



ANTROPOMETRIA EM BIOMECÂNICA: CARACTERÍSTICAS, PRINCÍPIOS E MODELOS ANTROPOMÉTRICOS

ANTHROPOMETRY AND BIOMECHANICS: CHARACTERISTICS, PRINCIPLES AND ANTHROPOMETRIC MODELS

RESUMO

Face à importância da inter e da multidisciplinariedade na complexa análise do movimento humano e no intuito de buscar a aproximação da Cineantropometria e da Biomecânica, através da antropometria, realizou-se este estudo de revisão com o objetivo de apresentar a evolução histórica da antropometria e os pressupostos teóricos de seus modelos antropométricos; apresentar a antropometria enquanto método de medição em biomecânica; descrever o papel e o alcance da antropometria na biomecânica comentando algumas aplicações e suas contribuições. Inicialmente se faz uma abordagem dos aspectos históricos, conceituais e são apresentados os modelos antropométricos caracterizando-os e apresentando seus pressupostos teóricos e limitações; num segundo momento a antropometria é analisada no contexto dos diferentes métodos de medição em biomecânica, estudando sua inserção no processo de análise do movimento humano tanto como pré-requisito da cinemetry e da dinamometry como na análise sincronizada. Segue então, uma reflexão sobre o papel e o alcance da antropometria na análise do movimento, exemplificando-os com diferentes estudos e identificando suas respectivas contribuições; por fim são apresentadas algumas considerações resultantes desta reflexão, onde se constata o estágio de desenvolvimento dos modelos antropométricos e a busca constante do aprimoramento nos últimos anos, utilizando-se técnicas cada vez mais sofisticadas.

Palavras-chave: antropometria, biomecânica, cineantropometria.

ABSTRACT

Due to the importance of interdisciplinarity and multidisciplinary to the complex analysis of human movement, and in an attempt to seek to bring Kinanthropometry and Biomechanics closer together, through anthropometry, this review article was compiled in order to: present the historical evolution of anthropometry and the theoretical presuppositions on which its anthropometric models are based; to present anthropometry as a method for measurement in biomechanics; to describe the role and scope of anthropometry in biomechanics by discussing some of its applications and contributions. Initially, an analysis is made of historical and conceptual aspects and anthropometric models are presented and characterized together with their theoretical presuppositions and limitations. Anthropometry is then analyzed in the context of the different methods for measuring in biomechanics, studying its position within the process of analyzing human movement as a prerequisite of kinemetry and dynamometry and also of synchronized analysis. What follows is a reflection on the role and scope of anthropometry within the analysis of movement, with examples from drawn from several studies, and an identification of their respective contributions. Finally, some considerations resulting from this reflection are presented; the degree of development of anthropometric models is identified and the constant pursuit for improvement over recent years, with the use of ever more sophisticated techniques, is demonstrated.

Key words: anthropometry, biomechanics, kinanthropometry

¹ Prof. Doutor, CEFID/UDESC.

² Prof^a NuPAF/DEF/CDS/UFSC - Doutoranda em Ergonomia.

INTRODUÇÃO

Hoje, mais do que nunca, a inter e a multidisciplinariedade são requisitos indispensáveis na complexa análise do movimento humano.

Neste sentido existe a necessidade da convergência de esforços dos responsáveis para que as diferentes áreas de pesquisa e seus pesquisadores sejam “grandes” o suficiente para compreender a importante contribuição de cada área/disciplina no desvendar dos mistérios da organização e manifestação motora.

Em uma análise temporal da antropometria e suas interfaces com a Biomecânica e Cineantropometria, podem ser considerados diferentes parâmetros comum em ambas. Na cronologia, parte-se da semântica da palavra, seguindo-se então para a sua evolução histórica, finalidades, características e aplicações.

Muito embora à antropometria tenha sua sustentação feita modernamente, a história mostra, ser antiga a preocupação do homem em mensurar o corpo, e, ao longo do tempo as proporções do corpo foram estudadas por filósofos, artistas, teóricos, e arquitetos.

No que diz respeito a atuação integrada de diferentes profissionais na área da antropometria, De Rose, et al. (1984, p. 11) citam que “ no Congresso Internacional da Ciências da Atividade Física, realizado em Montreal em 1976, foi feita uma tentativa para que os especialistas interessados no estudo do ser humano em função do movimento – biometristas, antropólogos, biólogos e biotipologistas, fossem reunidos em uma nova disciplina; e, ainda, falam do desenvolvimento da Cineantropometria”.

A importância desta aproximação, também se justifica na colocação de Matsudo (1983), quando se refere que a avaliação antropométrica apresenta potencial de informações valiosas, particularmente no que se refere à predição e estimativa de vários componentes do corpo, pois muitos estudos são realizados no sentido de estabelecer padrão para avaliar crescimento, aptidão física e saúde, entre outros.

Por fim, para enfatizar o papel da antropometria na Biomecânica e na Cineantropometria, destaca-se a necessidade de trabalhos que abranjam e relacionem mutuamente os aspectos antropométricos e

biomecânicos com as características pessoais dos indivíduos, tais como faixa etária, estados de crescimento e desenvolvimento, atividades físicas desportivas entre outras.

Assim sendo, este trabalho de revisão, tem por objetivo apresentar a evolução histórica da antropometria e os pressupostos teóricos de seus modelos antropométricos; caracterizar a antropometria enquanto método de medição em biomecânica; descrever o papel e o alcance da antropometria na biomecânica, comentando algumas de suas aplicações e suas contribuições.

ASPECTOS HISTÓRICOS CONCEITUAIS DA ANTROPOMETRIA E SEUS MODELOS DE ESTUDO EM BIOMECÂNICA

Segundo Roebuk, Kroemer e Thomson (1975) a origem da antropologia física é relatada nas experiências das viagens de Marco Polo de 1273 a 1295, as quais revelaram um grande número de raças humanas que se diferenciavam pelo tamanho do corpo e altura. Segundo eles, os estudos de Linne, Buffon e White, inauguraram a ciência que foi mais tarde chamada de antropometria racial comparativa. Nela, é mostrada a existência de diferentes proporções corporais entre as várias raças humanas.

A literatura especializada na Cineantropometria e Biometria, dos tratados mais antigos aos mais recentes, apresenta a sua evolução histórica e conceitual, indicando as mudanças de paradigmas, muito ricas em detalhes. Neste referencial teórico se tem livros, artigos, monografias, dissertações e teses. A título de ilustração cita-se algumas obras que apresentam estes conteúdos, tais como: Sá (1975); De Rose, Pigatto e De Rose (1984); Beunes e Borms (1990), Petroski (1999), Guedes (1994).

Nestas obras, estão contidas informações desde a origem do termo até relatos dos antecedentes históricos; reportam-se sobre as diferentes escolas antropométricas, da introdução do termo Cineantropometria, o qual segundo De Rose, Pigatto e De Rose (1984,p. 11) “foi apresentado pela primeira vez como especialidade emergente no Congresso Internacional da Ciências da Atividade Física, realizado em Montreal em 1976”.

No contexto da biomecânica, a história da Antropometria, na qual se tenta determinar o centro de massa ou de gravidade do corpo ou de um segmento e o momento principal de inércia, de acordo com Nigg e Herzog (1995) começou com Borelli em 1679, passando por Harless (1860); Braune e Fischer (1889); Weinback em 1938, até Dempster (1955). Sendo este último, segundo Amadio (1996) o método mais utilizado em biomecânica e acrescenta que, depois de Havanan (1964); Clauser (1969); Hatze (1980); Zatsiorsky (1983) e Martin (1989) dentre outros, usaram o método analítico para o mesmo fim.

Portanto, na Biomecânica, a evolução histórica da antropometria está associada à evolução de seus métodos de investigação para a determinação das características e propriedades da massa corporal humana.

Do ponto de vista teórico, a antropometria em biomecânica se vale de modelos que possam representar o corpo humano, e independente do modelo adotado, estes devem possibilitar o cálculo de três parâmetros fundamentais que são: massa, centro de massa (CM), ou centro de gravidade (CG) e momento principal de inércia (I). Segundo Nigg e Herzog (1995), estas três propriedades inerciais são freqüentemente requisitadas para as análises quantitativas do movimento humano. Para estes autores tais fundamentos se concentram em considerações teóricas, métodos experimentais e métodos teóricos.

Diferentemente, na evolução histórica dos métodos antropométricos, Zatsiorsky et al. (citado por Sacco, 1995 e Amadio, 1996) classificam estes em categorias e apresentam em forma de tabelas: a) investigações em cadáveres; b) investigações "in vivo" e investigações analíticas diretas. Para maiores detalhes, recomenda-se consultar Sacco(1995) - Tabelas nas páginas 145 e146 e Amadio (1996) – Tabelas nas páginas 52 a 54.

a) *Investigações em cadáveres*: nestes métodos após o fracionamento do corpo em seus segmentos, determinam-se as características e propriedades da massa corporal humana, ou seja, a massa, seu ponto de equilíbrio e o momento de inércia. Apesar destas serem investigações exaustivamente praticadas e seus dados ainda serem muito utilizados, segundo Amadio (1996) a comparação de seus resultados com estudos " in vivo", apresenta um alto

grau de dispersão face a fatores como: padrão de segmentação de membros e escolha de amostra em cadáveres, entre outros. Os principais estudos desta categoria foram: Borelli em 1979; Meyer em 1863; Weber em 1865; Harless em 1860; Braune & Fischer em 1889; Fisher em 1906; Dempster em 1955; Clauser et al., em 1969.

Deste conjunto de estudos, destaca-se como de grande repercussão para a época, os de Braune e Fisher em 1889, que determinaram os pesos parciais dos segmentos e o CG geral e relativo ao eixo proximal e distal da articulação em termos percentuais. Em 1906, Fischer (citado por Sacco, 1995) utilizando um cadáver masculino determinou o CM, pela técnica de suspensão dos segmentos e o CG do corpo pelo método de balanço simples; o momento de inércia pelo método do pêndulo físico. Entretanto, nos dias de hoje, os dados que são mais utilizados foram obtidos por Dempster em 1955, mesmo que sua amostra não tenha sido tão representativa, pois os cadáveres analisados tinham idades de 52 a 83 anos, com massas entre 49,66 a 72,5 Kg.

b) *Investigações "in vivo"*: estes tipos de estudos, foram desenvolvidos a partir de vários métodos, dentre os quais podem ser citados: pesagem hidrostática, fotogrametria, pêndulo físico, aceleração de segmentos e radiosótopos, entre outros. Destes métodos, o mais comum usado em Cineantropometria é a pesagem hidrostática, que segundo Nigg e Herzog (1995), foi desenvolvido por Harless em 1860, quando utilizou o método da imersão para determinar a massa, a localização do centro de massa e os momentos de inércia dos segmentos do corpo.

Mesmo utilizando indivíduos vivos, segundo Rodrigues et al. (1998) a maioria dos pesquisadores ainda se baseia em valores médios de dados de densidade corporal obtidos em cadáveres, cujas limitações se devem à amostra limitada de adultos homens idosos, o que segundo Amadio (1996) não representa os sujeitos comumente estudados em Biomecânica.

Diversos métodos foram desenvolvidos, objetivando quantificar as características e propriedades da massa em indivíduos vivos, dentre os quais lista-se, conforme cita Sacco (1995, p. 146), os seguintes: Meyer em 1863; Fisher em 1906; Scheidt em 1922; Basler em

1930; Bernstein em 1930; Dempster em 1955; Barter em 1957; Hering em 1965; Drillis & Contini em 1966; Bouisset e Pertuzon em 1967.

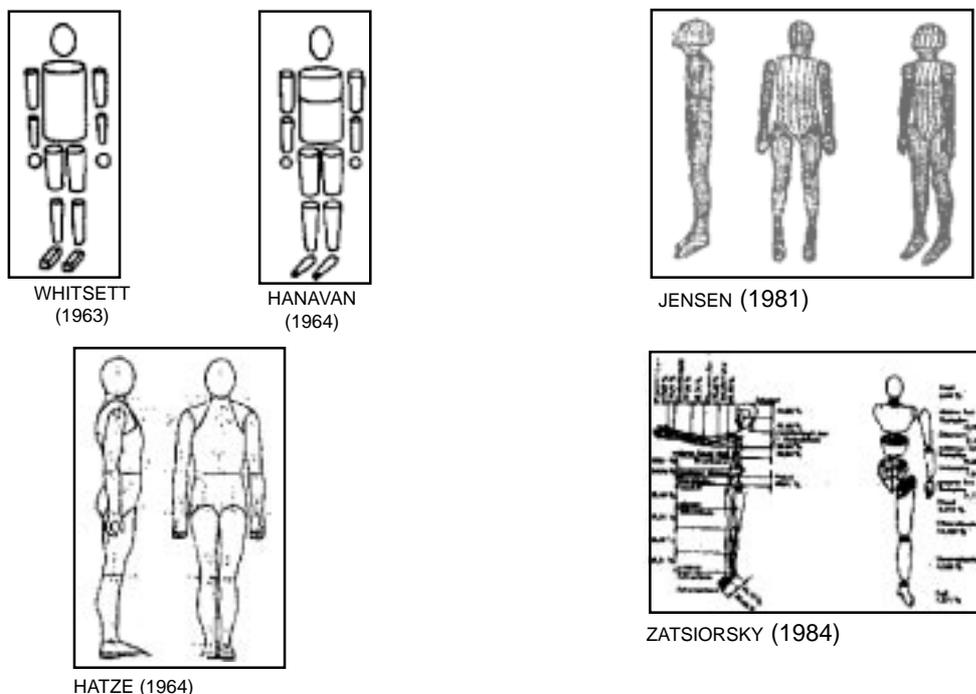
c) *Investigações analíticas indiretas*: nesta categoria os estudos usam como base procedimentos analíticos para cálculos das características e propriedades inerciais da massa corporal, construídos com base em corpos rígidos com características de sólidos de densidade uniforme, formas geométricas simples, com seus eixos articulares fixos substituíveis por móveis e permitem simular posições e movimentos humanos. De um modo geral aplicam as leis da mecânica na construção de modelos matemáticos do corpo humano, possibilitando assim cálculos de momentos de inércia, translação e rotação do corpo.

Para Amadio (1996) nestas investigações em Biomecânica, são utilizados computadores de alta performance para resolver equações matemáticas que representam o movimento. Na maioria dos trabalhos de modelagem matemática do corpo, adota-se densidades constantes para os segmentos igual à densidade corporal, exceto o modelo de Hatze criado em 1980.

Dentre os diferentes modelos desta categoria, Nigg e Herzog (1995) descrevem o modelo de Hanavan, criado em 1964, sendo utilizado pela simplicidade de suas formas e equações, que é constituído de 15 segmentos cujas formas geométricas consistem em cilindros, cones

truncados e elipsóides, baseado em 25 medidas antropométricas de indivíduos vivos tomadas experimentalmente. Nesta concepção, estes sólidos possuem densidade uniforme, cuja distribuição de massa em cada parte do modelo se aproxima aos valores obtidos em cadáveres, por Dempster em 1955. Existem também modelos mais complexos, cujas formas são muito próximas das humanas, como o de Hatze criado em 1980, que consiste de um modelo físico-matemático baseado em 242 medidas antropométricas, para definir as formas combinadas, de 17 segmentos corporais; na definição deste modelo, Hatze usou quatro sujeitos para testá-lo e obteve um erro de medida variando de 0,26% a 0,52%. Os referidos modelos apresentam-se na Figura 1.

Um dos modelos antropométricos interessante pela sua concepção é o de Jensen, no qual o corpo humano é modelado usando zonas elípticas descobertas em estudos de 1976, 1978, 1986 e 1989. Nestes estudos, Nigg e Herzog (1995) citam a utilização do método fotogramétrico, no qual o corpo é seccionado no plano transversal, em zonas de dois em dois centímetros e é representado em 16 segmentos, conforme o modelo de Jensen de 1978, mostrado na Figura 1. Neste método, a divisão dos segmentos foi baseada nos procedimentos descritos por Dempster em 1955, mas com modificações do corte no plano transversal.



Fonte: Amadio (1996, p. 51)

Figura 1 – Evolução de modelos antropométricos biomecânicos

Outro modelo antropométrico do corpo humano, foi o desenvolvido por Zatsiorsky e Seluyanov em 1983. Este é um modelo matemático sofisticado que mede a absorção dos raios pelos tecidos e determina a distribuição de massa e densidade dos segmentos. No desenvolvimento do método, os autores mediram 100 sujeitos usando a técnica de escaneamento por raios gama, cujos resultados das massa segmentares são semelhantes aos dados obtidos por Dempster em 1955, exceto para a coxa, na qual a densidade foi considerada alta (Nigg & Herzog, 1995).

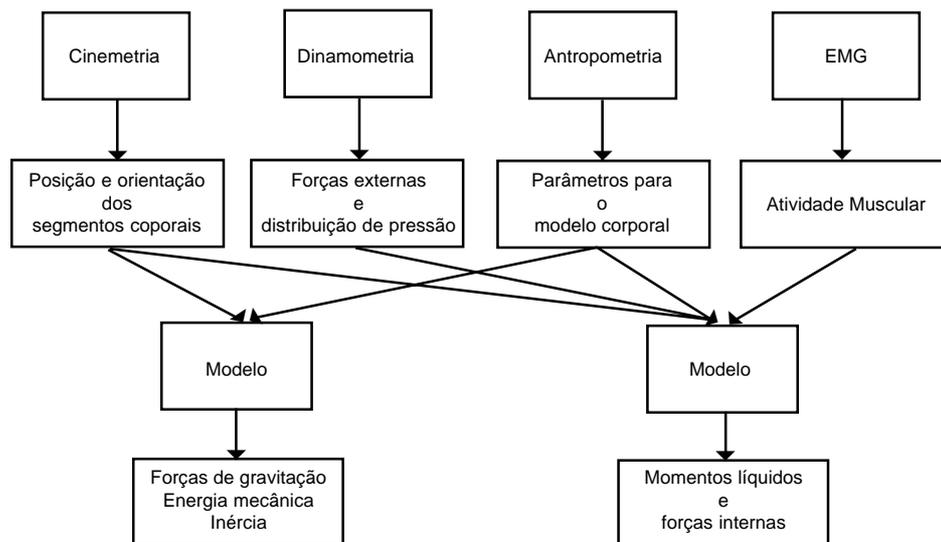
A ANTROPOMETRIA NO CONTEXTO DOS MÉTODOS DE MEDIÇÕES EM BIOMECÂNICA

A biomecânica, por se tratar de uma disciplina que segundo Amadio (1996), depen-

de basicamente de resultados experimentais, é essencial que esta apresente uma grande preocupação nos seus métodos de medição e segundo ele, somente desta forma, torna-se possível buscar métodos e medidas mais acuradas e precisas para a modelagem do movimento humano.

Assim os métodos utilizados pela biomecânica para abordar movimento humano são: antropometria, cinemetria, dinamometria e eletromiografia (Winter, 1979; Baumann, 1995; Amadio, 1996), também como suporte para estes, ocorre a aplicação dos conhecimentos da microeletrônica e informática (Melo, 2000).

Segundo Amadio (1996), utilizando-se destes métodos, o movimento pode ser descrito e modelado matematicamente, permitindo a maior compreensão dos mecanismos internos reguladores e extensores de movimento, conforme ilustrado na Figura 2.



Fonte: Amadio e Serrão (1997, p. 55)

FIGURA 2 - Áreas para complexa análise Biomecânica do movimento humano, segundo Baumann (1995).

Na complexa análise do movimento humano, estes métodos, dependendo do tema estudado, podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto, mediante sistemas computadorizados que possibilitam aquisição de dados de forma sincronizada. Dentre estes sistemas podem ser citados, o **Peak Motus** e o **Spica**.

Neste tipo de intervenção, os dados medidos antropométricos são utilizados, principalmente, como elementos importantes na definição de modelos antropométricos a serem utilizados pela cinemetria, quando da personalização do sujeito analisado, para possibilitar o cálculo das variáveis cinemáticas representativas do movimento, tais como: deslo-

camentos, trajetórias, velocidades, acelerações, todos lineares e angulares.

PAPEL E ALCANCE DA ANTROPOMETRIA DA BIOMECÂNICA NA ANÁLISE DOS MOVIMENTOS BIOMECÂNICOS: APLICAÇÕES E CONTRIBUIÇÕES.

De forma análoga, ao que acontece na Cineantropometria, onde a Antropometria apresenta várias contribuições em diferentes campos de aplicação, desde a análise das proporções dos tecidos que integram à composição corporal, passando pelo estudo de parâmetros de crescimento e desenvolvimento humano, até a seleção e análise do desempenho atlético desportivo. Na biomecânica não é diferente, neste sentido, Winter (1990) realizou estudos para verificar o alcance da Antropometria em movimentos biomecânicos e constatou que ela é o maior braço ou ramificação da antropologia, tanto que estudos premeditados de material medido no corpo humano são realizados para determinar diferenças em indivíduos ou grupos, em termos de características de raça, sexo, idade e espécie de formação. Contudo, mais recentemente, o maior impulso tem caminhado na direção do desenvolvimento tecnológico com o objetivo de adequar cada vez mais homem e máquina.

A partir das colocações de Winter (1990), os movimentos humanos detalhados, passaram ser analisados com precisão, requerendo para isso medições cinéticas, igualmente: massas, momentos de inércia e suas localizações, começando aí as modificações do conhecimento do saber relativo à junção da matéria no centro de rotação, a origem e a inserção dos músculos, os ângulos, os esforços de tração dos tendões, a extensão e cruzamento seccional da área muscular, a densidade dos segmentos de massa e centro de massa do sistema multissegmentar.

Especialmente, na Biomecânica, a Antropometria, preocupa-se com a determinação das características e propriedades do aparelho locomotor, como as dimensões e formas geométricas do corpo e de seus diferentes segmentos, distribuição de massas, braços de alavancas, posições articulares, entre outros, na confecção de um modelo antropométrico, contendo parâmetros necessários para a construção e representação biomecânica da estrutura analisada. Como analogia, respeitando-se as

especificidades das áreas, cita-se o modelo de "phantom" que também serve como um modelo referencial.

Neste particular o alcance da Antropometria, na análise do movimento em Biomecânica, caracteriza-se pela possibilidade de utilizar estes modelos para representar o corpo humano, personalizando-se matematicamente assim um modelo físico-geométrico que melhor se adequa à tarefa a ser analisada.

Acrescenta-se que a literatura apresenta diferentes modelos que diferem quanto ao número de segmentos que fracionam o corpo, as formas geométricas que adotam na representação destes segmentos e aos procedimentos matemáticos utilizados, os quais conhecidos os deslocamentos segmentares podem ser derivadas suas velocidades e acelerações lineares e angulares.

Sabendo das possibilidades de cada modelo, Zatsiorky et al. (citado por Rodrigues et al., 1998), afirmam que os resultados obtidos, nestas análises, a partir de diferentes modelos antropométricos oscilam de 30% a 100% nos valores dos movimentos cinéticos encontrados. Sendo assim, a escolha do modelo antropométrico é um fator determinante no sucesso da análise biomecânica.

Para ilustrar o papel da Antropometria na Biomecânica, destacamos alguns estudos, realizados especificamente no Brasil, que além da exemplificação servem para mostrar o estado de arte da Antropometria inerente a Biomecânica, tais como: Machado (1994) em sua dissertação de mestrado, analisou as características dinâmicas do caminhar humano, em função dos diferentes tipos de calçados. No estudo utilizou medidas antropométricas do pé, sendo algumas padronizadas por diferentes autores e outras pelo LAPEM/CEFD/UFES, obtendo-se: 9 comprimentos, 12 perímetros, 9 larguras e 14 alturas. Este estudo, assim como os desta linha, contribuíram para demonstrar que o padrão da caminhada tem relação com o processo de adequação do pé ao calçado utilizado.

Corrêa et al. (1995) compararam resultados da energia mecânica (cinética, potencial e rotacional) de diferentes segmentos e o total externo, interno e energia potencial, usando os métodos antropométricos de Zatsiorsky e o de Winter. A colaboração deste estudo, foi de enfatizar a importância de se conhecer os dife-

rentes modelos antropométricos e suas capacidades no cálculo de energia, reconhecendo o que melhor se adequa ao tipo de estudo.

Ramiro et al. (s/d) apresentam um guia de recomendações para o modelo de calçados, no qual dedica um capítulo referente à utilização da antropometria para a determinação de medidas e parâmetros dimensionais do pé. Este conjunto de medidas (comprimentos, alturas e larguras) é utilizado para a definição da forma utilizada na construção de calçados.

Wieczorek, Duarte e Amadio (1997), avaliaram a força de reação do solo durante a execução do movimento básico de *step* e identificaram o seu padrão. A Antropometria neste estudo foi utilizada para selecionar uma amostra homogênea, em função do comprimento dos membros inferiores e massa.

Gonçalves e Cerqueira (1997) analisaram eletromiograficamente os músculos reto do abdome, oblíquo externo do abdome, eretor da espinha, bíceps da coxa e reto da coxa durante o levantamento manual de carga a partir de diferentes posições. Neste estudo, a Antropometria contribuiu no sentido de determinar a intensidade da carga de trabalho em função da massa de cada sujeito, a qual não deveria exceder a 25%.

Corrêa et al. (1997) descreveram e analisaram as diferenças entre o andar no piso fixo e na esteira rolante em termos de variação de energia mecânica e das variáveis cinemáticas que contribuem para esta variação. Para a utilização da cinemetria, foi utilizado o modelo antropométrico de Dempster, o qual se baseia em 13 segmentos corporais, mensurados em 17 pontos. Neste estudo a Antropometria contribuiu como suporte à cinemetria, na definição do modelo utilizado no cálculo das variáveis cinemáticas.

Manfio e Ávila (1997), destacaram a importância da fabricação de calçados com perfis diferenciados, para cada numeração. Os perfis encontrados foram mediante a utilização de medidas antropométricas nas variáveis comprimento do pé, perímetro da cabeça dos metatarsos e o número do calçado usado pelos sujeitos. A relevância deste estudo foi de propor à indústria calçadista parâmetros para a construção de calçados que atendam a variabilidade das dimensões do comprimento, da altura e da largura do pé do brasileiro.

Barros e Perin (1997) analisaram a hipótese da força ou endurance da musculatura

agonista responsável pelo flexionamento do tronco sobre as pernas influenciar a capacidade de mobilidade articular do quadril. Os indicadores antropométricos de altura do tronco; comprimento das pernas sentado; alcance máximo sentado dos dactilóides com o tronco fletido sobre as pernas com relação ao plano vertical plantar, permitem verificar o desempenho do teste, aplicando estes dados na equação criada por Barros em 1995, para medir a capacidade articular do quadril.

Santos e Melo (1997) realizaram um estudo para avaliar a precisão do teste “sentar e alcançar de Wells” e propor um método através de imagens para medição da flexibilidade da articulação coxo-femural. No experimento, a contribuição da antropometria foi na definição dos comprimentos segmentares (tronco, membros inferiores, membros superiores, eixos articulares e centro geométrico dos diferentes segmentos corporais). Nestes estudos foi verificada a contribuição dos diferentes segmentos corporais na flexibilidade dos testes de “Wells” bem como possibilitar medir o verdadeiro ângulo de flexão da articulação coxo-femural.

Rodriguez et al. (1998) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de estabelecer um protocolo metodológico para avaliação das dimensões do pé humano. As medidas antropométricas realizadas em ambos os pés foram em termos de: 5 comprimentos, 4 perímetros, 5 alturas, 4 larguras, além das medidas indiretas do pé (índice do arco longitudinal – 5 comprimentos e 3 larguras). Este estudo contribuiu para a indústria calçadista na fabricação de calçados com modelos de pé padrão brasileiro.

Toigo et al. (1999) realizaram um estudo com o objetivo de investigar se o uso de um ou outro tipo de pá para um mesmo remador, utilizando a mesma voga em um barco “skiff” provocaria alterações na técnica da remada. Para o cálculo das variáveis cinemáticas, valeu-se da Antropometria para a definição dos pontos anatômicos (ombro, cotovelo, punho, quadril e joelho) as quais serviram como referência para digitalização da escala métrica. Este estudo contribuiu demonstrando que a técnica da remada pode não sofrer alterações quando utilizam diferentes tipos de pás de remo e sua relação com a adaptação do equipamento para aqueles atletas que não dispõem de equipamento próprio e com diferentes dimensões corporais.

Munis, Moro e Ávila (1999) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a curvatura vertebral do indivíduo na posição sentada e em pé, a partir da reconstrução tridimensional. Para a reconstrução 3D, foi utilizado o sistema Peak Motus, e foram demarcados pontos anatômicos para que os sujeitos fossem fotografados, sendo: 17 ao longo da coluna vertebral; um ponto em cada crista ilíaca; no ponto médio entre as espinhas ilíacas e pósterio superior e nos trocânteros maiores. Este estudo demonstrou que a reconstrução 3D na coluna vertebral pode avaliar a coluna em diferentes situações.

Leite et al. (1999) desenvolveram um método para identificar e comparar padrões respiratórios baseado em uma análise do movimento da superfície do tronco. Utilizando a análise cinemática para registrar o movimento nas inspirações e expirações, demarcaram 14 pontos antropométricos no tronco do sujeito, no sentido céfalo-caudal. Este estudo contribuiu mostrando as alterações nos padrões respiratórios indicados pela prática de yoga.

Nasser (2000) em sua tese de doutorado, investigou a conformação externa do arco plantar longitudinal medial e a distribuição de forças anterior e posterior do pé, em diferentes alturas e ângulos de apoio do calcanhar. Os pontos antropométricos demarcados num total de 15, possibilitaram a aquisição de dados através da cinemática, os quais possibilitaram verificar o modelo que melhor representa o contorno do arco plantar longitudinal medial. Este estudo contribuiu para mostrar que o aumento da altura dos sapatos (nos calcanhares) provoca modificação no padrão de caminhar, no formato da curva do arco plantar e na estabilidade, podendo ou não causar patologias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das considerações anteriores, torna-se evidente que a antropometria, além de sua importância na mensuração das medidas corpóreas é útil na determinação de modelos antropométricos que facilitem os cálculos relativos às análises cinemáticas e dinâmicas.

Além dessa importância, Riehle (1976) acrescenta que quando se substitui um corpo pelo modelo do Centro de Massa (CM), tem-se as vantagens: a) de que a posição do corpo pode ser determinada a qualquer instante pelo

ponto de massa; b) que a movimentação do ponto de massa é simples, pois são excluídas as rotações; c) os pontos de atuação das forças não precisam, ser investigados, uma vez que todas as forças atuantes deixam se reunir numa única resultante.

No que diz respeito à utilização da antropometria, constata-se que estes modelos são muitos utilizados para testes de resistência ao impacto, em diferentes ramos industriais, como exemplo no setor automobilístico, na aeronáutica e outras atuações em que a utilização de indivíduos vivos seja impraticável, ou não recomendável.

No desenvolvimento das modernas técnicas para quantificar o movimento humano, a antropometria é importante na definição dos modelos, principalmente, no que diz respeito aos estudos biomecânicos da musculatura esquelética, que ainda representam um desafio para a biomecânica. Acrescendo aos estudos das forças e movimentos de inércia, forças articulares, que não podem ser medidas diretamente.

Com relação ao estágio de desenvolvimento de modelos, Bauman (1995) cita que os métodos de estudos estão cada vez mais aprimorados e nos últimos anos, técnicas de ressonância magnética são utilizadas para determinar essas características geométricas da massa corporal e suas propriedades mecânicas, bem como a tomografia computadorizada, a análise da ativação de nêutrons, condutância elétrica e outros métodos sugeridos por Lukasi em 1987.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amadio, A. C. (Coord.). (1996). **Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica/EEFUSP.
- Amadio, A. C. & Serrão, J. C. (1997). Instrumentação em cinética. In M. Saad (Editor). **Análise marcha: manual do CAMO-SBMFR**. (pp 53-68). São Paulo: Lemos – Editorial.
- Barros, S. A. & Perin, K. (1997). Influência da força e endurance musculares do abdômen na capacidade de mobilidade articular do quadril. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 360-363). Campinas: UNICAMP.
- Baumann, W. (1995). Métodos de medição e campos de aplicação da biomecânica: estado de arte e

- perspectivas. **Anais do VI Congresso Brasileiro de Biomecânica**. Brasília:UNB.
- Beunes, G. & Borms, J. (1990). Cineantropometria: raízes, desenvolvimento e futuro. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, 4 (3), 76-97.
- Corrêa, S. C., Amadio, A. C., Glitsch, U. & Baumann, W. (1997). Análise de variações na energia mecânica do andar na esteira rolante e no piso fixo: um estudo de caso. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 234-239). Campinas:UNICAMP.
- Corrêa, S. C., Amadio, A. C., Glitsch, U. & Baumann, W. (1995). Differences in the calculation of mechanical energy using two different anthropometrical models. **Anais do VI Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 215-221). Brasília:UNB.
- De Roe, E. H., Pigatto, E. & De Rose, R. C. F. (1984). **Cineantropometria, educação física e treinamento desportivo**. Rio de Janeiro: SEED – MEC.
- Duarte, M. & Amadio, A. C. (1993). Revisão sobre o formalismo lagrangeano. **Anais do V Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 163-169). Santa Maria:UFSM.
- Gonçalves, M. & Cerqueira, P. E. (1997). Análise eletromiográfica do levantamento manual de carga: efeito da postura e altura inicial da carga e do uso de cinto pélvico. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 157-162). Campinas:UNICAMP.
- Guedes, D. P. (1994). **Composição corporal: princípios, técnicas e aplicações**. 2 ed. Londrina: APEF.
- Leite, M. R. R., Brenzikofer, R., Lima Filho, E. C., Iwanowicz, J. B. & Barros, R. M. L. (1999). **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 281-286). Florianópolis: CEFID/UDESC.
- Machado, D. B. **Estudo de características dinâmicas do caminhar humano, em função do calçado**. Dissertação de mestrado, Mestrado Educação Física, UFSM, Santa Maria, RS.
- Manfio, E. F. & Avila, A. O. V. (1997). A influência dos perfis diferenciados dentro de uma mesma numeração, na qualidade do calçado. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 305-309). Campinas:UNICAMP.
- Matsudo, V. K. R. (1983). **Testes em ciências do esporte**. 2. ed. São Caetano do Sul: Burti.
- Melo, S.I.L. (2000). **Biomecânica: caracterização, possibilidades e tendências**. Apostila, Centro de Educação Física e Desportos, UDESC, Florianópolis.
- Muniz, A. M. S., Moro, A. R. P. & Avila, A. O. V. (1999). Um estudo comparativo da curvatura vertebral na posição em pé e sentada a partir da reconstrução 3D. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 255-259). Florianópolis:CEFID/UDESC.
- Nasser, J. P. **Estudo da variação do arco plantar longitudinal com apoio do calcâneo em diferentes alturas**. Tese de doutorado, Doutorado em Educação Física, UFSM, Santa Maria, RS.
- Nigg, B. M. & Herzog, W. (1995). **Biomechanics of the musculo-skeletal system**. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Petroski, E. L. (Org.).(1999). **Antropometria: técnicas e padronizações**. Porto Alegre: Palotti.
- Ramiro, J., Alcántara E., Forner, A., Ferrandis, R., Garcia-Belenguer, A. C., Durá, J. V. & Vera, P. (s/d). **Guía de recomendaciones para el diseño de calzado**. Instituto de biomecânica de Valencia.
- Riehhle, H. (1976). **Introdução da biomecânica do esporte**. Apostila, Centro de Educação Física e Desportos, UFSM, Santa Maria.
- Rodrigues, M. D., Serrão, J. C. Avila, A. O. & Amadio, A. C. (1998). Aspectos antropométricos do pé humano: procedimentos de mensuração e relações com o crescimento físico na segunda infância. **Revista Brasileira de Postura e Movimento**. 2 (1), 15-27.
- Roebuck, J. A., Kroemer, K. H. E. & Thomson, W.G. (1975). **Engineering anthropology methods**. New York: John Wiley & Sons.
- Sá, S. A. G. de. (1975). **Biometria em educação física: generalidades, antropomorfologia**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Sacco, I. C. N., Duarte, M. & Amadio, A. C. (1995). Contribuição das características e propriedades inerciais da massa corporal humana para o estudo de modelos antropométricos biomecânicos. **Anais do VI Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 144-150). Brasília:UNB.
- Santos, C. W. & Melo, S. I. L. (1997). Uma proposta para medição da flexibilidade da articulação coxo-femural. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 149-154). Campinas:UNICAMP.
- Toigo, A. M., Beatrici, A., Schulz, R., Loss, J. F. & Vaz, M. A. (1999). Estudo comparativo de dois tipos de pás de remo em relação à técnica da remada dupla. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 149-154). Florianópolis: CEFID/UDESC.
- Wieczrek, S. A., Duarte, M. & Amadio C. A. (1997). Avaliação da força de reação do solo no movimento básico de step. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. (pp. 109-114).Campinas:UNICAMP.
- Winter, D. A. (1990). **Biomechanics and motor control of human movement**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Endereço dos autores

Centro de Educação Física e Desportos
 Coordenadoria de Pós-Graduação
 Rua: Paschoal Simone, nº 358
 Bairro: Coqueiros – Florianópolis/SC
 CEP: 88.080-350 – E-mail: d2silm@pobox.udesc.br