura (m)} \times \text{diámetro biestiloideo (m)} \times \text{diámetro fémur (m)} \times 400)^{0.712}$$

COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

¿CUÁL ES EL RESULTADO DE TODO ESTO?

¿QUÉ DICE LA LITERATURA RECIENTE SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL?

COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

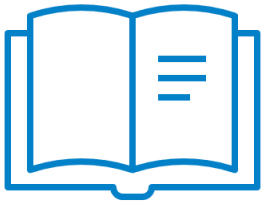
Se comenten errores como comparar los resultados reportados por el DEXA (TEJIDO ADIPOSO-Modelo 4: Tisular) con el resto de métodos (TEJIDO LIPÍDICO-Modelo 2: Molecular)

Los resultados de los diferentes métodos no son comparables, pero sí fiables.

Al realizar un estudio longitudinal o transversal se ha de mantener/utilizar el método, máquina y fórmula.

En general, los métodos más económicos (Kinantr y BIA) presentan problemas de validez en la mayoría de sus fórmulas. Dentro de ellos la antropometría muestra mayor validez que la BIA.

BIA válida para analizar poblaciones. No es válida para analizar el % graso en individuos



BIA válida para analizar poblaciones. No es válida para analizar el % graso en individuos

Menos investigaciones sobre masa muscular pero la tendencia es la misma

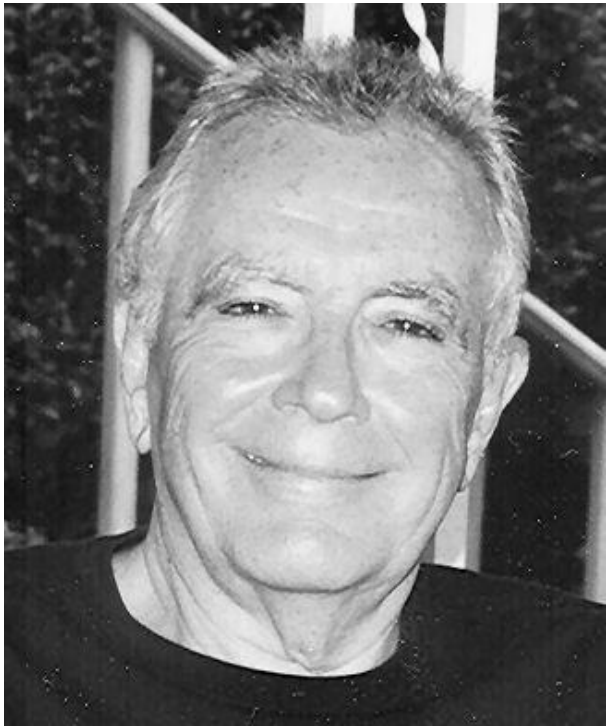
ALTERNATIVAS A LA COMPOSICIÓN CORPORAL DENTRO DE LA ANTROPOMETRÍA

SUMATORIO DE PLIEGUES Y PERÍMETROS CORREGIDOS

¿Por qué no utilizar sólo los pliegues como indicador de adiposidad?

FRANCIS JOHNSTON, 1982

Dr. Francis E. Johnston
Departamento de Antropología
Universidad de Pensilvania
EEUU

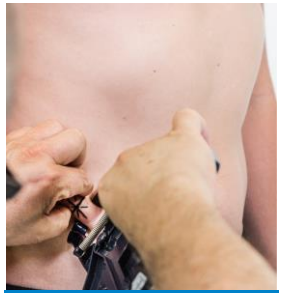


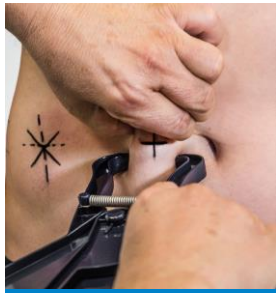
ALTERNATIVAS A LA COMPOSICIÓN CORPORAL DENTRO DE LA ANTROPOMETRÍA

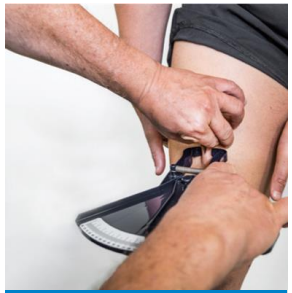
UN MÉTODO RÁPIDO PARA EVALUAR:
Σ 6 PLIEGUES

Tríceps

Subescapular


Supraespinal


Abdominal


Muslo

Pierna

ALTERNATIVAS A LA COMPOSICIÓN CORPORAL DENTRO DE LA ANTROPOMETRÍA

VALORES NORMALES PARA 6 PLIEGUES

	PERCENTILES						
	5%	15%	25%	50%	75%	85%	95%
♀	61,9	69,5	76,4	91,5	112,4	121,6	145,2
♂	33,6	47,1	52,6	65,6	84,2	94,3	115,9

Muestra ARGOREF (2005)

ALTERNATIVAS A LA COMPOSICIÓN CORPORAL DENTRO DE LA ANTROPOMETRÍA

SPORT	SUM 6 (mm)	SD (mm)
ATLETISMO Maratón	**37**	10
ATLETISMO **Fondo**	**35**	9
ATLETISMO **Marcha**	**38**	7
ATLETISMO **Medio Fondo**	**37**	7
ATLETISMO **Velocidad**	**39**	9
ATLETISMO **Salto Altura**	**40**	12
ATLETISMO **Salto Longitud**	**39**	9
ATLETISMO **Salto Pértiga**	**40**	10
ATLETISMO **Pruebas Combinadas**	**48**	17
ATLETISMO **Lanzamiento Martillo**	**96**	32
BALONCESTO Base	**56**	20
BALONCESTO **Escolta**	**53**	12
BALONCESTO **Alero**	**60**	21
BALONCESTO **Ala-pívot / Pívot**	**75**	27
CICLISMO	**44**	12
FÚTBOL	**50**	14
JUDO 60-65 Kg.	**44**	10
JUDO **71-78 Kg.**	**49**	8
JUDO **86-95 Kg.**	**62**	19
NATACIÓN	**56**	18
PIRAGÜISMO	**51**	14
REMO	**46**	12
TIRO OLÍMPICO	**107**	46
TRIATLÓN (Pretemporada)	**47**	13
VOLEIBOL	**49**	13

SUMA DE 6 ATLETAS MASCULINOS (CARTER, JEL)

ALTERNATIVAS A LA COMPOSICIÓN CORPORAL DENTRO DE LA ANTROPOMETRÍA

DEPORTE	SUMA DE 6 (mm)	SD (mm)
ATLETISMO Maratón	**45,0**	10,9
ATLETISMO Fondo	**48,6**	12,3
ATLETISMO Medio Fondo	**57,5**	15,7
ATLETISMO Velocidad	**56,3**	13,1
ATLETISMO Salto Altura	**60,4**	23,4
ATLETISMO Salto Longitud	**49,3**	14,4
ATLETISMO Pruebas Combinadas	**58,9**	13,2
ESGRIMA	**71,8**	28,6
GIMNASIA ARTÍSTICA	**40,2**	13,4
GIMNASIA RÍTMICA	**46,7**	12,8
G. TRAMPOLÍN	**81,9**	21,6
HOCKEY	**78,0**	21,7
JUDO	**77,8**	29,1
NATACIÓN	**82,7**	25,0
PIRAGÜISMO	**66,9**	16,5
REMO (Montreal 76)	**75,2**	18,8
TIRO OLÍMPICO	**115,6**	41,3
TRIATLÓN	**59,3**	14,6

SUMA DE 6 ATLETAS FEMENINAS (CARTER, JEL)

BIBLIOGRAFÍA

- Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Marfell-Jones M (2019). Protocolo Internacional Para La Valoración Antropométrica
- Alan Martin (1984). PhD Thesis, SFU, Canada
- Behnke, A. R. (1942). Bull N Y Acad Med 18(9): 561-585.
- Heyward, V & Stolarczyk, L (1996). Applied Body Composition Assessment.
- Ross, W.D., Kerr, D. A. (1991). Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva.
- International Journal of Obesity ISSN 1476-5497.