

**Artigo de Revisão**Francisco José Berral de la Rosa ¹
Ciro Romelio Rodriguez-Añez ²**O ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO HOMEM POR MEIO DA PROPORCIONALIDADE****THE STUDY OF HUMAN PHYSICAL CHARACTERISTICS BY MEANS OF PROPORTIONALITY****RESUMO**

O estudo das características físicas do homem tem sido uma preocupação constante ao longo dos tempos. A proporcionalidade desperta interesse por diversos motivos que vão desde a seleção de talentos esportivos até por motivos puramente estéticos. O objetivo deste trabalho consiste em investigar na literatura existente os procedimentos para a análise da proporcionalidade. Para tal, realizou-se um breve histórico dos antecedentes que levaram ao desenvolvimento de procedimentos como o índice ponderal, o índice de massa corporal, o índice esquelético, índice cormico, índice do comprimento do membro superior, índice acrómio-ilíaco e o índice da envergadura relativa. Posteriormente verificaram-se os procedimentos para o estudo da proporcionalidade humana como o índice Phantom, a escala "O" e a alometria. A revisão do material bibliográfico permite concluir que os estudos da proporcionalidade humana devem continuar no sentido de desenvolver um método que descreva melhor o ser humano de uma forma global, permitindo uma descrição mais realista da forma humana.

Palavras-chave: cineantropometria, proporcionalidade, alometria.

ABSTRACT

The study of the physical characteristics of humans has been a concern throughout history. Proportionality is of interest for several reasons that range from the selection of sport talents to esthetic issues. The aim of this paper is to investigate the procedures for proportionality analysis in the existing literature. First a brief history is provided of the background that lead to the development of procedures such as the ponderal index, body mass index, skeletal index, cormic index, upper member length index, acromio-iliac index and relative span index. Procedures for studying human proportionality, such as the Phantom index, the O-Scale and allometry are then investigated. The literature investigated led to the conclusion that studies in human proportionality should continue to strive to develop better procedures for describing human beings in a global manner, leading to a description realistic more of the human form.

Key words: kinanthropometry, proportionality, allometry.

¹ Doutor em Medicina e Cirurgia. Especialista em Medicina do Esporte. Prof. Tit. do Departamento de Ciências Morfológicas da Faculdade de Medicina da Universidade de Córdoba, Espanha.

² Doutorando em Ergonomia. UFSC. Prof. Adj. do Curso de Educação Física da PUCPR. Curitiba, PR, Brasil.

Antecedentes históricos

O estudo das características físicas do homem e suas variações tanto internas quanto externas tem sido uma preocupação constante no transcorrer do tempo. Herodoto (484-425 a.C.), refere como critério evolucionista, o crânio humano, diferenciando em seus escritos o dos Egípcios por ser de paredes mais grossas, pois estes raspavam os cabelos das cabeças das crianças e as expunham ao sol sem cobrir, e o dos Persas eram de paredes muito mais finas, pois estes cobriam a cabeça e não deixavam as crianças sair das suas habitações.

Hipócrates (460-377 a.C.) sustenta a teoria da influência do meio sobre as características físicas do homem, e manifesta as diferenças que existem entre os habitantes de diferentes regiões e climas. Aristóteles (384-322 a.C.) representa um grande avanço neste tipo de conhecimento, ao afirmar que, proporcionalmente à massa do corpo, o cérebro do homem é muito maior do que do resto dos animais. Dois mil anos mais tarde reconhecer-se-iam como exatas estas afirmações. A contribuição mais importante de Aristóteles foi o método de investigação que ele seguia, que utilizava simultaneamente e de forma ponderada a análise e a síntese.

A proporcionalidade dos diferentes componentes e segmentos corporais tem interessado ao homem desde a Antiguidade, não só pelos aspectos ou razões puramente materiais, como foi a seleção de guerreiros, mas também por considerações exclusivamente estéticas. No Velho Testamento encontram-se referências com relação à forma e proporções do ser humano. A relação entre a estrutura corporal e determinadas atitudes já foi descrita pelos Gregos (300 anos a.C.), que utilizaram para isto medidas de número e simetria (Velho, Loureiro, Peres e Pires-Neto, 1993).

O homem intuiu que a capacidade para realizar qualquer trabalho ou atividade física estava relacionada com a proporção entre os diferentes tecidos do seu organismo (Porta, Gonzalez, Galiano, Tejedo e Prat, 1995ab).

O Renascimento estimulou o interesse pelo protótipo de beleza; desta maneira o estudo das proporções foi um campo ao qual recorreram artistas como Leonardo Da Vinci (1452-1519), que baseado no desenho do arquiteto romano Marco Vitruvio (15 a.C.), desenhou as proporções da figura humana, onde o umbigo era o centro do corpo. A idéia era então traçar um círculo com o eixo no umbigo, em torno de um homem em decúbito supino com os braços e pernas estendidos, o homem vitruviano (Figura 1). Supõe-se que a distância entre a extremidade distal dos dedos, o vértex e a planta dos pés é a mesma, formando um quadrado. Estas análises demonstravam que o corpo humano podia ser dividido em oito partes ou secções iguais. A distância entre o vértex e o queixo era $1/8$ da estatura, desde o queixo até a porção distal do quadril há três cabeças e a partir daí em sentido distal há quatro cabeças. O umbigo está a uns $5/8$ da altura. A distância entre os olhos é o espaço da diferença de um terceiro olho.

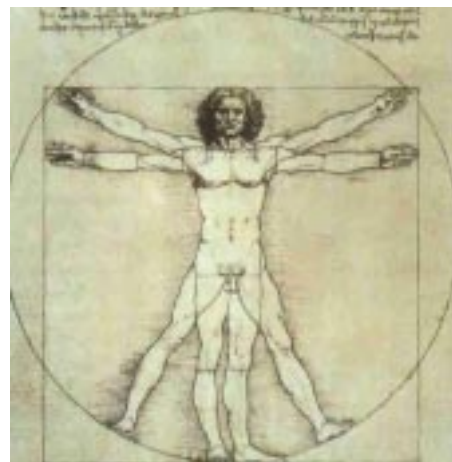


Figura 1 – Homem Vitruviano.

Mais tarde Alberti (1401-1471) usou um instrumento chamado “definidor” (Figura 2) para o estudo da proporcionalidade. Em essência era um capacete com um transferidor circular. Colocou fios de prumo localizados em vários raios e mediu a distância entre os pontos projetados e os fios de prumo nas alturas determinadas (Ross, De Rose e Ward, 1988).



Figura 2 – O Definidor.

Em 1628, Gerard Thibault, instrutor de esgrima da Corte Real Francesa, publica um excepcional trabalho sobre esgrima “L’Académie del’Espée”; nele estudou as dimensões e proporções corporais mais adequadas para a prática deste esporte (Figura 3).

O Conde de Buffon (1707-1778), precursor da morfologia funcional, foi o primeiro a aplicar as diversidades morfológicas constantes que descobre entre os homens; os homens diferem em cor, estatura, gordura, força, velocidade e habilidades motoras. Além das diferenças individuais da espécie humana, considera a existência de outras de ordem geral, como o clima, que afeta a grupos, o que permite diferenciar assim as raças. A genética e as leis da herança, cento e cinquenta anos mais tarde, lhe deram razão.

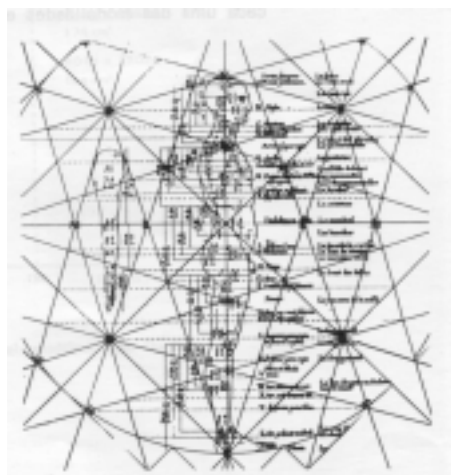


Figura 3 – Medidas de um esgrimista

Introdução

Apesar dos avanços no estudo das proporções corporais, os pesquisadores não têm conseguido definir um “protótipo humano”. Isto se deve basicamente à grande variabilidade da espécie humana influenciada por diversos fatores internos (sexo, crescimento, etc.) e externos (ambientais, aptidão física, etc.).

Desde o período fetal até a idade adulta, modificam-se de forma substancial as proporções entre os tecidos que constituem o corpo humano. O sistema nervoso central, componente da massa livre de gordura, sofre uma forte diminuição proporcional; por outro lado, a pele, o tecido adiposo e o músculo aumentam de forma substancial (Tabela 1).

Todas estas circunstâncias tornam difícil e insuficiente o estudo comparativo mediante medidas diretas, pois a maioria em última instância depende da variável estatura. Por causa disto, outros métodos têm sido utilizados desde o século passado, para os estudos da proporcionalidade.

Tabela 1 – Proporção entre os tecidos humanos.

Tecidos	Feto de 6 meses	Recém-nascido	Adulto
Dérmico e adiposo	16%	26%	25%
Muscular	25%	25%	43%
Ósseo	22%	18%	18%
Vísceras	16%	16%	11%
Sistema nervoso central	21%	15%	3%

O estudo da proporcionalidade mediante o uso de índices corporais.

Índice ponderal (IP)

Entre os métodos utilizados, encontram-se os índices corporais, embora os resultados por eles obtidos tenham sido colocados em dúvida por diversos autores. Encontram-se entre estes os índices de corpulência de Bouchard (1897), de Rohrer (1908) e o índice ponderal de Livi (1898), todos eles relacionam peso e estatura. Hoje em dia o mais utilizado como índice de robustez é o índice ponderal. O índice ponderal é usado para o cálculo do componente ectomórfico do somatotipo com valores absolutos entre 38 e 45, e que relaciona a

estatura expressa em centímetros com a raiz cúbica do peso expresso em quilos (relação inversa à proposta de Livi).

$$IP = \frac{Estatura}{\sqrt[3]{Peso}}$$

Se o IP resultante for $> 40,75$, o cálculo do componente ectomórfico é:

$$ECTO = (IP \times 0,762) - 28,58$$

Onde:

ECTO = ectomorfia

Se o IP for $\leq 40,75$, o cálculo do componente ectomórfico é:

$$ECTO = (IP \times 0,463) - 17,63$$

Índice de Quetelet ou índice de massa corporal (IMC)

Este índice utilizado por Carter, baseia-se no pressuposto de que o peso de um indivíduo é proporcional ao seu volume e que este varia segundo uma função cúbica de suas dimensões lineares (Carter & Heath, 1975). Atualmente, tem se comprovado que o peso e a estatura não são uma função cúbica, e sim que o peso varia mais em função do quadrado da estatura. É por causa disto que tem se utilizado o índice de Quetelet ou índice de massa corporal (IMC) (Keys & Brozek, 1953). Os valores normais em sujeitos adultos variam entre 20 e 25. Este índice relaciona o peso expresso em quilos pela estatura expressa em metros elevados ao quadrado, e indica o grau de sobrepeso de um indivíduo (Tabela 2).

$$IQ = \text{peso} / \text{estatura}^2 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Tabela 2 – Classificação da obesidade segundo o IMC

Grau de Obesidade	Valor do IMC (Kg/m ²)
Normalidade	20-25
Obesidade grau I (sobrepeso)	25,1-29,9
Obesidade grau II	30-34,9
Obesidade grau III	35-39,9
Obesidade grau IV	≥ 40

(Conferência de Consenso, 1996).

Na realidade, o **IMC** não é mais do que uma manipulação estatístico-matemática do peso e da estatura sendo sua limitação fundamental o pressuposto em que está baseado: *todo o peso que exceda aos valores determi-*

nados pelas tabelas “peso-estatura” corresponderá à massa de gordura. Isto não é absolutamente correto. Torna-se evidente que o sobrepeso pode igualmente ocorrer devido ao aumento da massa muscular e óssea. Assim, sua utilização ou interpretação como índice de adiposidade ou grau de saúde (morbidade) não é muito mais válido do que as das conhecidas tabelas de “peso ideal” existente. Portanto, embora no âmbito epidemiológico esteja se utilizando o IMC como índice de risco, a interpretação desses valores em nível individual, pode ser muito relativa.

Índice esquelético de Manouvrier (IE)

A relação existente entre o tronco e o segmento inferior do corpo pode ser calculada com o índice esquelético descrito por Manouvrier, que relaciona a estatura total com a estatura sentado:

$$IE = (\text{estatura} - \text{estatura sentado}) \times 100 / \text{estatura sentado}$$

Onde: IE = índice esquelético de Manouvrier
Valores em cm.

A classificação para ambos os sexos é a seguinte:

Braquiesqueléticos até 84,9 (pernas curtas e tronco longo)

Mesoesqueléticos..... de 85,0 a 89,9 (pernas e tronco proporcionais)

Macroesqueléticos..... de 90,0 em diante (pernas longas e tronco curto)

Índice Córmico (IC).

Posteriormente foi introduzido um novo índice esquelético para estabelecer a mesma proporção, o índice esquelético de Giuffrida-Ruggieri ou índice córmico:

$$IC = \text{estatura sentado} \times 100 / \text{estatura}$$

Onde: IC = índice córmico de Giuffrida-Ruggieri
Valores em cm.

A classificação para ambos os sexos é a seguinte:

Homens	Mulheres
Braucórmicos... até 51,0 (tronco curto)	até 52,0
Mesocórmicos.... de 51,1 a 53,0 (tronco médio)	de 52,1 a 54,0
Macrocórmicos.....de 53,1 em diante (tronco longo)	54,1 em diante

De maneira geral, o homem apresenta o tronco mais comprido do que a mulher. Da mesma maneira alguns autores têm comunicado que o índice córmico possui uma relação importante com o clima. Nos climas frios tem sido comprovado que em geral predominam as extremidades curtas, enquanto que nos climas cálidos predominam as extremidades longas, o que proporciona uma aptidão desportiva diferenciada em função das características físicas.

Índice do comprimento do membro superior (ICMS)

Outro índice tem sido proposto para o estudo do membro superior:

ICMS=Comprimento do membro superior (acrômio-dactiloidal)x100/estatura

Valores em cm.

A classificação para ambos os sexos é a seguinte:

Braquiobraquial..... até 44,9 (extremidades superiores curtas)

Mesobraquial de 45,0 a 46,9 (extremidades superiores intermédias)

Macrobraquial.....de 47,0 em diante (extremidades superiores longas)

Índice acrômio-ilíaco (IAI)

Por último pode-se analisar a morfologia do tronco e a envergadura, por meio do índice acrômio-ilíaco e a envergadura relativa:

IAI = diâmetro biiliocristal x 100 / diâmetro biacromial

Onde: IAI = índice acrômio-ilíaco

Valores em cm.

A classificação para ambos os sexos é a seguinte:

Tronco trapezoidal..... até 69,9

Tronco intermediário..... de 70,0 a 74,9

Tronco retangular..... de 75,0 em diante

Índice da envergadura relativa (ER)

ER = envergadura x 100 / estatura

Onde: ER= envergadura relativa
Valores em cm.

A classificação estabelecida para ambos os sexos é: valores superiores a 100 cm.

Conscientes da grande variabilidade de que podem sofrer as medidas realizadas em indivíduos, e que são utilizadas para o cálculo destes índices, temos que ser cuidadosos na hora da sua aplicação. Destaca-se que a grande utilidade destes consiste em que permitem a comparação entre grupos ou populações, sempre e quando tenhamos presentes as características que as definem: idade, sexo, raça, etc.

O estudo da proporcionalidade mediante o uso da referência Phantom.

No início do século XX, concretamente no ano de 1928, os Jogos, Olímpicos de Amsterdã marcam o início da pesquisa antropométrica em atletas de alto rendimento, experiência que se repetiu em quase todas as olimpíadas posteriores, possibilitando o surgimento dos conceitos de proporcionalidade para cada uma das modalidades desportivas (De Rose, Pigatto e De Rose, 1984).

Sentindo a necessidade de criar um instrumento através do qual pudesse realizar mais facilmente o estudo da proporcionalidade, Ross e Wilson em 1974 propuseram uma *referência humana assexuada e bilateralmente simétrica*, estabelecendo suas medidas a partir de estudos antropométricos realizados em grandes populações. Esta referência recebeu o nome de *Phantom*, que em português significa “ente imaginário ou fantasma”, sendo a base dos mais recentes estudos de proporcionalidade humana. O Phantom é um instrumento de cálculo, não um modelo (Ross & Wilson, 1974).

De acordo com Ross e Wilson apud De Rose, Pigatto e De Rose (1984) para tornar mais operacional este tipo de análise, aplica-

ram o conceito estatístico do escore **Z** ao estudo da proporcionalidade. O **ÍNDICE Z** expressa a distância de um determinado ponto da curva normal das probabilidades a seus pontos médios, representados pela média. Na proporcionalidade este índice expressará a distância em termos de desvio padrão entre o valor numérico de uma variável e a média do Phantom para essa mesma medida. A fórmula para seu cálculo é:

$$Z = 1/s [L(170,18/E)^d - P]$$

Donde: **Z** = índice Z da medida estudada

s = desvio padrão típico do Phantom para a variável estudada.

L = medida do indivíduo estudado.

170,18 é a estatura do Phantom

E = estatura do indivíduo estudado.

P = valor do Phantom para a variável estudada.

Expoente. **L**¹ para medidas lineares.

L² para medidas de superfície.

L³ para medidas de massa.

Todas as medidas encontram-se na mesma escala geométrica, dado que a relação estatura do Phantom (170,18)/estatura do sujeito, eleva-se ao expoente 1 em medidas lineares, ao expoente 2 para as medidas de superfície e ao expoente 3 quando se trata de massas.

Esta fórmula pretende ajustar geometricamente todas as medidas a uma estatura comum, com o objetivo de poder estudar as proporções independentemente do tamanho real. As variáveis do Phantom são unimodais, isto é, possuem valor **Z**=0,0 como moda. Por tanto:

Um valor **Z**=0,0 indica que a variável **L** possui a mesma proporção que o Phantom.

Um valor **Z**>0,0 indica que a variável **L** é proporcionalmente maior que o Phantom.

Um valor **Z**<0,0 indica que a variável **L** é proporcionalmente menor que o Phantom. (Casajus & Aragonés, 1991).

Sendo assim, é conveniente colocar o sinal + ou – antes do valor **Z**. Os valores positivos de **Z** indicam uma proporção maior para a variável estudada, e valores negativos uma proporção menor, sempre em relação à estatura,

que é a variável de referência. Dado que o Phantom é uma referência unissexual, freqüentemente se encontram valores acima e abaixo de 3,0. O perímetro de cabeça de uma criança recém-nascida é proporcionalmente muito grande, superior a 40 valores **Z** do Phantom.

Apresentada a fórmula para determinar os valores **Z**, descrevem-se os valores que o Phantom atribui às diferentes variáveis antropométricas, assim como seus desvios padrões. Os mesmos foram descritos por Ross e Marfell-Jones em 1991, e encontram-se no Quadro 1. Esses dados estão baseados em grandes estudos populacionais realizados por distintos pesquisadores entre os anos de 1969 e 1971.

É importante compreender que os valores **Z** não representam desvios da média da população geral. Sendo assim, não se pode concluir que o sujeito estudado apresenta um valor de tríceps abaixo da média da população. Esta conclusão só seria possível se os valores do Phantom e seus desvios padrão fossem baseados em uma população de referência representativa à qual pertença o indivíduo estudado (Norton & Olds, 1996).

Alguns dos resultados obtidos mediante a análise da proporcionalidade pelo método Phantom são apresentados nos Gráficos 1 e 2. Os valores de diâmetros ósseos proporcionalmente maiores, exceto em nível do tronco, e perímetros musculares menores, são um indicativo de um padrão de crescimento dentro da normalidade.

Esses dados permitem deduzir “três leis fundamentais” no ritmo de crescimento:

1. *Lei da progressão e do amortecimento.* O crescimento das dimensões corporais gerais é maior quanto mais jovem se é.
2. *Lei da dissociação.* Enuncia que as diferentes partes do corpo não crescem conjunta e proporcionalmente. Ao nascer, a cabeça representa 25% da estatura e o tronco e as pernas 37,5% cada.
3. *Lei da alternância.* Considera que existem períodos de crescimento mais lentos que outros. Dos 0 aos 2 e dos 10 aos 15 anos o crescimento é mais acelerado do que no período intermediário ou depois da puberdade.

Em pediatria e medicina desportiva, muito mais do que nas outras áreas, para fazer referência a qualquer fato de interesse, este sempre é relacionado com a idade cronológica, dado que para os meninos e meninas nascidos no mesmo ano as características psicofísicas são idênticas. Porém, nada mais longe da realidade, hoje se sabe que a idade determinada pelo calendário tem pouco a ver com a idade biológica, sobretudo na puberdade, onde podem observar-se diferenças de anos. Do grau de maturação conseguido pelo organismo dependem muitas das decisões a tomar pelos médicos do esporte, educadores e treinadores envolvidos com a realização e prática da atividade física e exercício de crianças e adolescentes.

Quadro 1 – Valores do modelo Pantom com seus desvios padrões.

Variável	Valor P	Desvio padrões
ALTURAS:		
Estatura	170,18	6,29
Estatura sentado	89,92	4,50
Acromial	139,37	5,45
Radial	107,25	5,36
Estiloidal	82,68	4,13
Dactiloidal	63,83	3,38
Trocantérica	86,40	4,32
Ílio-espinhal	94,11	4,71
Tibial medial	44,82	2,56
Maleolar Tibial	8,01	0,96
COMPRIMENTOS:		
Envergadura	172,35	7,41
Acromial-Radial	32,53	1,77
Radial-Estiloidal	24,57	1,37
Estiloidal-Dactiloidal	18,85	0,85
Comprimento MMSS	75,95	3,64
Trocantérico -Tibial lateral	41,37	2,48
Tibial medial -Maleolar tibial	37,72	2,15
Comprimento do Pé	25,50	1,16
Tronco	56,83	2,84
DIÂMETROS:		
Biacromial	38,04	1,92
Biiliocristal	28,84	1,75
Transverso do Tórax	27,92	1,74
A-P do Tórax	17,50	1,38
Biépicondiliano do úmero	6,48	0,35
Biestilóide	5,21	0,28
Largura da mão	8,28	0,50
Biépicondiliano do fêmur	9,52	0,48
Bimaleolar	6,68	0,36
PERÍMETROS:		
Cabeça	56,00	1,44
Pescoço	34,91	1,73
Braço relaxado	26,89	2,33
Braço flexionado e contraído	29,41	2,37
Antebraço máximo relaxado	25,13	1,41
Punho mínimo	16,35	0,72
Torácico mesoesternal	87,86	5,18

Abdômen mínimo	71,91	4,45
Glúteo máximo	94,67	5,58
Coxa a 1 cm da prega glútea	55,82	4,23
Panturrilha máximo	35,25	2,30
Tornozelo mínimo	21,71	1,33

DOBRAS CUTÂNEAS

Tríceps	15,4	4,47
Subescapular	17,2	5,07
Bíceps	8,0	2,00
Supra-íliaca	22,4	6,80
Supra-espinhal	15,4	4,47
Abdominal	25,4	7,78
Anterior da Coxa	27,0	8,33
Medial da Panturrilha	16,0	4,67

MASSAS:

Massa Total	64,58	8,60
Massa Óssea	10,49	1,57
Massa Muscular	25,55	2,99
Massa Residual	16,41	1,90
Massa de Gordura	12,13	3,25

Gráfico 1 – Valores do Pantom para os diâmetros obtidos em crianças esportistas de 10 a 14 anos.

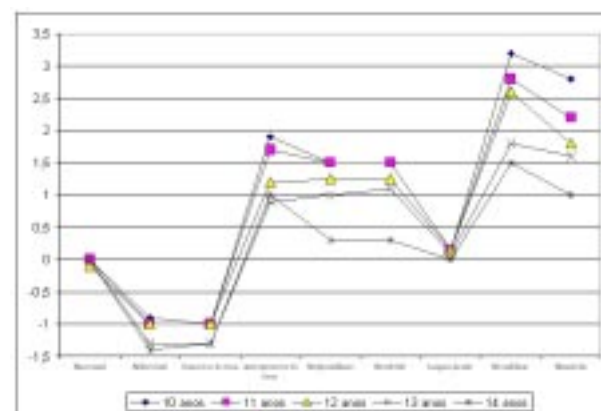
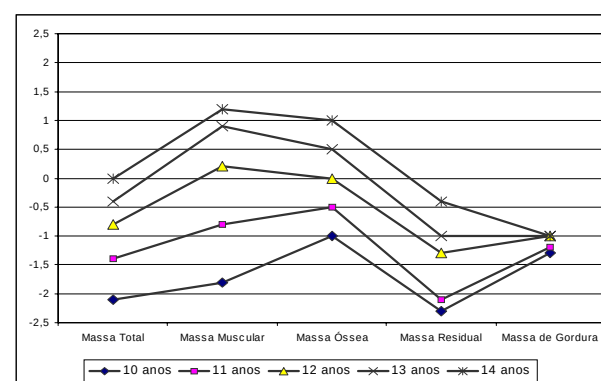


Gráfico 2 – Valores do Pantom para as massas obtidas em crianças esportistas de 10 a 14 anos.



A proporcionalidade nos seres humanos varia de acordo com a idade, o sexo, a raça e o tipo de atividade que desenvolvem, especialmente segundo as modalidades desportivas praticadas. É evidente seu potencial de aplicação no campo da Educação Física e no Treinamento Desportivo. Neste sentido as possíveis aplicações da proporcionalidade se referem ao:

* *Estudo da proporcionalidade em um mesmo indivíduo, estudos periódicos para detectar alterações da prática desportiva e o crescimento.*

* *Estudo da proporcionalidade entre indivíduos, segundo a prática de uma ou diferentes modalidades desportivas.*

* *Estudo da proporcionalidade entre a média de um grupo ou amostra e um indivíduo. Utiliza-se quando se pretende verificar se um determinado indivíduo possui as proporções adequadas para uma determinada atividade física.*

* *Estudo da proporcionalidade entre as médias de duas amostras. Compara dois grupos através das médias de seus índices Z.*

O Phantom é, portanto, uma ferramenta útil em estudos antropométricos quando se realizam comparações como as que foram descritas, porém pode-se afirmar que este método só é válido na medida em que corresponda com a realidade.

Todos os seres humanos, os sujeitos de tamanho médio, os anões e os gigantes, possuem basicamente a mesma forma. Não se pode esquecer que as crianças não são versões reduzidas dos adultos. Deve-se levar em conta algumas características como o tamanho da cabeça que os diferencia dos adultos.

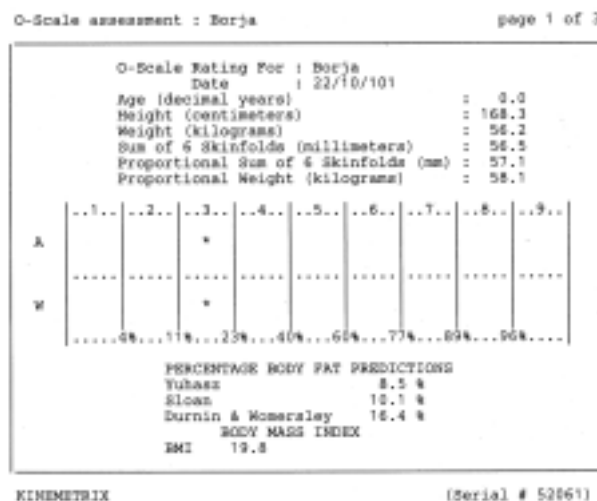
Estudos da proporcionalidade mediante o sistema Escala O "O-Scale".

A Escala O é um sistema de ajuste, a uma estatura padrão (170,18 cm.), que utiliza a semelhança geométrica no contexto de uma base de dados muito ampla, que usa como referência 23 grupos de idade e para ambos sexos. Os grupos são formados com idades desde os 6 até os 19 anos, e posteriormente com incrementos de 5 até os 69. Os dados são baseados num estudo que envolveu 1.236 crianças e jovens e mais de 19.000 adultos, realizado no final dos anos 70 e início dos 80 por Ross, Bailey e outros pesquisadores. O propósito era deixar estabelecida a base de uma amostra de sujeitos teoricamente "ideais", para poder levar a cabo estudos comparativos.

O sistema estima a adiposidade, com base na somatória de seis dobras cutâneas

em mm. corrigidas pela estatura, e o peso proporcional em quilos, baseado no peso corporal total também corrigido pela altura. Ao somatório corrigido de dobras cutâneas se atribui um valor ou categoria padrão de 1 a 9, numa faixa de valores percentílicos de nove divisões (P4, 11, 23, 40, 60, 77, 89 e 96) baseada na distribuição normal (Tabela 3).

Tabela 3 – Adiposidade e peso proporcionalidade calculado pelo software "O-Scale".



O peso proporcional é aquele que corresponde, proporcionalmente, a cada segmento corporal, após realizar múltiplos cortes transversais hipotéticos (Figura 4). Assim, um indivíduo muito baixo e largo possuirá um peso proporcional (peso de cada "corte") muito alto, que não é bom para determinadas modalidades desportivas como, por exemplo, o judô; da mesma maneira um indivíduo muito alto e muito fino terá um peso proporcional muito baixo.



Figura 4 – Peso proporcional

Tabela 4 – Valores de adiposidade para mulheres de 6 a 69 anos de idade no sistema Escala “O”.

Categoria 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Idade								
6	46,8	56,1	61,7	69,5	77,9	96,7	128,6	144,0
7	44,3	47,4	60,2	68,3	76,1	91,8	113,4	140,0
8	43,7	49,2	63,9	69,8	81,4	94,5	111,7	143,2
9	45,5	53,4	66,1	73,2	87,7	98,6	111,7	143,3
10	49,2	59,6	67,6	78,6	98,3	109,7	143,2	173,5
11	51,9	56,4	66,5	75,6	96,4	108,8	150,0	173,4
12	53,0	59,3	66,5	77,8	98,7	111,4	153,0	175,6
13	46,7	56,9	67,9	77,4	97,7	114,9	153,0	165,5
14	46,7	60,9	69,0	81,9	99,6	113,4	147,4	164,8
15	49,4	62,6	72,4	85,4	99,6	113,2	145,3	162,1
16	53,8	65,0	76,2	90,3	101,1	112,0	142,4	158,1
17	62,1	69,4	78,3	92,8	106,5	117,6	141,4	156,4
18-19	63,4	70,5	78,5	90,2	103,4	118,2	135,9	155,7
20-24	64,0	72,5	81,2	92,0	104,2	118,9	138,0	164,0
25-29	65,2	74,1	82,2	93,0	107,9	122,9	141,0	169,2
30-34	64,1	72,0	81,9	94,6	108,0	126,0	144,3	172,2
35-39	64,5	73,9	85,5	97,9	112,1	131,7	148,0	178,4
40-44	69,5	80,5	90,3	102,4	120,7	140,9	161,1	187,3
45-49	72,5	83,2	97,7	110,5	125,7	141,8	165,1	194,0
50-54	70,0	84,5	96,2	112,5	127,8	144,8	168,3	196,5
55-59	76,9	90,1	102,6	115,7	130,5	152,8	169,9	198,2
60-64	78,3	85,3	96,8	114,6	130,6	146,4	166,0	194,0
65-69	74,3	84,8	97,0	110,4	130,7	140,7	153,4	164,6

Tabela 5 – Valores de adiposidade para homens de 6 a 69 anos de idade no sistema Escala “O”.

Categoria 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Idade								
6	43,0	47,4	57,4	63,0	70,0	80,9	92,7	121,0
7	40,2	44,6	51,2	59,0	70,9	83,0	99,5	131,0
8	41,2	45,7	50,7	56,8	65,4	77,6	99,5	137,9
9	43,6	47,1	50,9	55,9	64,2	77,7	105,2	172,4
10	45,1	47,1	53,7	59,1	65,4	83,7	129,1	183,2
11	41,5	45,1	50,8	58,4	68,3	90,9	154,7	193,2
12	37,6	43,1	47,0	53,4	65,7	89,3	126,6	188,9
13	34,8	40,2	44,9	51,7	62,7	86,1	116,4	166,5
14	34,7	37,2	43,4	49,3	57,3	70,9	103,5	146,1
15	33,5	35,7	42,1	47,0	55,9	69,0	100,8	146,1
16	32,3	35,4	40,4	44,6	53,3	63,1	79,4	126,7
17	32,3	35,4	39,5	44,7	53,3	62,4	79,4	107,8
18-19	31,5	34,3	41,7	47,6	57,0	70,3	87,3	109,3
20-24	35,0	40,9	48,1	57,8	71,5	89,0	109,0	130,0
25-29	38,3	45,9	54,5	66,8	81,8	99,5	119,3	144,0
30-34	41,9	49,8	60,3	72,2	87,3	103,9	121,3	145,5
35-39	43,9	53,0	62,3	73,9	88,1	102,5	121,9	143,0
40-44	46,0	53,9	64,2	74,6	87,5	102,5	121,0	142,5
45-49	44,7	55,2	64,8	76,3	90,5	106,8	123,4	147,0
50-54	47,2	56,3	66,3	75,7	87,8	105,0	121,0	140,0
55-59	46,9	56,8	65,8	76,4	87,5	101,1	115,9	136,0
60-64	47,3	53,9	64,8	74,5	87,2	98,3	116,8	134,3
65-69	43,0	53,0	60,5	74,6	84,3	92,9	104,8	121,5

Tabela 6 – Valores proporcionais de peso para mulheres de 6 a 69 anos de idade no sistema Escalo “O”.

Categoria 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Idade								
6	53,1	54,4	57,4	60,2	63,8	66,7	71,3	72,9
7	51,3	53,8	56,2	57,6	60,8	64,1	68,9	72,8
8	51,7	54,3	55,8	57,3	59,8	62,7	66,6	71,6
9	49,9	52,0	56,5	56,5	59,7	63,2	67,7	72,2
10	47,6	51,2	55,8	55,8	60,0	63,7	71,1	75,8
11	46,6	49,3	53,8	53,8	58,2	65,0	70,7	74,7
12	46,2	49,2	54,8	54,8	59,6	63,9	72,8	80,2
13	46,0	49,8	56,3	56,3	59,9	65,3	71,8	77,0
14	46,3	50,2	56,7	56,7	60,3	64,8	71,8	78,0
15	47,2	50,3	57,2	57,2	60,5	64,3	71,0	76,3
16	47,3	52,2	57,7	57,7	60,8	63,8	70,8	75,0
17	49,0	52,8	58,4	58,4	61,6	64,4	70,0	75,3
18-19	51,8	54,8	60,4	60,4	63,5	66,8	71,0	77,8
20-24	52,2	55,2	60,8	60,8	64,2	68,3	72,9	80,0
25-29	52,5	55,2	61,0	61,0	64,8	68,9	74,8	83,0
30-34	52,3	55,3	61,5	61,5	64,8	69,1	74,8	84,5
35-39	53,1	56,2	62,4	62,4	66,3	70,7	76,7	88,0
40-44	54,4	57,6	63,8	63,8	68,1	73,2	80,2	89,2
45-49	55,2	58,7	65,2	65,2	69,8	74,6	82,3	91,8
50-54	54,2	57,8	65,3	65,3	69,6	74,3	82,7	93,0
55-59	55,5	59,1	66,8	66,8	72,8	78,1	84,4	95,5
60-64	56,3	59,0	67,4	67,4	71,9	77,5	85,4	93,5
65-69	53,3	58,7	69,2	69,2	74,8	78,8	84,3	91,7

Tabela 7 – Valores proporcionais de peso para homens de 6 a 69 anos de idade no sistema Escala “O”.

Categoria 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Idade								
6	55,2	56,8	59,9	62,6	64,8	66,7	69,6	73,9
7	49,5	55,1	56,7	59,8	63,2	65,2	67,5	69,3
8	49,8	54,2	55,8	57,9	60,5	63,4	66,7	67,8
9	49,4	53,3	55,1	57,4	59,7	62,5	66,1	69,1
10	50,1	53,1	54,3	57,2	59,5	61,8	66,8	71,9
11	48,1	50,4	53,5	55,8	59,6	63,3	70,2	75,7
12	46,3	50,6	52,8	54,9	58,3	62,2	67,3	74,4
13	46,2	48,8	51,4	54,2	57,2	61,6	67,0	73,2
14	46,6	48,8	51,3	54,2	57,3	60,8	64,5	71,3
15	46,8	49,2	51,4	54,3	57,5	61,2	66,8	71,7
16	47,1	49,8	52,7	55,3	58,3	61,4	66,8	71,7
17	47,9	50,8	53,5	56,3	59,3	62,4	67,5	71,8
18-19	49,5	52,8	56,4	59,0	62,5	64,5	67,8	70,8
20-24	51,3	54,8	57,8	61,8	65,6	69,4	74,6	80,1
25-29	53,1	56,2	59,8	63,2	67,5	71,4	76,4	84,3
30-34	53,8	57,7	61,2	64,6	68,7	73,2	78,3	85,2
35-39	55,2	58,6	61,8	65,4	69,7	73,8	79,0	86,2
40-44	55,6	59,1	62,7	66,4	69,7	73,8	78,9	86,0
45-49	55,6	59,6	63,5	66,8	70,8	75,0	79,7	86,8
50-54	55,9	59,9	63,4	66,6	70,7	74,8	79,6	86,3
55-59	56,6	60,4	63,5	66,7	71,3	76,1	80,7	87,8
60-64	55,9	60,3	63,3	66,3	70,5	74,8	79,8	87,3
65-69	53,0	57,5	62,1	66,5	69,5	73,9	77,8	81,3

Diferentemente do Phantom, que é um instrumento escalar independente da amostra, a Escala "O" está ajustada pelo tamanho para a idade e o sexo do indivíduo. Nas Tabelas 4 a 7 estão representados os valores de adiposidade na Escala "O" e os valores proporcionais de peso para homens e mulheres de 6 a 69 anos.

Essas tabelas são utilizadas freqüentemente não só para determinar a adiposidade e o peso proporcional de um sujeito, mas também para determinar as mudanças que acontecem após um programa de exercício e dieta. Pode-se calcular a adiposidade da seguinte maneira:

$$\text{Adiposidade (A)} = (\text{Sdc. TR, SB, SE, AB, CX e PM}) \times (170,18/E)^1$$

Onde: Sdc. É o somatório de 6 dobras cutâneas. TR (tríceps), SB (subescapular), SE (supra-espinhal), AB (abdome), CX (coxa média) e PM (panturrilha medial)
170,18 é a estatura do Phantom
E = estatura do indivíduo estudado.
Expoente ¹ para medidas lineares.

$$\text{Peso proporcional (P)} = (\text{MC}) \times (170,18/E)^3$$

Onde: MC é o peso corporal em kg.
170,18 é estatura do Phantom
E = estatura do indivíduo estudado.
Expoente ³ para medidas de massa.

Os resultados podem ser analisados com auxílio das Tabelas 4 a 7 e os valores obtidos registrados nesta tabela com um símbolo (X).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Adiposidade									
Peso									
	4%	11%	23%	40%	60%	77%	89%	96%	

Estudo da proporcionalidade pela Alometria.

A figura humana possui um único volume, que se subdivide em sete volumes relacionados: cabeça, pescoço, tronco, dois braços e duas pernas. Isto é importante lembrar, pois o primeiro passo antes de desenhar a figura

humana, é descobrir as características volumétricas de cada parte da figura. Os volumes desta são cilíndricos, com um eixo central. O primeiro passo do processo analítico é determinar a direção dos eixos, e portanto dos volumes que contém.

Quando se comparam objetos que possuem a mesma forma, como por exemplo, uma esfera, quando o tamanho L desta aumenta, sua área de superfície aumenta com L² e seu volume com L³. Este tipo de escala é conhecido como geométrica, porém os seres vivos possuem uma escala diferente na qual ao aumentar seu tamanho também modifica a sua forma; assim um mosquito nunca poderia possuir o tamanho de um elefante, pois suas patas tão finas seriam incapazes de suportar seu peso. Desta maneira pode se afirmar que os animais, incluindo o homem, possuem uma escala de predição que não é geométrica, e sim alométrica. Dois animais que possuam a mesma forma, embora de diferentes tamanhos, diferem consideravelmente na proporção de suas estruturas e as funções que estas realizam, produzindo-se assim o fenômeno da alometria.

As leis da física, aplicadas aos seres vivos através da alometria, confirmam que nenhum ser humano, incluído Donovan Bailey, poderia se igualar à barata americana que é capaz de correr, em cada segundo, 50 vezes seu próprio tamanho, o que equivaleria em um corredor a deslocar-se a mais de 150 km/h.

O tamanho dos seres vivos impõe restrições em muitas características biológicas que possuem uma correlação com o peso corporal, o que permite prever diferentes aspectos a partir desta variável. Esta predição tem sido levada a cabo pela simples observação das características biológicas com relação ao tamanho do corpo. Nos mamíferos o intervalo do tamanho é de 75 milhões de vezes com relação ao peso, este vai desde as 2 gramas da aranha de dentes brancos até os 100.000 quilos da baleia azul, extremos que são 8.000 vezes menores e maiores que o peso médio de um ser humano. A chamada lei de Bergman, que afirma que os animais que vivem mais perto dos pólos têm uma tendência a ser maiores dos que vivem em zonas cálidas, tem sido explicada mediante a alometria. O animal cujo tamanho é

maior possui uma menor superfície externa por unidade de peso, o que permitiria diminuir a perda de calor num clima frio, semelhante motivo pelo qual um bloco de gelo demora mais para derreter do que um conjunto de cubos de gelo que possuam o mesmo volume.

Com relação ao ser humano, é fácil observar que quando uma criança cresce, sua cabeça o faz mais lentamente do que seu corpo e que seus olhos crescem mais lentamente ainda do que a cabeça. Este padrão distinto de crescimento das estruturas corporais é o que a alometria estuda no ser humano.

É por este motivo que muitos pesquisadores têm se proposto estudar as proporções corporais através desta técnica. Embora se deva ter consciência que esta proporciona uma adequada quantificação das mudanças nas variáveis antropométricas num mesmo indivíduo, como por exemplo, os perímetros, mas não as diferenças entre indivíduos ou grupos.

Para relacionar variáveis antropométricas, de alguma maneira, relaciona-se uma variável independente "x" como o peso, a estatura ou a superfície corporal, com uma variável dependente "y" que pode ser morfológica (ex. uma dobra cutânea) ou funcional (ex. taxa metabólica basal). Com a finalidade de comparar estas variáveis é preciso especificar um modelo que permita dizer com que grau de eficácia "x" pedisse "y". Em estudos antropométricos, têm sido utilizados basicamente três modelos:

a. Modelo de proporção simples

$$y = kx$$

Onde: k é constante.

b. Modelo de regressão linear

$$y = bx + a$$

Onde: a e b são constantes.

Baseado neste modelo, Tanner propôs em 1949, a relação entre o peso e o volume sistólico (VS)

$$VS(ml) = 0,32 \text{ peso}(kg) + 79,5$$

c. Modelo de equação alométrica

$$y = bx^a$$

Onde: a e b são constantes.

x= normalmente a estatura ou o peso (variável independente).

y= o valor de uma variável ou função corporal a conhecer.

Esta relação pode ser também expressa mediante cálculo logarítmico:

$$\text{Logy} = \text{logb} + a \text{ logx}$$

Proposto na década de 30, este método descreve a proporcionalidade mediante o cálculo relativo do tamanho de duas variáveis corporais. No caso da constante "a = 0" ($x^0 = 1$), a variável "y = constante b", o que indicaria que as variáveis são independentes. Um exemplo é o tamanho dos glóbulos vermelhos, que são independentes do tamanho do animal.

Quando "a = 1" ($x^1 = x$). Neste caso as duas variáveis corporais possuem uma correlação linear. A medida que uma aumenta a outra aumenta, por exemplo, o comprimento da perna que aumenta com a estatura.

Quando "a = 2" (x^2). Neste caso a variável em estudo aumenta com o quadrado do tamanho corporal. Ex. a superfície corporal, a superfície transversal de um músculo, etc.

Quando "a = 3" (x^3). A variável a analisar aumenta com o cubo do tamanho corporal. Ex. as massas corporais.

Quando "a = -1" ($x^{-1} = 1/x$). Estabelece-se uma relação inversa entre as variáveis. À medida que uma aumenta a outra diminui. Ex. tem sido observado que à medida que aumenta o comprimento dos segmentos que formam as extremidades, diminui a capacidade de aceleração de um corredor (Ford, 1984).

Exemplos de algumas equações alométricas que têm sido publicadas por diversos pesquisadores, entre estas as de (Calder, 1984) e (Robbins, 1983), que afirmam que utilizando como variável independente o peso corporal, podem ser obtidos, em mamíferos eutérios, entre outros:

$$SC = 1110MC^{0,65}$$

Onde: SC= superfície corporal em cm^2 .

MC= peso corporal em kg.

$$\text{Consumo de O}_2 = 11,6MC^{0,72}$$

Onde: O= consumo de oxigênio em ml/min.
MC= peso corporal em kg.

$$\text{TMB} = 586 MC^{0,75}$$

Onde: TMB=taxa metabólica basal em kilojoules/dia.
1 caloria = 4,18 joule.
1 joule = 0,24 calorias.
MC= peso corporal em kg.

As condições alométricas têm sido utilizadas por nutricionistas para estimar os requerimentos calóricos, por arqueólogos para estimar o peso corporal a partir das dimensões dos ossos encontrados, por antropometristas para determinar a proporcionalidade corporal e por médicos para o cálculo de doses de drogas. Pode acontecer que as estimativas derivadas das equações alométricas não sejam do todo exatas, porém permitem uma aproximação para prever a variação que pode ser atribuída ao tamanho corporal.

É muito freqüente na prática desportiva comparar não só aspectos morfológicos, mas também funcionais, de esportistas de distintos tamanhos. Supõe-se que o consumo de O₂ de um esportista aumenta em proporção com seu peso. Sendo assim, um corredor leve terá o mesmo consumo de oxigênio por quilo de peso por minuto, do que outro mais pesado que corre na mesma velocidade. Contudo, trabalhos recentes de pesquisa têm demonstrado que isto não é do todo correto. Esses pesquisadores mediram o consumo de O₂ em ml/min, diminuíram a taxa metabólica basal estimada em (3,5 ml/kg/min) e dividiram o valor resultante pela velocidade da corrida em m/min, expressando os resultados numa regressão logarítmica. Os dados confirmaram que o custo de O₂ durante a corrida em (ml/kg/min) é menor para os corredores com maior peso do que para os mais leves.

O mesmo acontece quando se pretende comparar a força em pessoas ou atletas de diferentes tamanhos corporais. Por exemplo, são conhecidas as categorias de peso que existem no Halterofilismo. Seria lógico pensar que em relação a seu tamanho a quantidade de qui-

los levantada por cada atleta seria proporcional à categoria, e que os atletas pelo menos na teoria teriam proporcionalmente a mesma força. Contudo, deve-se dizer que aqui também não acontece o previsível, pois se considerar a força por quilos levantados em relação ao peso corporal, observa-se que os atletas menores possuem melhores marcas do que os atletas de maior tamanho.

Partindo de um sistema de semelhança geométrica, vários trabalhos têm realizado ajustes funcionais que permitem relacionar o rendimento desportivo com o demanda energética para a prática de um determinado esporte. Assim, pode-se determinar, entre outros, que a relação da força é proporcional à estatura ao quadrado (E²) ou à massa corporal elevada à potência de 0,67 (MC^{0,67}).

Conclusão

Pode-se concluir este trabalho, afirmando que as pesquisas sobre a Proporcionalidade Humana devem continuar se aprofundando na obtenção de métodos que permitam descrever o ser humano de uma forma global, sobretudo nos tempos atuais em que a imagem "ideal" que se tem do corpo está influenciada pelos meios de comunicação. Pessoas anoréxicas sobreestimavam seu tamanho corporal, o que poderia estar relacionado com um problema de percepção que distorce a própria imagem. Por isso, os métodos futuros devem usar variáveis mais sensíveis e específicas das dimensões corporais, que permitam uma descrição mais realista da forma corporal.

Referências bibliográficas.

- Calder, W. A. (1984). **Size, function and life history**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Carter. J. E. L. e Heath. B. H. (1975). **The Heath-Carter somatotype method**. San Diego: San Diego State University.
- Cajasus, J. A. e Aragonés, M. T. (1991). Estudio morfológico del futbolista de alto nivel: proporcionalidad. (parte II). **Arch. Med. Deporte**, 31,237-242.

- Comas J. (1966). **Manual de antropología física**. México: Ed. Universidad Nacional Autónoma de México.
- De Rose, E. H.; Pigatto E.; De Rose R. C. F. (1984). **Cineantropometria, Educação Física e Treinamento Desportivo**. Rio de Janeiro, Brasil: Ministério da Educação e Cultura. Fundação de Assistência ao Estudante.
- Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K. (1988). **Libro olímpico de la medicina del deporte**. Comité Olímpico Internacional. Barcelona: Ed. Doyma, SA.
- Esparza F. (1993). **Manual de cineantropometria**. Monografías Femede. Editor Científico: Grupo Español de Cineantropometria (GREC).
- Ford, L. E. (1984). Some consequences of body size. **Am. J. Physiology**. 247:495-507.
- Keys, A. e Brozek, J. (1953). Body fat in adult man. **Physiological Review**, 33,245-325.
- Norton K, Olds T. (1996). **Anthropometrica**. Sydney: Ed. University of New South Wales Press.
- Porta, J.; Gonzalez, S.; Galiano, D.; Tejedo, A.; Prat, J. A. (1995a). Valoración de la composición corporal: análisis crítico y metodológico. Parte I. **Car News**. 7:4-13.
- Porta, J.; Gonzalez, S.; Galiano, D.; Tejedo, A.; Prat, J. A. (1995b). Valoración de la composición corporal: análisis crítico y metodológico. Parte II. **Car News**. 8:4-13.
- Ross, W.D.; De Rose, E. H.; Ward, R. (1988). Anthropometry Applied to Sport Medicine. In: Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K, (Ed.) **The Olympic Book Of Sports Medicine**. (pp.233-265) London: Blackwell Scientific Publications.
- Ross, W. D.; Marfell-Jones, M. J. (1991). Kinanthropometry. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editores. **Physiological Testing of the High-Performance Athlete**. 2ª ed. (pp.223-308) Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Ross, W. D.; Wilson, N. C. (1974). A stratagem for proportional growth assessment. **Acta Pediátrica**. Bélgica, Bruxelas, (Sup.) 28:169-182.
- Velho, M.M.; Loureiro, M.B.S.; Peres, L.S.; Pires-Neto, C.S. (1993). Antropometria: uma revisão histórica do período antigo ao contemporâneo. (pp.29-39). **Comunicação, Movimento e Mídia na Educação Física**. Caderno 1. UFSM, Santa Maria.
- Ward, R.; Ross, W.D.; Leyland, A. J.; Selbie, S. (1989). **The advanced O-Scale physique assessment system**. Burnaby, Vancouver: Kinemetrix Inc.

Endereço do autor:

Francisco José Berral de la Rosa
 Facultad de Medicina. Departamento de Ciencias Morfológicas
 Av. Menéndez Pidal s/n
 14004 – Córdoba – España
 e-mail: chico_che@teleline.es