

La cineantropometria com anàlisi dinàmica: Tècnica, raó o filosofia

La cineantropometría como análisis dinámico: Técnica, razón o filosofía

Dr. Delfin Galiano Orea

Centre de Medicina de l'Esport de Barcelona. Secretaria General de l'Esport. Generalitat de Catalunya

"Aquesta representació del cos humà tal com jo la veig apareixerà als teus ulls en tota la seva naturalitat, si volem conèixer l'estructura de l'home anatómic has de considerar-lo des de diferents angles".

Leonardo da Vinci

¿Va intuir Leonardo da Vinci que la tecnologia de futur permetria "veure" el cos humà des de diferents òrgans? ¿Hem convertit l'anàlisi de l'estructura corporal en una forma de tantes sobre la filosofia del cos humà, sense apreciar les possibilitats d'avenç sobre el fet esportiu?

La resposta a aquests interrogants la podem buscar en algunes referències històriques:

Andreas Versalius (1514-1564), en el seu *De Humani Corporis Fabrica* (1543) desenvolupà el mètode de l'observació ja que els estudis han de ser sotmesos a revisió i comprovació; Galileo Galilei ja desenvolupà els teoremes bàsics sobre l'estructura, la forma i la composició del cos humà; Alphonso Borelli (1608-1679) a *De Motu Animalium* descriu el moviment en funció dels ossos i músculs; Einstein (1933) en els seus *Assaigs científics* afirma que "... la ment humana estableix primer la construcció de la forma independentment que amb anterioritat poguem descobrir l'home"; Torricelli, a la seva obra *Sea of Air* estableix el concepte de l'espai que ocupa un cos; Newton (1642-1727) va establir les lleis bàsiques de la biomecànica i la cineantropometria i, finalment, Lambert Jacques Quetelet (1796-1874) és considerat com el primer cineantropo-

"Esta representación del cuerpo humano tal como yo la veo aparecerá a tus ojos en toda su naturalidad, si queremos conocer la estructura del hombre anatómico debes considerarlo desde distintos ángulos."

Leonardo da Vinci

¿Intuyó Leonardo da Vinci que la tecnología de futuro permitiría "ver" el cuerpo humano desde distintos órganos? ¿Hemos convertido el análisis de la estructura corporal en una forma de tantas sobre la filosofía del cuerpo humano, sin apreciar las posibilidades de avance sobre el hecho deportivo?

La respuesta a estos interrogantes las podemos buscar en algunas referencias históricas:

Andreas Versalius (1514-1564) en su *De Humani Corporis Fabrica* (1543), desarrolló el método de la observación puesto que los estudios deben ser sometidos a revisión y comprobación; Galileo Galilei ya desarrolló los teoremas básicos sobre la estructura, forma y composición del cuerpo humano; Alphonso Borelli (1608-1679) en *De Motu Animalium* describe el movimiento en función a los huesos y músculos; Einstein (1933) en sus *Ensayos Científicos* afirma que... la mente humana establece primero la construcción de la forma con independencia a que con anterioridad podamos descubrir al hombre...; Torricelli en su obra *Sea of Air* establece el concepto del espacio que ocupa un cuerpo; Newton (1642-1727) estableció las leyes básicas de la biomecánica y la cineantropometría y finalmente Lambert Jacques Quetelet (1796-1874) es considerado como el primer cineantropometris-

pometrista iniciant-se com a professor de matemàtiques a la Universitat de Gant el 1841.¹⁰

Des d'aleshores fins als nostres dies s'ha intentat situar la cineantropometria dins el marc de les ciències humanes (Biologia). Koestler, el 1964, fou aquí, per facilitar l'anàlisi del cos humà, situà el ventall de les ciències en funció de l'objectivitat i la subjectivitat dins el camp científic, confirmant que l'estudi de l'estructura corporal es troba dins el més objectiu sota el camp de la biologia.

L'actual concepte de cineantropometria representa, en el seu contingut, la relació entre el creixement ossi, l'activitat física i l'estat nutricional de l'esportista. No està considerada com una ciència exacta tot i que la seva tasca principal és "caracteritzar les diferències entre individus i grups en funció de l'activitat motora desenvolupada per un esportista". El fet que les dimensions antropomètriques siguin responsables d'un nombre significatiu de variacions en el rendiment físic, fa suggestiu l'estudi avaluatiu i descriptiu de l'esportista. L'any 1628 Gerard Thibault analitzà les mesures d'un practicant d'esgrima amb tant de detall que difícilment es poden trobar en estudis més moderns.

Estudi sobre grans poblacions

Dels estudis longitudinals destaquen els realitzats per Eiben el 1977 sobre població hongaresa basats en l'anàlisi de la proporcionalitat del pes en ambdós sexes al llarg de l'edat evolutiva (figura 1), així com l'estudi en cent nens de l'evolució dels plecs grassos.

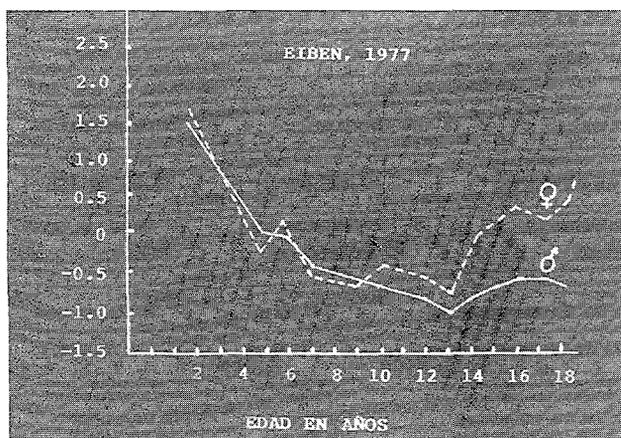


Figura 1

En el Centre de Medicina de l'Esport de Barcelona ha estat estandarditzat cineantropomètricament l'esportista d'alt nivell de rendiment sota un patró transversal de 1.305 esportistes.²

S'establiren consideracions sobre edats d'apre-

ta iniciant-se com a professor de matemàtiques de la Universidad de Gant en 1841.¹⁰

Desde entonces hasta nuestros días se ha intentado situar la Cineantropometría dentro del marco de las ciencias humanas (Biología). Fue Koestler en 1964 quien para facilitar el análisis del cuerpo humano situó el abanico de las ciencias en función a la objetividad y subjetividad dentro del campo científico, confirmando que el estudio de la estructura corporal se encuentra dentro de lo más objetivo bajo el campo de la biología.

El actual concepto de cineantropometría representa en su contenido la relación entre el crecimiento óseo, la actividad física y el estado nutricional del deportista. No está considerada como una ciencia exacta a pesar de que su principal tarea es "caracterizar las diferencias entre individuos y grupos en función de la actividad motora desarrollada por un deportista". El hecho que las dimensiones antropométricas sean responsables de un número significativo de variaciones en el rendimiento físico, hace sugestivo el estudio evaluativo y descriptivo del deportista. En el año 1628, Gerard Thibault, analizó las medidas de un practicante de esgrima con tanto detalle que difícilmente se pueden encontrar en estudios más modernos.

Estudio sobre grandes poblaciones

De los estudios longitudinales destaca los realizados por Eiben en 1977 sobre población húngara basados en el análisis de la proporcionalidad del peso en ambos sexos a lo largo de la edad evolutiva (Figura 1). Así como el estudio en 100 niños de la evolución de los pliegues grasos.

En el Centro de Medicina del Deporte de Barcelona ha sido estandarizado cineantropométricamente al deportista de alto nivel de rendimiento bajo un patrón transversal de 1.305 deportistas.²

Se establecieron consideraciones sobre edades de aprendizaje en deportes colectivos, relación entre edades y volúmenes de entrenamiento, importancia de la envoltura grasa, incidencia del pliegue subescapular en deportes de contacto físico, análisis del porcentaje graso en función a las diferentes especialidades deportivas y puestos específicos dentro de éstas, creándose la necesidad de establecer factores de corrección sobre el peso magro, según los porcentajes grasos establecidos.

Se aportan los márgenes de proporcionalidad de EEII en ambos sexos por su incidencia en el centro de gravedad y gestos biomecánicos (entre 50,18% y 54,78% en mujeres; entre 52% y 55,6% en hombres).

Especial distribución de los pliegues grasos en mujeres, descripción del somatotipo como la imagen gráfica más exacta en la valoración corporal de la actividad física, con patrón ectomórfico-

nentatge en esports col·lectius, relació entre edats i volums d'entrenament, importància de l'embolcall gras, incidència del plec subescapular en esports de contacte físic, anàlisi del percentatge gras en funció de les diferents especialitats esportives i llocs específics dins aquestes creant la necessitat d'establir factors de correcció sobre el pes magre segons els percentatges grassos establerts.

S'aporten els marges de proporcionalitat d'EEI en ambdós sexes per la seva incidència en el centre de gravetat i gestos biomecànics (entre 50,18% i 54,78% en dones; entre 52% i 55,6% en homes).

Una especial distribució dels plecs grassos en dones, descripció del somatotip com la imatge gràfica més exacta en la valoració corporal de l'activitat física, amb patró ectomòrfic-endomorf amb tendència al balanç mesomòrfic; en l'estudi es defineix el somatotip per a les diferents especialitats esportives.

Descens en els marges d'error en utilitzar com a somatotip de referència tant les desviacions per excés com per defecte.

Al·lometria

Tenint en compte que la biotipologia es troba sotmesa a una sèrie de sistemes de valoració i tabulació, i fins i tot a unes lleis de deducció científica pel que fa a les observacions realitzades sobre els canvis en el cos humà, és imprescindible la creació d'un model metafòric. ¿Tenim en compte el model de Policlet, descrit a la seva obra *Dorifor*, 500 anys abans de Jesucrist? ¿Ens mantenim fidels a l'ens imaginari creat per Ross i Wilson sobre població extrapolable?, ¿o desenvolupem models biomètrics basats en els diferents rols socials en funció de l'activitat física?

En la recerca de la relació cos-funció neix l'al·lometria, definida el 1966 per Gould com l'"estudi del creixement i la variabilitat amb l'objectiu de designar les diferents correlacions proporcionals als canvis en el format del cos o les parts específiques sotmeses a consideració".

Es basa en l'equació Ecuació Al·lométrica, $Y = aX^b$

En un intent de recopilar les representacions qualitatives de les conseqüències de les dimensions corporals cal ressenyar alguns exemples al·lomètrics:

- Si un elefant requereix més menjar que un ratolí i gra a gra és el ratolí el que més en necessita, tot dependrà del quocient metabòlic d'ambdós animals, la part que es converteix en dispersió de calor i que es converteix en energia. El 1932 Max Kleiber mesurà la raó metabòlica dels animals en funció de les seves dimensions; sis anys després F.G. Benedict presentà la totalitat dels animals en una corba que anomenà "Corba del ratolí a

endomorf con tendencia al balance mesomórfico; en el estudio se define el somatotipo para las diferentes especialidades deportivas.

Descenso en los márgenes de error al utilizar como somatotipo de referencia tanto las desviaciones por exceso como por defecto.

Alometría

Teniendo en cuenta que la biotipología se encuentra sometida a una serie de sistemas de valoración y tabulación, e incluso a unas leyes de deducción científica en lo que respecta a las observaciones realizadas sobre los cambios en el cuerpo humano; se hace imprescindible la creación de un Modelo Metafórico. ¿Tenemos en cuenta el modelo de Polyklytos Doryphorus 500 años antes de C., nos mantenemos fieles al Ente Imaginario creado por Ross y Wilsson sobre población no extrapolable, o desarrollamos Modelos Biométricos basados en los diferentes roles sociales en función a la actividad física?

En la búsqueda de la relación Cuerpo-Función nace la Alometría, definida por Gould en 1966 como:

"Estudio del crecimiento y variabilidad con el objetivo de designar las diferentes correlaciones proporcionales a los cambios en el tamaño del cuerpo o partes específicas sometidas a consideración".

Se basa en la ecuación Ecuación Alométrica,
 $Y = aX^b$

En un intento de recopilar las representaciones cualitativas de las consecuencias del tamaño corporal caben reseñar algunos ejemplos alométricos:

- Si un elefante requiere más comida que un ratón y grano a grano es el ratón el que más necesita, todo dependerá del cociente metabólico de ambos animales, la parte que se convierte en dispersión de calor y la que se convierte en energía. En 1932 Max Kleiber midió la razón metabólica de los animales en función a su tamaño; y 6 años después F.G. Benedict presentó la totalidad de los animales en una curva que dió a llamar "Curva del ratón al elefante", concluyendo con la siguiente ecuación.¹

$$\text{Metabolismo Basal} = 70,5 M^{0,73}$$

donde M es el peso en kg y el metabolismo basal se expresa en kilocalorías por día.

- Otros ejemplos alométricos se han publicado destacando el realizado en 1927 por Sir Julian Huxley quien basó su estudio en la relación entre los huevos y el tamaño de los pájaros.⁸ En la figura 2 se muestra un ejemplo de alometría de los pájaros donde se observa la relación entre

l'elefant", que conclogué amb la següent equació:¹

$$\text{Metabolisme basal} = 70,5 M^{0,73}$$

on M és el pes en kg i el metabolisme basal s'expressa en quilocalories per dia.

– Altres exemples al·lomètrics han estat publicats, dels quals destaca el realitzat el 1927 per sir Julian Huxley, qui basà el seu estudi en la relació entre els ous i les dimensions dels ocells.⁸ A la figura 2 es mostra un exemple d'al·lometria dels ocells, on s'observa la relació entre format i funció, entenent aquesta com a "vida animal".

$$m \text{ de l'ou} = 0,198 (m \text{ de l'adult})^{0,77}$$

– I fins i tot l'equació al·lomètrica dels cèrvols i llurs banyes:

$$m \text{ de la banya} = 0,00089 (m \text{ de l'adult})^{1,72}$$

– El 1982 Taylor calculà la relació entre el quocient metabòlic i la cursa dels mamífers en el seu increment lineal de la velocitat. És doncs en aquest exemple on el concepte moviment fa més palesa la seva aplicació a la dinàmica del fet esportiu. Hi ha altres estudis com els desenvolupats per Koepl i Hoffman, on empen l'al·lometria com a factor de predicció en el camp de l'esport, sent aquí on es poden assentar les bases actuals de la proporció del cos humà.

Composició corporal: avenços

En l'àmbit esportiu resalta la importància del seguiment en les modificacions de l'estructura corporal; quan Hipòcrates definí el concepte de salut, començà a instaurar un axioma científic:¹⁰ "És bàsicament l'estat en el qual aquests constituents: sang, bilis groga, bilis negra i flegma estan en una proporció correcta".

A la figura 3 es troben els models basats en Katch-Carter, de dos components molt inexactes, ja que el teixit adipós no solament és compost de greix sinó que també hi ha aigua, proteïnes, teixits vasculars, etc.

Destaquem el model de Matieka, 1921, qui derivà en equacions derivades d'una mostra reduïda de cadàvers i el de Drinkwater i Ross, 1980, modificant els models de Matieka, separant el greix del teixit adipós i extrapolant a un model de referència de variables antropomètriques conegudes.

En 1980 De Rose i Guimaraes desenvoluparen un model de 4 components que utilitzà l'equació de Faulkner per a la massa grassa, l'equació de Van Dobein-Rocha per a la massa òssia, una constant de Worch per a la massa residual i la fórmula de Matieka per a la massa muscular. Aquests models s'han adaptat a les diverses tecnologies:

La impedància bioelèctrica es basa en la con-

tamaño y función, entendiendo esta como "vida animal".

$$m \text{ del huevo} = 0,198 (m \text{ del adulto})^{0,77}$$

– E incluso la ecuación alométrica de los cuernos y sus cuernos:

$$m \text{ del cuerno} = 0,00089 (m \text{ del adulto})^{1,72}$$

– Taylor en 1982 calculó la relación entre el cociente metabólico y la carrera de los mamíferos en su incremento lineal de la velocidad. Es pues en este ejemplo donde el concepto movimiento hace más patente su aplicación a la dinámica del hecho deportivo. Existen otros estudios como los desarrollados por Koepl y Hoffman, donde usa de la Alometria como factor de predicción en el campo del deporte, siendo aquí donde pueden asentarse las bases actuales de la proporción del cuerpo humano.

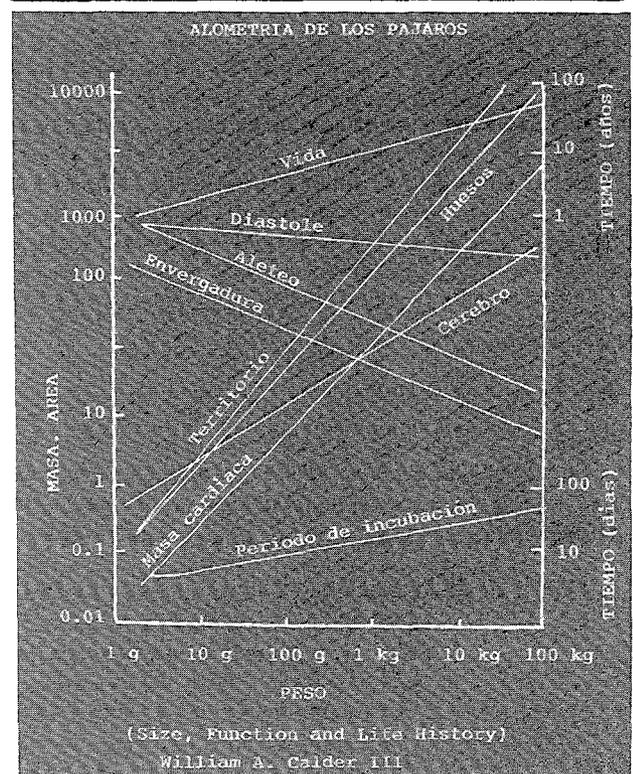


Figura 2

Composició Corporal: Avances

En el àmbit deportiu resalta la importància del seguiment en les modificacions de la estructura corporal; cuando Hipòcrates definí el concepte de salut començò a instaurar un axioma científic.¹⁰

"Es básicamente el estado en el que dichos constituyentes: sangre, bilis amarilla, bilis negra y flegma, están en una correcta proporción".

En la figura 3 se encuentran los modelos basados en Katch-Carter, de 2 componentes muy in-

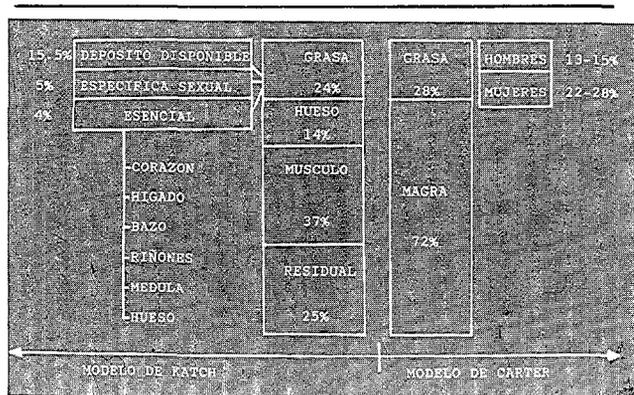


Figura 3

ductivitat dels diferents components corporals. El problema d'aquesta tècnica es troba en el grau d'hidratació (índex d'hidratació o de deshidratació), ja que el nombre d'electròlits de l'aigua limiten directament la capacitat conductiva dels components. Aquest "índex d'hidratació" es modifica segons la forma de l'esportista, règims dietètics, estat de salut i cicle circadià.

La densiometria pretén estandarditzar la massa negra amb una densitat constant, fet fals ja que el greig és compost per proteïnes i teixits vasculars. I, per tant, la massa magra conté músculs i ossos. La densitat pot ser determinada per pesatge hidrostàtic o volum d'aigua desplaçat.

S'han utilitzat mètodes químics, com dilució en He; isòtops 42 i 40 de potassi; dilució isotòpica amb antipirina, òxid de deuteri o triti i absorció de gas inert.

Els ultrasons, el TAC i el NIR o llum infraro per sistema Frutrex 5000⁹ es troben entre els diferents sistemes.

Alan Desmond Martin realitzà una comprovació que demostra les grans diferències que hi ha segons les metodologies de càlcul (figura 4). Així mateix ha aportat una inestimable experiència amb la seva tesi doctoral realitzada sota el títol *An Anatomical Basis for Assessing Human Body Composition: Evidence from 25 Dissections* (Simon Fraser University, 1984).⁷

Una utilització posterior d'aquesta tesi doctoral ens permet realitzar una aproximació més exacta als models de referència i a les metodologies estudiades.³ Algunes dades dels seus resultats es poden extrapolar als criteris actuals d'ectomorfisme corporal sota una detallada elecció dels individus en base als utilitzats per Martin.

L'insigne professor de la Universitat de Manitoba ens ha permès la selecció de tots els paràmetres recollits en cadàvers, pel Centre de Medicina de l'Esport de Barcelona, on s'escolliren els necessaris per al càlcul del somatotip i la composició corporal pels mètodes biomètrics. S'establí la correlació (R) com a senyal de dependència entre la composició corporal mitjana directament (dissec-

xactos pues el tejido adiposo no sólo está compuesto de grasa sino que también existe agua, proteínas, tejidos vasculares, etc.

Destacan el modelo de Matieka, 1921 que derivó en ecuaciones derivadas de una muestra reducida de cadáveres y el de Drinkwater y Ross, 1980, modificando los modelos de Matieka separando la grasa del tejido adiposo y extrapolando a un modelo de referencia de variables antropométricas conocidas.

De Rose y Guimaraes, 1980, desarrollaron un modelo de 4 componentes que utiliza la ecuación de Faulkner para la masa grasa, la ecuación de Van Dobel-Rocha para la masa ósea, una constante de Worch para la masa residual y la fórmula de Matieka para la masa muscular.

Estos modelos se han adaptado a las diversas tecnologías:

La impedancia bioeléctrica se basa en la conductividad de los diferentes componentes corporales. El problema de esta técnica se encuentra en el grado de hidratación (índice de hidratación o deshidratación) pues el número de electrolitos del agua limitan directamente la capacidad conductiva de los componentes. Este "índice de hidratación" se modifica según la forma del deportista, regímenes dietéticos, estado de salud y ciclo circadiano.

La Densiometría pretende estandarizar la masa magra con una densidad constante, hecho falso pues la grasa está compuesta por proteínas y tejidos vasculares. Y por tanto la masa magra contiene músculos y huesos. La densidad puede determinarse por pesaje hidrostático o volumen de agua desplazado.

Habiéndose utilizado métodos químicos como Dilución en He; Isótopos 42 y 40 de Potasio; dilución isotópica con antipirina, óxido de deuterio o tritio; y absorción de gas inerte.

Los ultrasonidos, el T.A.C y el N.I.R o luz infrarroja por sistema Futrex 5000⁹ se encuentran entre los diferentes sistemas.

Alan Desmond Martin realizó una comprobación que demuestra las grandes diferencias que se pre-

COMPROBACION DE MARTIN	
⁴² K corporal.....	21.0 %
Antropometría.....	18.5 %
B.I.T.....	13.3 %
Pesaje hidrostático.....	9.6 %
H ₂ O tritiada.....	6.0 %

Figura 4

ció de cadàvers) i la calculada sota formulació biomètrica prèvia a la dissecció. Malgrat que els cadàvers utilitzats per A. Martin presentaren una mitjana d'edat elevada no impedeixen la seva anàlisi posterior juntament amb les tècniques biomètriques actuals, ja que lògicament han estat considerades en elles mateixes sense ànim comparatiu i si d'aplicació posterior. Els resultats foren els següents:

1. Correlació molt alta entre l'endomorfisme i el % gras calculat pel mètode dels quatre components, utilitzant l'equació de Faulkner (taula I), cosa que reflecteix que aquest component del somatotip és fiable per a l'aplicació del predomini gras en ambdós sexes. La relació és menor quan l'endomorfisme es calcula sobre la població de cadàvers.

	PORCENTAJE GRASO				1863 A 1956	PORCENTAJE MUSCULAR				1863 A 1956
	FAULKNER		MARTIN			FAULKNER		MARTIN		
	M	F	M	F		M	F	M	F	
ENDO	0.90	0.94	0.69	0.48	x	0.45	0.61	0.40	0.40	x
MESO	0.09	0.40	0.23	0.34	x	0.39	0.13	0.52	0.50	x
ECTO	0.39	0.69	0.23	0.52	0.40	0.07	0.20	0.20	0.17	0.05

Taula 1 / Tabla 1

2. A causa del fet real de fraccionament d'un cadàver s'observen índexs valorables entre el % muscular i l'endomorfisme. Tanmateix, és evident que el mesomorfisme presenta més independència quan es dissectiona el component muscular (taula II).
3. Si l'ectomorfisme és la mostra de la linealitat de l'individu, en allò que es refereix a la seva relació amb càlculs en esportistes i cadàvers s'aprecia que demostra millors índexs de correlació amb el % gras, cosa que demostra que les formulacions dirigides a la seva expressió en relació amb les disseccions portades a terme no reflecteixen realment la imatge morfològica d'un individu.

4. L'extrapolació a percentatges reals de les equacions biomètriques s'expressen en funció dels índexs de correlació que així ho permeten. Les formulacions s'expressen a la taula III.

Pot semblar presumptuós afirmar que la solució als marges d'error existents en la dissecció (sobretot en no ser població esportiva i amb un component músculo-esquelètic i lineal menor) i l'ús d'equacions doblement indirectes basades en la biometria, es troba en l'aplicació de la Ressonància Magnètica Nuclear (R.M.N.) com a metodologia correctora, desenvolupada per J. Porta en la seva

sentan segun las metodologias de cálculo (Figura 4), asimismo ha aportado una inestimable experiencia con su tesis doctoral realizada bajo el título: "An Anatomical Basis for Assessing Human Body Composition: Evidence from 25 Dissections" (Simon Fraser University, 1984).⁷

Un posterior empleo de esta tesis doctoral nos permite realizar una aproximación más exacta a los modelos de referencia y a las metodologías estudiadas.³ Algunos datos de sus resultados pueden extrapolarse a los criterios actuales del ectomorfismo corporal bajo una detallada elección de los sujetos en base a los utilizados por Martin.

El insigne profesor de la Universidad de Manitoba nos ha permitido la selección de todos los parámetros recogidos en cadáveres, por el Centro de Medicina del Deporte de Barcelona, donde se escogieron los necesarios para el cálculo del somatotipo y la composición corporal por los métodos biométricos. Se estableció la correlación (R) como señal de dependencia entre la composición corporal medida directamente (dissección de cadáveres) y la calculada bajo formulación biométrica previa a la dissección. A pesar de que los cadáveres usados por A. Martin presentaron una media de edad elevada no impiden su posterior análisis junto a las técnicas biométricas actuales pues lógicamente han sido consideradas en si mismas sin ánimo comparativo y si de aplicación posterior. Los resultados fueron los siguientes:

1. Muy alta correlación entre el endomorfismo y el % gras calculado por el método de los cuatro componentes, usando la ecuación de Faulkner (Tabla I). Lo que refleja que esta componente del somatotipo es fiable para la aplicación del predominio graso en ambos sexos. La relación es menor cuando el endomorfismo se calcula sobre la población de cadáveres.
2. Debido al hecho real de fraccionamiento de un cadáver se observan índices valorables entre el % muscular y el endomorfismo. No obstante, es evidente, que el mesomorfismo presenta mayor

	% GRASO	SIGNIFICANCIA	
M	0.66	p < 0.95	p < 0.99
F	0.56	p < 0.95	
M / F	0.40	n. s.	

Taula 2 / Tabla 2

tesi doctoral dirigida pel Prof. Tejedo de la Facultat de Medicina de Barcelona. Les dades preliminars es poden resumir en:

- S'aprecien errors globals de mesurament entre el 25% i el 63% en el format del plec gras, i del 14% al 23% en el diàmetre ossi. Per tant, apareixen diferències prou importants per fer un nou plantejament sobre la composició corporal desenvolupada pels mètodes coneguts.

SEXO MASCULINO

% GRASO REAL = % G. FAULKNER - 6.036 / 0.277

SEXO FEMENINO

% GRASO REAL = % G. FAULKNER - 6.465 / 0.249

Taula 3 / Tabla 3

- La variabilitat de mesurament és més significativa quan els esportistes presenten un ectomorfisme molt semblant.
- A les imatges radiogràfiques per R.M.N. s'aprecien les diferències estructurals entre els dos subjectes en estudi, fet que fa pensar en la possible relació amb els marges d'errors.
- Comença a entreveure's que l'observació per R.M.N. de subjectes amb hipertrofia del component muscular pot condicionar el rendiment de l'esportista (figura 5).
- Si emprem un patró comparatiu per als resultats, com és la metodologia de Lohman (recordem que utilitza els plecs de tríceps i panxell) s'aprecien les grans diferències en el component greixós, en els percentils de valoració, en el rang que ocupen dins la població general i els marges de pes establerts (taula IV).

Sistemes d'aplicació per Software

Actualment hi ha diversos sistemes d'aplicació pràctica sobre la valoració de l'estructura corporal en un esportista:

- Sistema dels quatre components, explicat i exemplificat més amunt.
- O-Scale System.
- Grans poblacions: M. Lohman.
- Ús de factors de correcció del pes.

El sistema O-Scale no pretén substituir els sistemes convencionals iniciats per Arquímedes fa 2.200 anys i que es fonamenten en el càlcul de la densitat corporal en dos models: 0,90 gr per al greix i 1,10 gr per al component no greixós.

dependència cuando se disecciona el componente muscular (Tabla II).

3. Si el ectomorfismo es la muestra de la linealidad del individuo, en lo referente a su relación con cálculos en deportistas y en cadáveres, se aprecia que demuestra mejores índices de correlación con el % graso, lo que demuestra que las formulaciones dirigidas a su expresión con respecto a las disecciones llevadas a cabo, no reflejan realmente la imagen morfológica de un individuo.

4. La extrapolación a porcentajes reales de las ecuaciones biométricas se expresan en función a los índices de correlación que así lo permiten. Las formulaciones se expresan en la tabla III.

Puede parecer presuntuoso afirmar que la solución a los márgenes de error existentes en la disección (sobre todo al no ser población deportiva y con menor componente músculo-esquelético y lineal) y el uso de ecuaciones doblemente indirectas basadas en la biometría, se encuentra en la aplicación de la Resonancia Magnética Nuclear (R.M.N.) como metodología correctora, desarrolladas por J. Porta en su tesis doctoral dirigida por el Prof. Tejedo de la Facultad de Medicina de Barcelona. Los datos preliminares pueden resumirse en:

- Se aprecian errores de medición globales entre el 25% y el 63% en el tamaño del pliegue graso; y del 14% al 23% en diámetro óseo. Por tanto aparecen diferencias lo suficientemente importantes como para hacer un nuevo planteamiento sobre la composición corporal desarrollada por los métodos conocidos.
- La variabilidad de medición es más significativa cuando los deportistas presentan un ectomorfismo muy similar.
- En las imágenes radiográficas por R.M.N. se aprecian las diferencias estructurales entre ambos sujetos en estudio, hecho que hace pensar en la posible relación con los márgenes de errores.
- Comienza a vislumbrarse que la observación por R.M.N. de sujetos con hipertrofia del componente muscular puede condicionar el rendimiento del deportista (Figura 5).
- Si usamos un patrón comparativo para los resultados, como es la metodología de Lohman (recordemos que usa los pliegues de tríceps y pectoral) se aprecian las grandes diferencias en el componente graso, en los percentiles de valoración, en el rango que ocupan dentro de la población general y de los márgenes de peso establecidos (Tabla IV).

Sistemas de aplicación por Software

En el momento actual existen varios sistemas de aplicación práctica sobre la valoración de la es-

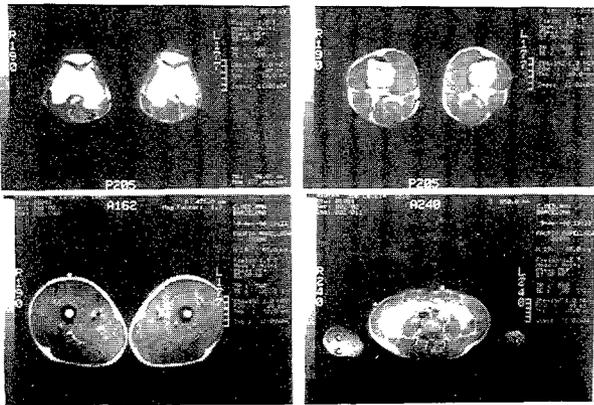


Figura 5

El sistema O-Scale es veié reforçat pels estudis d'Alan D. Martin, Jan Clarys, Michael Marfell-Jones i Donald Drinkwater sobre el cadàvers de Brusselles.⁷ El seu gran avantatge rau en el cost i la facilitat d'execució. Permet calcular un quocient d'adipositat i un quocient de pes proporcional.⁵ En el primer cas es té en compte l'edat i el sexe de l'esportista, juntament amb el plec grassos determinats.

Els dos quocients són un exemple de proporció que ens dona una idea força fiable de la conformació morfològica actual i ens obre un ampli marge per al seguiment de l'esportista en una "escala proporcional" d'1 a 9, representada en uns "perfils Phantom" on es poden comparar subjectes de diferents alçades.

El sistema O-Scale aclareix una sèrie de qüestions importants en el moment de valorar el morfotip d'un esportista:

- Per evitar els errors que dona la "Síndrome de Venus" en dones, sobretot, es prenen sis plecs distribuïts al llarg del cos.
- Les mesures s'han d'ajustar en funció a la talla per evitar que s'equipari sistemàticament els esportistes de més altura amb un patró més longitudinal que els de talla baixa.
- La correlació del pes (PWT) o "índice W" es realitza perquè un excés de pes no signifiqui un excés de greix.

En 1987, Mike Lohman desenvolupà a Illinois un programa informàtic per estimar la composició corporal en nens i joves, intentant aportar un sistema de valoració senzill davant les nombroses equacions que feia molt difícil valorar l'estructura corporal amb l'extensa bateria de paràmetres utilitzats normalment.⁶

Fonamentà els seus estudis en l'anàlisi del plec corporal com a continent d'una doble capa de pell més el greix subcutani. Així mateix, amb la seva "teoria" s'avança als estudis sobre Resonància Magnètica Nuclear, ja que els resultats del software tenen en compte que la meitat del greix corporal es

estructura corporal en un deportista:

- Sistema de los cuatro componentes, explicado y ejemplificado con anterioridad.
- O-Scale System.
- Grandes poblaciones: M. Lohman.
- Uso de factores de corrección del peso.

El sistema O-Scale no pretende sustituir a los sistemas convencionales iniciados por Arquimedes hace 2200 años y que se fundamentan en el cálculo de la densidad corporal en dos modelos: 0,90 gr para la grasa y 1,10 gr para el componente no graso.

El sistema O-Scale se vio reforzado por los estudios de Alan D. Martin, Jan Clarys, Michael Marfell-Jones y Donald Drinkwater sobre los cadáveres de Bruselas.⁷ Su gran ventaja estriba en el costo y la facilidad de ejecución. Permite calcular un cociente de adiposidad y un cociente de peso proporcional.⁵ En el primer caso se tiene en cuenta la edad y el sexo del deportista junto a los pliegues grasos determinados.

Ambos cocientes son un ejemplo de proporción, que nos da una idea bastante fiable de la conformación morfológica actual y nos abre un amplio margen para el seguimiento del deportista en una "escala proporcional" de 1 a 9, representada en unos "perfiles Phantom" donde se pueden comparar sujetos de diferentes alturas.

El sistema O-Scale aclara una serie de cuestiones importantes en el momento de valorar el morfotipo de un deportista:

- Para evitar los errores que da el "Síndrome de Venus", sobre todo en mujeres, se toman seis pliegues distribuidos a lo largo del cuerpo.
- Las medidas deben ajustarse en función a la talla para evitar que sistemáticamente los deportistas de mayor altura se les equipare con un patrón más longitudinal que los de talla baja.
- La corrección del peso (PWT) o "índice W" se realiza para que un exceso de peso no signifiqui un exceso de grasa.

En 1987, Mike Lohman, desarrolló en Illinois un programa informático para estimar la composición corporal en niños y jóvenes, intentando aportar un sistema de valoración sencillo ante las numerosas

Composicion Corporal (R. M. N.)

	%G.	Lohman (biometria)				Lohman (r. m. n.)			
		%gr.	per.	rang.	peso	%gr.	per.	rang.	peso
Sonia P.V.	11.21	19.8	P ₈₃	opti.	45.2 51.2	13.8	P ₉₅	bajo	48.6 55
Juan B.T.	8.69	9.4	P ₉₅	bajo	64.4 72.4	8.1	P ₉₅	bajo	65.4 73.5

Taula 4 / Tabla 4

troba prop de la superfície del cos, entre pell i múscul.

D'aquesta manera desenvolupà un sistema d'anàlisi per a esportistes entre 6 i 18 anys, amb un marge d'error estimat en una \pm , ja que la relació entre plec i % gras no és perfecta. Les dades de funcionament són: edat, sexe, talla, pes i dos plecs (tríceps i subescapular o panxell). Possibilita els següents resultats:

- Situació del percentil en funció de la suma dels plecs amb gràfica de valoració.
- Percentatge greixós i situació dins la gràfica de valoració.



Figura 6

- Mostra el percentil òptim comparat després de l'estudi de milers de nens als EEUU establint un marge òptim entre el P30 i P80 on la salut física té el seu màxim exponent del morfotip i és usat com a criteris de desnutrició.
- Presenta un rang referit al pes corporal, que permet un seguiment durant el desenvolupament de l'esportista jove.

Al llarg de la pràctica de l'activitat física s'ha pogut demostrar que el cos aporta major eficàcia a la biomecànica del moviment si es troba dins uns patrons específics. A un organisme li correspon, sens dubte, un pes en funció de les seves pròpies característiques; aquesta estandardització se situa

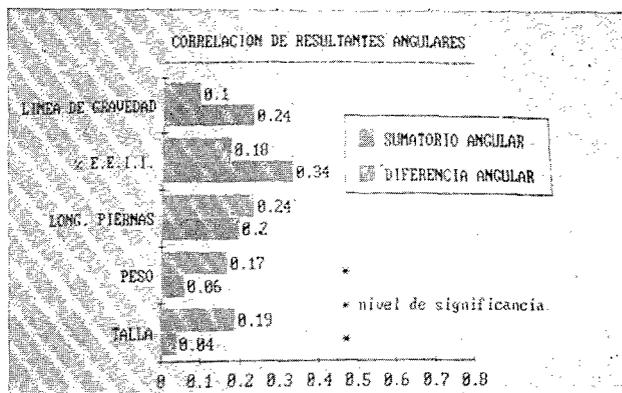


Figura 7

ecuaciones que hacía muy difícil valorar la estructura corporal con la extensa batería de parámetros que se usaban normalmente.⁶

Fundamentó sus estudios en el análisis del pliegue corporal como continente de una doble capa de piel más la grasa subcutánea, asimismo se adelantó con su "teoría" a los estudios sobre Resonancia Magnética Nuclear pues los resultados del "software" tienen en cuenta que la mitad de la grasa corporal se encuentra cerca de la superficie del cuerpo, entre piel y músculo.

De esta manera desarrolló un sistema de análisis para deportistas entre 6 y 18 años con un margen de error estimado en un \pm 3%, pues la relación entre pliegue y % graso no es perfecta. Los datos de funcionamiento son: edad, sexo, talla, peso y dos pliegues (tríceps y subescapular o pantorrilla). Posibilita los siguientes resultados:

- Situación del percentil en función a la suma de los pliegues con gráfica de valoración.
- Porcentaje graso y situación dentro de la gráfica de valoración.
- Muestra el percentil óptimo comparado tras el estudio de miles de niños en los EEUU estableciendo un margen óptimo entre el P30 y P80 donde la salud física tiene su máximo exponente del morfotipo y es usado como criterios de desnutrición.
- Presenta un rango referente al peso corporal que permite un seguimiento durante el desarrollo del deportista joven.

A lo largo de la práctica de la actividad física se ha podido demostrar que el cuerpo aporta mayor eficacia a la biomecánica del movimiento si se encuentra dentro de unos patrones específicos. Sin duda a un organismo le corresponde un peso en función a sus propias características; esta estandarización se sitúa en el producto del peso magro (peso corporal libre de grasa) por 1,12.

Sin embargo, las múltiples especialidades deportivas incluso puestos específicos dentro de los deportes colectivos, obligan a afinar algo más sobre el peso del deportista. Así pues, un fondista

en el producte del pes magre (pes corporal lliure de greig) per 1,12.

Tanmateix, les múltiples especialitats esportives i fins i tot llocs específics dins els esports col·lectius, obliguen a afinar una mica més sobre el pes de l'esportista. Així doncs un corredor de fons ha de corregir el seu pes magre per un factor numèric diferent a un gimnasta. Per exemple, serà diferent valorar un jugador de bàsquet (esport de contacte) que jugui amb major freqüència dins la zona atac-defensa que altres les qualitats tècniques dels quals requereixin més mobilitat al llarg de la pista de joc.

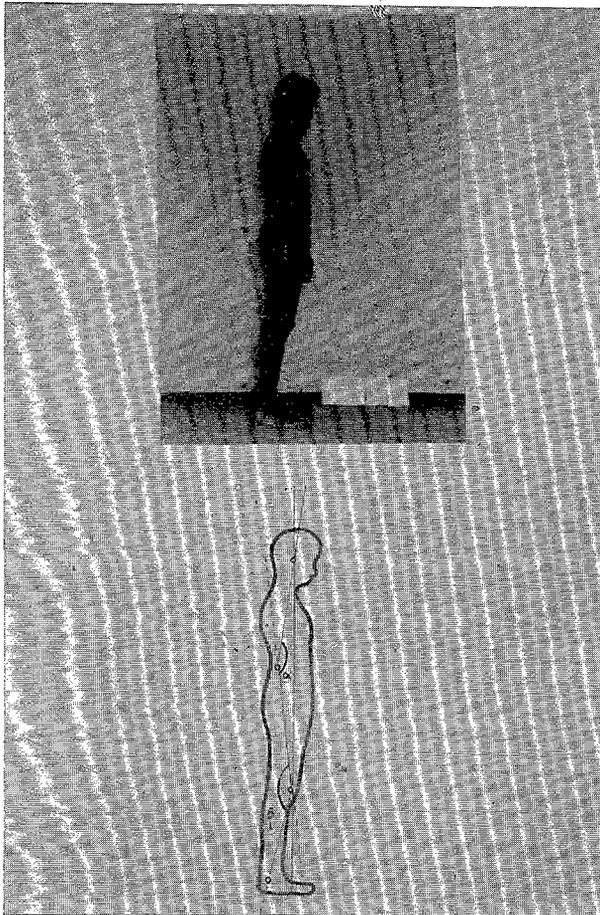


Figura 8

Per tant, es poden aplicar factors de correcció en sexe masculí de 1,1173 per a corredors de fons, 1,1337 per a nadadors i, dins el bàsquet: 1,1185 per a bases, 1,1467 per als de les ales, 1,1627 per a pivots. I en sexe femení: 1,1025 per a gimnastes, 1,1363 per a corredores de fons i 1,1664 per a jugadors de voleibol.² D'altra banda, aquests factors de correcció poden ser modificats en funció dels hàbits dietètics, el clima, la geografia, els estats lesionals o patològics i els cicles d'entrenament.

NIVEL DE DEPENDENCIA DEL ECTOMORFISMO CORPORAL	
EXAMEN DE ANGULOS	0,96
DIFERENCIA ANGULAR	0,54
ANGULO BETA	0,59
ANGULO ALFA	0,36
LINEA DE GRAVEDAD	0,23
LONG. PIE	0,04
LONG. PIERNAS	0,13
PIESO	0,5
TALLA	0,11

Grados de libertad = 20

* (p < 0,05) ** (p < 0,01)

Taula 5 / Tabla 5

debe corregir su peso magro por un factor numérico distinto a una gimnasta. Por ejemplo, será diferente valorar un jugador de baloncesto (deporte de contacto) que juegue con mayor frecuencia dentro de la zona ataque-defensa, que otros cuyas cualidades técnicas requieren mayor movilidad a lo largo de la pista de juego.

Por tanto, pueden aplicarse factores de corrección en sexo masculino de 1,1173 para fondistas, 1,1337 para nadadores y dentro del baloncesto: 1,1185 para bases, 1,1467 para aleros y 1,1627 para pivots. Y en sexo femenino: 1,1025 para gimnastas, 1,1363 para fondistas y 1,1614 para jugadoras de voleibol.² Por otra parte, estos factores de corrección pueden ser modificados en función a los hábitos dietéticos, clima, geografía, estados lesionales o patológicos, y ciclos de entrenamiento.

El somatotipo es algo más que un concepto

Quiero resaltar aquí la importancia que tiene "el análisis externo" del cuerpo humano y su aplica-

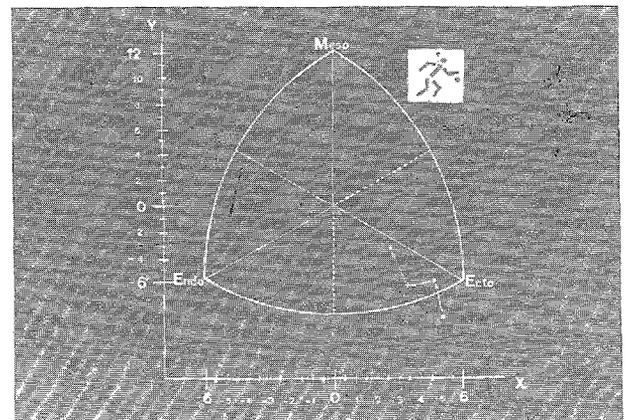


Figura 9

El somatotip és alguna cosa més que un concepte

Vull ressaltar aquí la importància que té l'“anàlisi externa” del cos humà i la seva aplicació a l'aparell locomotor i la incidència lesional. El fenomen de la postura humana pot ser un dels pròxims camins d'investigació, ja que les modificacions en el centre de gravetat corporal i la línia gravitatòria poden anar relacionades més directament als sistemes habituals d'anàlisi corporal. Les “Imatges Posturals de Woff”, després d'estudis en població militar, així ho demostren.

Un estudi preliminar realitzat per nosaltres al Centre de Medicina de l'Esport de Barcelona sobre la incidència de la linealitat de l'esportista (ectomorfisme) sobre les alteracions posturals i la línia gravitatòria, aporta els següents resultats:

- Més correlació de l'ectomorfisme amb el pes que amb la talla. No oblidem que els dos paràmetres són responsables del càlcul de l'ectomorfisme (figura 7).
- Es demostra una correlació estadísticament significativa de l'ectomorfisme amb la suma d'angles posturals i, sobretot, amb l'angle beta (localitzat entre la columna lumbar, la ròtula i el mal·lèol peroneal) (figura 8). D'aquesta manera es pot confirmar que la linealitat relativa de l'individu incideix directament sobre alguns canvis posturals (taula V) i, per tant, de la línia gravitatòria del cos; així doncs és especialment important constatar un rang de linealitat corporal a través de la qual es pugui iniciar un canvi postural i, conseqüentment, un factor epidemiològic de prevenció lesional.

L'anàlisi externa per mitjà del somatotip permet també col·laborar amb la Pediatria, la Gerontologia, els canvis per hàbits dietètics (figura 9), la patologia de l'aprimament (figura 10), el desenvolupament biològic de l'esportista adolescent, el control de l'obesitat, la selecció de talents esportius¹⁰ i el conegut seguiment del rendiment a l'esforç.

SOMATOTIPOGRAMA

MODIFICACIONES POR DESARROLLO PUBERAL. FEMENINO. PATOLOGICO

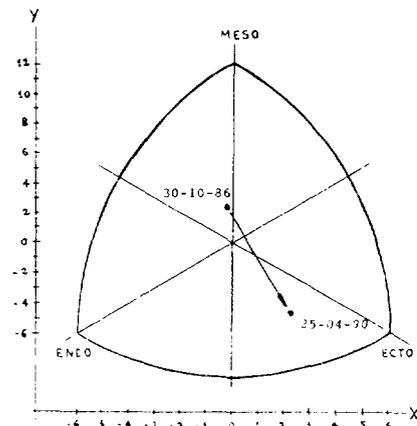


Figura 10

ció al aparato locomotor e incidencia lesional. El fenómeno de la postura humana puede ser uno de los próximos caminos de investigación, pues las modificaciones en el centro de gravedad corporal y la línea gravitatoria pueden ir relacionadas más directamente a los habituales sistemas de análisis corporal. Las “Imágenes Posturales de Woff” tras estudios en población militar así lo demuestran.

Un estudio preliminar realizado por nosotros en el Centro de Medicina del Deporte de Barcelona sobre la incidencia de la linealidad del deportista (ectomorfismo) sobre las alteraciones posturales y línea gravitatoria aporta los siguientes resultados:

- Mayor correlación del ectomorfismo con el peso que con la talla, no olvidemos que ambos parámetros son responsables del cálculo del ectomorfismo (Figura 7).
- Se demuestra una correlación estadísticamente significativa del ectomorfismo con el sumatorio de ángulos posturales y sobre todo con el ángulo beta (localizado entre columna lumbar, rótula y maleolo peroneal). (Figura 8). De esta manera puede confirmarse que la linealidad relativa del individuo incide directamente sobre algunos cambios posturales (Tabla V) y por ende de la línea gravitatoria del cuerpo; así pues es de especial importancia constatar un rango de linealidad corporal a través de la cual pueda iniciarse un cambio postural y en consecuencia un factor epidemiológico de prevención lesional.

El análisis externo por medio del somatotipo permite también colaborar con la Pediatria, Gerontología, cambios por hábitos dietéticos (Figura 9), patologia del adelgazamiento (Figura 10), desarrollo biológico del deportista adolescente, control de la obesidad, selección de talentos deportivos¹⁰ y el consabido seguimiento del rendimiento al esfuerzo.

Bibliografía

1. CALDER, W.: Size, Function, and Life History. Harvard University. Cambridge, Massachusetts and London. England, 1984.
2. GALIANO, D.: Estudio Cineantropométrico de deportistas Catalanes de Especialidades Olímpicas. Secretaría General de l'Esport. Generalitat de Catalunya, 1988.
3. GALIANO, D.: Factores de Corrección Corporal en el Análisis de la Dinámica Morfológico: Estudio en Grandes Poblaciones y Repercusiones Funcionales Patalógicas. V Congreso Internacional de Medicina del Deporte de Euskadi. 1990.
4. GALIANO, D.: Software. Selección de Talentos en el Tenis. Federación Catalana de Tenis. 1990.
5. KINEMETRIX.: Kinesiology Consultants and Computer Group, Inc. 5141 Dundas St. Burnaby. B.C. Canada V5B 1A4.
6. LOHMAN, M.: Body Composition Stimation for Children. Human Kinetics Publishers. Software. 1987.
7. MARTIN, A.: Human Body Composition. Simon Fraser University Thesis. 1984.
8. ROSS, W.; DRINKWATER, D.; BAILEY, D.; MARS-HALL, G.; LEAHY, R.: Kinanthropometry: Traditions and New Perspectives. University Park Pres. Baltimore, 1980.
9. SAINZ, C.: Estudio de Composición Corporal en Deportistas por Diferentes Metodologías y Sistema Futrex. V Congreso Internacional de Medicina del Deporte de Euskadi. 1990.
10. TEJEDO Y PORTA.: Introducción al Estudio Original sobre Resonancia Magnética y Cineantropometría.