

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CAMPUS DE ARARAQUARA

JOYCE MORAES CAMARNEIRO

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM ADOLESCENTES OBESOS

Araraquara – SP
2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CAMPUS DE ARARAQUARA

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM ADOLESCENTES OBESOS

JOYCE MORAES CAMARNEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Alimentos e Nutrição da
Faculdade de Ciências Farmacêuticas para
obtenção do grau de Doutor em Ciências
Nutricionais

Orientadora: Jacqueline Pontes Monteiro
Co-Orientador: Anderson Marliere Navarro

Araraquara – SP
2011

Ficha Catalográfica

Elaborada Pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP – Campus de Araraquara

C172a Camarneiro, Joyce Moraes
Análise da composição corporal em adolescentes obesos / Joyce Moraes
Camarneiro. – Araraquara, 2011
79 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição

Orientador: Jacqueline Pontes Monteiro

Co-orientador: Anderson Marliere Navarro

1. Adolescentes. 2. Obesidade. 3. Antropometria. 4. Bioimpedância elétrica. 5. Diluição de óxido de deutério . I. Monteiro, Jacqueline Pontes, orient. II. Navarro, Anderson Marliere, co-orient.. III. Título.

CAPES: 50700006

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus por ter me concedido a vida e ao meu Pai Dalmo, pelo seu amor incondicional, proteção e grande incentivador da minha vida profissional.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Jaqueline Pontes Monteiro, que me acolheu carinhosamente desde os primeiros momentos, sempre iluminando meu percurso com tranquilidade, paciência, sensibilidade, AMOR e me fazendo sempre me sentir importante e especial com sua extraordinária sabedoria.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Anderson Marliere Navarro, pelo seu imenso carinho, acolhimento, e acima de tudo, pela sua humildade e profunda consideração com os momentos difíceis que passei durante a finalização desse trabalho. Obrigada por me dar força e motivar a continuar.. Que Deus lhe abençoe.

Ao Prof. Dr. Simon por acreditar nesse trabalho, pela paciência, humildade, bondade e respeito com que sempre me recebeu. Muito obrigada!!

À Cláudia Lucia Molina, Laura Rosim e Sônia Ornellas, harmoniosa equipe do departamento de pós-graduação, pela inquestionável competência e assistência durante todas as etapas do doutorado.

Aos adolescentes, voluntários deste estudo, que se prontificaram de forma extraordinária a participar e contribuir com todas as etapas com amor, dedicação e paciência.

À toda equipe do Centro comunitário da Vila Lobato, em especial a Silvandira, Cidinha, Rosa, Dr. Júlio e Dr. Luiz Antonio Del Ciampo pelo imenso apoio, carinho e amor que tiveram comigo me dando suporte necessário para realização desse estudo.

Ao meu marido "Dú", pelo amor, confiança e grande motivador, Obrigada meu amor pela força e por se orgulhar de mim.

A minha linda filhinha "Letícia" que faz dos meus dias os mais felizes.

Obrigada a minha guerreira, bondosa, maravilhosa mãe, pelo incentivo e amor. Louvo a Deus por ser sua filha.

Obrigada aos meus irmãos, Sandro e Bi e amigas como Norita e Jussara por me encorajar e motivar a continuar meus estudos.

Agradeço a Fundação de Ensino de Superior de Passos pelo incentivo financeiro.

***TODAS AS COISAS COOPERAM PARA O
BEM DAQUELES AMAM A DEUS. Rm- 8:28
"A ELE TODA HONRA, GLÓRIA E LOUVOR"***

RESUMO

Obesidade é um distúrbio metabólico caracterizado por um aumento da massa adiposa do organismo, que se reflete em um aumento do peso corpóreo. Para avaliar a obesidade e acompanhar crianças e adolescentes obesos, é necessário um método rápido e confortável para estimar a composição corporal de forma correta e segura. O objetivo do presente estudo foi avaliar a relação entre as medidas da composição corporal de adolescentes obesos atendidos no Centro Médico Social Comunitário Vila Lobato do HCFMRP/USP pela antropometria, bioimpedância elétrica e diluição de óxido de deutério, propondo uma equação. Foram avaliadas 40 adolescentes com obesidade, com idade entre 10 a 19 anos. Os resultados demonstraram que em relação ao estadiamento puberal, 57,5% dos adolescentes do sexo feminino e 40,0% dos pacientes do sexo masculino se encontraram no estágio três de Tanner, caracterizado pelo início do desenvolvimento puberal e nenhum esteve no estágio cinco, indicando que a maioria não concluiu o estirão de crescimento. De acordo com dados antropométricos e da composição corporal pelo método de biompedância elétrica e diluição de óxido de deutério, ambos os sexos não tiveram diferenças significativas. Resultados obtidos pela BIA, quando comparados com os dados do método da diluição de óxido de deutério, apresentaram uma correlação fraca em relação às variáveis, massa corporal magra e água corporal total e forte correlação para a massa corporal gorda, embora, verificamos que essa concordância não estava próxima de 1. Sendo assim, sentimos necessidade de ajuste de fórmulas específicas utilizando o deutério como padrão ouro, para avaliar crianças e adolescentes, principalmente quando se trata de obesidade. Foram elaboradas fórmulas que poderão auxiliar os profissionais de saúde na avaliação da composição corporal de adolescentes obesos, não se limitando ao Índice de Massa Corporal, critério que não avalia a massa corporal gorda e magra. Porém não é adequado extrapolar essas equações fora do âmbito dos dados. Em outras palavras, embora os modelos de regressão linear tenham sido bem ajustados, é necessário validar a aplicabilidade dessas fórmulas.

Palavras-chave: adolescentes, obesidade, antropometria, bioimpedância elétrica, diluição de óxido de deutério.

ABSTRACT

Obesity is a metabolic disorder characterized by an increase in fat mass of the body, which is reflected in an increase in body weight. To monitor and evaluate obesity and follow obese children and adolescents, you need a fast and comfortable method to estimate body composition accurately and safely. The aim of this study was to assess the relationship between measures of body composition in obese adolescents treated at Community and Social Center of Vila Lobato HCFMRP / USP by anthropometry, bioelectrical impedance and deuterium oxide dilution, proposing an equation. We evaluated 40 obese adolescents aged 10 to 19 years. The results showed that in relation to pubertal stage, 57.5% of female adolescents and 40.0% of male patients met the three Tanner stage, characterized by the onset of pubertal development and none was in stage five, indicating that most have not completed the growth spurt. According to anthropometric data and body composition by the method of bioelectrical impedance and dilution of deuterium oxide, both gender did not differ significantly. Results obtained by the BIA, when compared with data from the method of dilution of deuterium oxide, showed a weak correlation in these variables, lean body mass and total body water and a strong correlation to body fat mass, although we found that this agreement was not close to 1. Therefore, we need to adjust the specific formulas using deuterium as the gold standard for assessing children and adolescents, especially when it comes to obesity. They prepared formulas that can assist health professionals in the assessment of body composition in obese adolescents, not limited to body mass index, a criterion that does not measure body fat and lean mass. But it is not appropriate to extrapolate these equations outside the scope of the data. In other words, while the linear regression models were adjusted well, it is necessary to validate the applicability of these formulas.

Keywords: adolescents, obesity, anthropometry, bioelectrical impedance, dilution of deuterium oxide.

LISTA DE ABREVIATURAS

ACT e TBW – água corporal total

BIA – bioimpedância elétrica

CB e AMC – circunferência do braço

CC e WC – circunferência da cintura

CMB – circunferência muscular do braço

DEU – deutério

IMC e BMI – índice de massa corporal

MG e FAT MASS (FM) - massa gorda

MM e LEAN MASS (LM) - massa magra

PCSB (SKINFOLD) – prega cutânea subescapular

PCT (SKINFOLD) – prega cutânea do tríceps

GENDER - sexo

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1

Quadro 1. Características dos adolescentes, de acordo com o sexo e com a maturação sexual. 18

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Anthropometric characterization of the study group by gender and variables. Ribeirão Preto-SP,2011. 63
- Tabela 2.** Characterization of the bioelectrical impedance method in the study group by gender and variables. Ribeirão Preto-SP,2011. 64
- Tabela 3.** Characterization of the method of deuterium oxide dilution in the study group by gender and variables. Ribeirão Preto-SP, 2011. 64
- Tabela 4.** Equations for estimating body composition by the method of dilution of deuterium oxide using measures of anthropometry and bioimpedance. Ribeirão Preto-SP, 2011. 66
- Tabela 5.** Equations for estimating body composition by the method of dilution of deuterium oxide measurements using bioelectrical impedance. Ribeirão Preto-SP, 2011. 67

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1. Esquema de um espectrômetro de massa, demonstrando a separação de uma corrente iônica de deutério ($^2\text{H-}^1\text{H}$, $m/z = 3$) e hidrogênio ($^1\text{H-}^1\text{H}$, $m/z = 2$). Ribeirão Preto – SP, 2011. 43

CAPÍTULO 2

FIGURE 1. Relation of coefficient of correlation between the Lean Mass DEU (kg) with Lean Mass BIA (kg), Fat Mass DEU (Kg) with Fat Mass BIA (kg) also the TBWDEU (%) and TBWBIA (%) of adolescents in the Community and Social Center of Vila Lobato HCFMRP / HCFMRP USP / USP, from July 2008 to May 2009. Ribeirão Preto-SP, 2011. 65

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
OBJETIVOS	14
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
1.1 Adolescência: definição e dados demográficos	16
1.2 Adolescência e estadiamento puberal	17
1.3 Adolescência e excesso de peso	19
1.4. Métodos de avaliação da composição corporal	25
1.4.1 Antropometria	28
1.4.2 Impedância Bioelétrica	33
1.4.3 Diluição de óxido de deutério	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CAPÍTULO 2 - Body composition estimatives by anthropometry, bioelectrical impedance and deuterium oxide dilution in obese adolescents	57
ABSTRACT	58
INTRODUCTION	59
MATERIALS AND METHODS	60
Anthropometry	60
Bioelectrical impedance analysis	60
Deuterium dilution method	61
Statistical analysis	61
RESULTS	62
DISCUSSION	67
CONCLUSION	70
REFERENCES	70
ANEXOS	76

INTRODUÇÃO GERAL

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS), a adolescência corresponde ao período da vida entre os 10 e 19 anos 11 meses e 29 dias (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1975), no qual ocorrem profundas mudanças em decorrência das alterações morfológicas, fisiológicas, psicológicas e sociais intensas e complexas, caracterizadas principalmente pelo rápido crescimento somático, surgimento das características sexuais secundárias, conscientização da sexualidade, estruturação da personalidade, adaptação ambiental e integração social (ANJOS; VEIGA; CASTRO, 1998).

Durante a adolescência, a determinação do IMC é o método mais acessível e universalmente aplicável, por ser de baixo custo, simples e não invasivo. A maior desvantagem é não poder identificar a deficiência ou excesso de um nutriente específico e não discrimina a composição corporal. Portanto, os indicadores antropométricos, usados na avaliação nutricional dos adolescentes, não são específicos e somente podem ser considerados como critérios sugestivos de maior risco nutricional (EISENTEIN et al., 2000).

Obesidade é um distúrbio metabólico caracterizado por um aumento da massa adiposa do organismo, que se reflete em um aumento do peso corpóreo. Entretanto, nem todo aumento de peso é evidência de obesidade, podendo representar, em alguns casos, desenvolvimento de massa muscular (massa corporal magra) ou mesmo uma estrutura óssea mais compacta (CYSNEIRO, 1996).

Para avaliar a obesidade e acompanhar crianças e adolescentes obesos, é necessário um método rápido e confortável para estimar a composição corporal de forma correta e segura. Vários estudos têm demonstrado que medidas antropométricas como peso, estatura e dobras cutâneas são de baixa precisão na avaliação da composição

corporal e de alterações durante a perda de peso em crianças obesas (ROUBENOFF; KEHAYIAS , 1991; LUKASKI, 1987; BRAY et al., 1978; GRAY et al., 1990; WOMERSLEY; DURNIN, 1977), porém, métodos específicos e de alta precisão para análise da composição corporal tais como densitometria, diluição do deutério, absorcimetria de raio X de dupla-energia (DEXA) são caros e sua utilização em pacientes atendidos em ambulatório se torna inviável (WABITSCH et al., 1996).

A BIA é um método usado para estimar a composição corporal cuja tecnologia determina a impedância elétrica de tecidos corporais, permitindo estimar a água corporal total. Este método é seguro, não invasivo, rápido e relativamente barato, baseado na resistência à passagem de corrente elétrica pelos tecidos orgânicos que são diferentes em função do seu conteúdo hídrico e eletrolítico (LUKASKI, 1987; CASANOVA et al., 2004).

A utilização de marcadores específicos por meio de métodos de diluição constituiu importante recurso para a determinação da água corporal total (ELLIS, 2000). Dentre os marcadores mais recomendados para o uso clínico, destacam-se os isótopos estáveis, elementos que possuem a característica de não se desintegrarem naturalmente, não emitindo partículas ao meio externo e por essa razão são considerados inócuos aos seres humanos (MARCHINI et al., 1997).

Baseado no texto descrito acima, justifica-se o estudo, devido os adolescentes obesos necessitarem de métodos mais criteriosos em relação ao peso corporal, a massa corporal gorda e a massa corporal magra, pois se avaliação nutricional se limitar somente ao IMC, dificilmente será possível constatar se o ganho de peso está sendo à custa de massa corporal magra ou gorda. Para isso, achou-se necessário elaborar equações que pudessem prever a composição corporal elaboradas a partir um padrão

ouro (diluição de óxido de deutério) utilizando medidas diretas como circunferências, dobras e medidas de composição corporal pelo método de bioimpedância elétrica.

Possíveis alterações na massa magra e gorda de crianças e adolescentes com obesidade podem ter implicações clínicas favoráveis ou não conforme sua intensidade. Dessa forma, descrever as alterações bem como validar técnicas de avaliação nutricional são condutas imprescindíveis no tratamento da obesidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, L. A.; VEIGA, G. V.; CASTRO, I. R. R. Distribuição dos valores do índice de massa corporal da população brasileira até 25 anos. **Revista Panamericana Salud Publica**, Washington, v. 3, n. 3, p. 164-173, 1998.

BRAY, G. A.; GREENWAY, F. L.; MOLICH, M. E.; DAHMS, W. T.; ATKINSON, R. L.; HAMILTON, K. Use of antropometric measures to assess weight loss. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 31, p. 769-73, 1978.

CASANOVA, R. M; RODRIGUEZ R. I.; RICO DE COS, S.; CASANOVA, B. M. Body composition analysis using bioelectrical and anthropometric parameters. **Anales de Pediatria**, Barcelona, v. 61, n. 1, p. 23-31, 2004.

CYSNEIROS, M. A. de P. C. Obesidade na infância e adolescência. **Pediatria Moderna**, Rio de Janeiro, v.22, n. 7, 1996.

EISENTEIN, E.; COELHO, K. S. C.; COELHO, S. C.; COELHO, M. A. S. C. Nutrição na adolescência. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 76, Sup. 3, p. S263-S274, 2000.

ELLIS, K. J. Human body composition: vivo methods. **Physiological Reviews**, Washington, v. 80, p 649-80, 2000.

GRAY, D. S.; BRAY, G.A.; BAUER, M.; KAPLAN, K.; GEMAYEL, N.; WOOD, R.; GREENWAY, F.; KIRK, S. Skinfold thickness measurements in obese subjects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 51, p. 571-7, 1990

LUKASKI, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 46, p. 537-556, 1987.

MARCHINI, J. S.; BASILE FILHO, A.; VANNUCCHI, H.; DARMAUN, D.; KREMPT, M. Utilização de espectrometria de massa para o estudo do metabolismo protéico e aminoácidos em medicina. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 30, p. 494-507, 1997.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **El embarazo y el aborto em la adolescência**. Genebra, 1975.

ROUBENOFF, R.; KEHAYIAS, J. J. The meaning and measurement of lean body mass. **Nutrition Reviews**, Baltimore, v. 49, n. 6, p. 163-75, 1991.

WABITSCH, M.; BRAUN, U.; HEINZE, E.; MUCHE, M.; MAYER, H.; TELLER, W.; FUSCH, C. Body composition in 5 –18 –y- old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 64, p. 1-6, 1996.

WOMERSLEY, J.; DURNIN, J. V. G. A. A comparison of the skinfold methods with extent of “overweight” and various weight-height relationships in the assesment of obesity. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 38, p. 271-84, 1977.

OBJETIVOS

- **GERAL**

- Avaliar a relação entre as medidas da composição corporal de adolescentes obesos atendidos no Centro Médico Social Comunitário Vila Lobato do HCFMRP/USP pela antropometria , bioimpedância elétrica e diluição de óxido de deutério.

- **ESPECÍFICO**

- Avaliar a concordância entre os métodos de diluição de óxido de deutério (padrão ouro) , bioimpedância elétrica e pregas.

- Verificar a associação entre o método diluição de óxido de deutério e variáveis de interesse, propondo uma equação.

CAPITULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Adolescência: definição e dados demográficos

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS), a adolescência corresponde ao período da vida entre os 10 e 19 anos 11 meses e 29 dias (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1975), no qual ocorrem profundas mudanças em decorrência das alterações morfológicas, fisiológicas, psicológicas e sociais intensas e complexas, caracterizadas principalmente pelo rápido crescimento somático, surgimento das características sexuais secundárias, conscientização da sexualidade, estruturação da personalidade, adaptação ambiental e integração social (ANJOS; VEIGA; CASTRO, 1998).

Atualmente, 20% da população mundial, ou seja, 1,2 bilhão de pessoas encontram-se na faixa etária dos 10 aos 19 anos. Do total, 87% moram em países em desenvolvimento (YAZLLE, 2006).

Segundo o *Censo Demográfico 2000*, adolescentes de 10 a 19 anos representam a maior parcela da população brasileira; são mais de 35 milhões, o que corresponde a 20,8% da população total do país, recenseada no ano 2000 em 169.799.170 habitantes (IBGE, 2000). Do total de adolescentes, 10% estão na faixa de 10 a 14 anos e 10,8% têm entre 15 e 19 anos (IBGE, 2001).

De acordo com IBGE, crianças entre 5 e 9 anos de idade e entre adolescentes, a frequência do excesso de peso, que vinha aumentando modestamente até o final da década de 1980, praticamente triplica nos últimos 20 anos, alcançando entre um quinto e um terço dos jovens. Nos últimos seis anos (comparando resultados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009 com os da POF 2002-2003), a frequência de pessoas com excesso de peso aumentou em mais de um ponto percentual ao ano, o que indica que, em cerca de dez anos, o excesso de peso poderia alcançar dois terços da

população adulta do Brasil, magnitude idêntica à encontrada na população dos Estados Unidos (IBGE, 2010).

Na região Sudeste, o número de habitantes é de 77.873.120 milhões (IBGE, 2007), sendo que a população de adolescentes com idade entre 10 e 19 anos corresponde a 13.667.649 milhões de pessoas (17,5%) (IBGE, 2000).

A cidade de Ribeirão Preto apresenta uma população estimada de 547.417 mil habitantes (IBGE, 2007). Segundo informação censitária do ano de 2001, a população de adolescentes com idade entre 10 e 19 anos era composta de 94.351 mil habitantes (IBGE, 2001), o que corresponde a 17,2%.

A adolescência pode ser caracterizada como o processo de passagem da vida infantil para a vida adulta e tem sua conceituação sustentada na psicologia e na sociologia, esse processo tem caráter histórico e significados diferentes em diversas culturas, épocas e classes sociais. A puberdade, por sua vez, tem sua origem na realidade biológica, compreendendo o conjunto das transformações somáticas que marcam o final da infância, principalmente com o aparecimento de caracteres sexuais secundários (BUTLER; MCKIE; RATCLIFFE, 1990; FERREIRA, ROMANINI, MIRANDA, 2005).

1.2 Adolescência e estadiamento puberal

Na adolescência, os fatores genéticos e étnicos passam a ser os principais fatores de influência sobre o desenvolvimento (ANJOS; VEIGA; CASTRO, 1998). Adolescentes de mesma idade frequentemente estão em fases distintas da puberdade, pois esta tem início e ritmo de progressão muito variável entre os indivíduos. A maioria dos eventos puberais, tais como a velocidade máxima de crescimento, a menarca, a aquisição da estatura final, dentre outras características, se relaciona mais com

determinadas fases da puberdade do que com a idade cronológica (CHIPKEVITCH, 2001). Embora alguns modelos de estadiamento puberal tenham sido propostos já nas décadas de 1940 e 1950 (SCHONFIELD, 1943; REYNOLDS; WINES, 1948; REYNOLDS; WINES, 1951), coube ao médico inglês J.M.Tanner padronizar um método de estadiamento da maturação sexual (TANNER, 1962) que se difundiu a partir do ano de 1960 e é o mais utilizado até hoje.

O desenvolvimento puberal foi avaliado pelo médico, e o dado foi coletado no prontuário dos adolescentes que foram classificados segundo critérios de Tanner (1962). A avaliação do estadiamento da maturação sexual foi realizada examinando-se mamas (M) e pelos (P) para o sexo feminino e genitais (G) e pelos (P) para o sexo masculino. As mamas e os genitais masculinos foram avaliados quanto ao tamanho, forma e características, e os pelos púbicos por suas características, quantidade e distribuição. O estágio um corresponde sempre à fase infantil, impúbere, e o estágio cinco à fase pós-puberal, adulta, sendo os estágios dois, três e quatro os que caracterizam o período puberal. Esses estágios são convencionalmente denominados de Estágios de Maturação Sexual ou Estágios de Tanner (Quadro 1.) (DUARTE, 1993)

Sexo masculino	Pêlos pubianos (P)	Genitália (G)
Estágio 1	Nenhum	Sem alteração
Estágio 2	Pelos finos e claros	Aumento do pênis, pequeno ou ausente, aumento inicial do volume testicular
Estágio 3	Púbis coberto	Maior crescimento do testículo e do escroto
Estágio 4	Pelos tipo adulto	Crescimento peniano no diâmetro
Estágio 5	Pelos tipo adulto com extensão para as coxas	Desenvolvimento completo
Sexo feminino	Pelos pubianos (P)	Mamas (M)

Estágio 1	Ausentes	Sem alteração
Estágio 2	Pouca quantidade	Brotos mamários
Estágio 3	Aumento de quantidade e espessura	Maior aumento da mama e da aréola sem separação dos contornos
Estágio 4	Pelos do tipo adulto	Maior crescimento da mama e da aréola com separação dos contornos
Estágio 5	Pelos do tipo adulto com invasão da parte interna das coxas	O contorno areolar é incorporado ao contorno da mama

Quadro 1. Características dos adolescentes, de acordo com o sexo e com a maturação sexual. Fonte: Tanner (1962).

Pelo fato de alguns adolescentes se encontrarem em desenvolvimento da genitália (para o sexo masculino) e mamas (para o sexo feminino) diferentes do desenvolvimento dos pelos pubianos, como por exemplo M3P4 e G2P1, foram padronizados, para inserção do estadiamento puberal no banco de dados, apenas volume e aspecto de mamas para as meninas e as características da genitália externa para os meninos, evitando assim o viés de fatores raciais e maturação bem como de depilação dos pelos pubianos, no caso das meninas.

Como resultado, existem enormes variações entre indivíduos e populações em relação ao início, duração, seqüência e magnitude dos eventos pubertários, principalmente entre os 10 e 14 anos (ANJOS; VEIGA; CASTRO, 1998). Dados antropométricos são prescindíveis para o diagnóstico correto do estado nutricional.

1.3 Adolescência e excesso de peso

A obesidade pode ser definida como um distúrbio metabólico caracterizado por aumento da massa adiposa do organismo que se reflete em aumento do peso corpóreo. Entretanto, nem todo aumento de peso é evidência de obesidade, podendo representar,

em alguns casos, desenvolvimento muscular (“massa magra”) ou mesmo estrutura óssea mais compacta (OMS, 2004).

A obesidade pode iniciar-se em qualquer idade, desencadeada por fatores como desmame precoce, introdução inadequada de alimentos, distúrbios do comportamento alimentar e da relação familiar, especialmente nos períodos de aceleração do crescimento (GIUGLIANO; CARNEIRO, 2004). Porém, alguns períodos tem sido apontados como críticos para o desenvolvimento da obesidade. Estes seriam os dois primeiros anos de vida, entre os cinco e sete anos de idade (período de “rebote adiposo”) e a adolescência. O excesso de peso iniciado nestas fases parece aumentar o risco de persistência da obesidade e de suas complicações (CYSNEIROS, 1996).

A obesidade na adolescência se associa ao aparecimento precoce de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, problemas psicológicos, além de comprometer a postura, causar alterações no aparelho psicomotor e trazer desvantagens socioeconômicas na vida adulta (TERRES et al., 2006).

A maior transição epidemiológica do século XX foi a mudança no perfil da mortalidade por doenças infecciosas para mortalidade por doenças crônicas (LYTLE, 2002), incluindo doenças cardiovasculares, diversos tipos de câncer, diabetes e obesidade. Atualmente, estas doenças são entendidas como problema de saúde pública (MENDONCA; ANJOS, 2004) em muitos países.

Um estudo mostrou que adolescentes com IMC maior ou igual ao percentil 75, tem oito vezes mais chances de apresentar hipertensão arterial na idade adulta, se comparados com adolescentes eutróficos. Adolescentes acima do peso, principalmente garotos, tem mais chances de apresentar nível elevado de colesterol na vida adulta. Neste estudo, 2,4% dos adolescentes acima do peso desenvolveram diabetes tipo 2 por volta dos 30 anos (MAGALHAES; MENDONCA, 2003).

A proporção de crianças e adolescentes que estão com excesso de peso tem aumentado dramaticamente. Pesquisa do National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)II, realizada entre 1976 e 1980 mostrou que 5% dos jovens foram classificados como obesos (baseado no IMC acima do percentil 95) e 15% foram classificados em risco para obesidade (baseado no percentil 85 do IMC). Na pesquisa do NHANES III, realizada entre 1988 e 1994, 11% dos jovens estavam obesos e 22% apresentavam risco para obesidade (MAGALHAES; MENDONCA, 2003).

No Brasil, a Pesquisa Nacional de Saude e Nutricao (PNSN), realizada em 1989, mostrou que 54,7% dos adolescentes apresentaram peso adequado para estatura, 26,3% tinham déficit ponderal e 19% demonstraram peso acima do esperado para estatura, revelando mudança no perfil de morbidade que compõe o quadro de transição epidemiológica que vem se verificando no país (EISENSTEIN et al., 2000).

O excesso de peso na adolescência atinge índices de 13,9% na região Sul do país (NEUTZLING et al., 1998). Terres et al. (2006) conduziram um estudo em Pelotas, RS, entre adolescentes de 15 a 19 anos, e observaram que a prevalência de obesidade de 5% e 20,9% da amostra apresentou-se com sobrepeso. Em outro estudo, prevalência de sobrepeso e de obesidade, em adolescentes de 15 a 19 anos, foi de 8,45% no Nordeste e 11,53% no Sudeste (MAGALHAES; MENDONCA, 2003).

Na região de Ribeirão Preto, SP, Bronzi (2005) estudou 494 adolescentes de ambos os sexos com idade entre 10 e 19 anos, provenientes de diferentes estratos socioeconômicos e pertencentes a 23 escolas de Ribeirão Preto, e encontrou a prevalência de sobrepeso e de obesidade respectivamente de 11,74% e 8,91% para meninos e 11,34% e 5,26% para meninas.

Diversos autores têm apontado motivos diferentes para o surgimento e a manutenção da obesidade em inúmeras populações. Os estudos que correlacionam

aspectos genéticos a ocorrência de obesidade não são capazes de evidenciar a interferência destes em mais de um quarto dos obesos, fazendo com que ainda se acredite que o processo de acúmulo excessivo de gordura corporal na maioria dos casos seja desencadeado por aspectos socioambientais (MENDONÇA; ANJOS, 2004), como redução da atividade física (MARTINS et al., 2004). A obesidade abdominal está relacionada ao aumento de doenças cardiovasculares e a riscos metabólicos em crianças e adolescentes (GORAN; GOWER, 1999; ESMAILLZADEH; MIRMIRAN; AZIZI, 2006; MAFFEIS et al., 2001). A circunferência da cintura é uma medida simples capaz de indicar obesidade abdominal e pode auxiliar de maneira mais efetiva na identificação de indivíduos com aumento de risco às doenças cardiovasculares, comparando-se com o IMC. Em particular, a circunferência da cintura é um melhor indicador de gordura visceral do que o IMC em crianças (TAYLOR et al., 2000; ZHU et al., 2002; SAVVA et al., 2000; BRAMBILLA et al., 2006).

Freedman et al. (1999), com o objetivo de determinar o ponto de corte da circunferência da cintura para crianças e adolescentes que se relacione com o aumento dos fatores de risco para doenças, avaliaram 2.996 crianças e adolescentes na faixa etária entre 5 e 17 anos. Os autores demonstraram que crianças e adolescentes com circunferência da cintura acima do percentil 90 apresentaram maiores concentrações séricas de LDL-colesterol (*low density lipoprotein-cholesterol*) e triglicérides e menores concentrações séricas de HDL-colesterol (*high density lipoprotein-cholesterol*).

A obesidade na infância e adolescência está associada à possibilidade de sua manutenção durante toda a vida, aumentando a morbimortalidade, na fase adulta, que pode causar distúrbios cardiovasculares, respiratórios, endocrinológicos, ortopédicos, dermatológicos e psicossociais (CYSNEIROS, 1996). Ao contrário do que ocorria até recentemente, quando a preocupação básica em relação à criança obesa era o alto risco

de ela se tornar um adulto obeso, hoje em dia existe uma inquietação quanto às repercussões da obesidade durante a infância (BATCH; BAUR, 2005). Estudos atuais têm demonstrado que problemas como formação de placas ateroscleróticas, intolerância à glicose, diabetes mellitus tipo II, dislipidemia, hipertensão arterial sistêmica, hiperleptinemia, entre outros, também estão presentes entre crianças e adolescentes, especialmente naqueles portadores de obesidade (CAPRIO et al., 1996; LUDWIG; EBBELING, 2001; YOUNG-HYMAN et al., 2001; IANNUZZI et al., 2004).

Inquéritos realizados, nas últimas quatro décadas nos Estados Unidos, mostram aumento da obesidade entre adolescentes. Entre 1980 e 1984, o aumento atingiu a taxa de 137% entre os meninos. Segundo o III *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES III/1988 – 1994) (NATIONAL CENTER FOR HEALTH STATISTICS (NCHS), 1994), a prevalência de obesidade para adolescentes na faixa de 12 a 17 anos foi de 12,8% para o sexo masculino e 8,8% para o sexo feminino (MONTEIRO, 1998). Com base nos dados de adolescentes de 10 a 19 anos da Pesquisa Nacional de Saúde e Nutrição (PNSN) realizada em 1989, mostrou-se a prevalência de 7,7% de sobrepeso e obesidade, sendo 10,6% para meninas e 4,8% para meninos (NEUTZLING, 1998).

Entre os fatores apontados para o aumento da obesidade estão a urbanização e mecanização, associadas às modificações da dieta e do comportamento, em especial uma alimentação rica em gordura e alimentos energéticos associados ao sedentarismo (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2002). Além disso, fatores demográficos, socioeconômicos, genéticos e psicológicos também estão envolvidos na etiologia do excesso de peso (TERRES et al., 2006; ALVES et al., 2000; FISBERG, 1993; NIETO; SZKIO; COMSTOCK, 1992)

É difícil a classificação da obesidade durante a infância ou adolescência devido a constantes mudanças na estatura e na composição corporal. Além disso, há diferenças individuais quanto à idade do início da puberdade e às taxas de acúmulo de gordura (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2004).

Estudos têm demonstrado que ocorre uma alteração da composição corporal em indivíduo obeso, como demonstrado no trabalho onde os autores compararam a composição corporal de mulheres eutróficas e obesas, encontrando uma porcentagem de água corporal menor entre as obesas (MAZARIEGOS et al., 1992; LICHTENHET; FOGETHOLM, 1999). Esses resultados são bastante semelhantes aos encontrados no trabalho conduzido por Sartorio et al. (2005) que incluiu mulheres eutróficas e obesas e concluíram que quanto maior a porcentagem de gordura corporal, menor será a porcentagem de água corporal total.

Em um trabalho realizado por Bedogni et al. (1997), onde os autores compararam a composição corporal de crianças e adolescentes eutróficos com crianças e adolescentes obesos, foi observado um valor médio da porcentagem de água corporal de 58,1% para indivíduos eutróficos e 50,5% para indivíduos obesos, ou seja, as crianças e adolescentes obesos apresentaram uma porcentagem de água corporal significativamente menor. Em outro estudo, onde os autores avaliaram a composição corporal de adolescentes obesos antes e após um trabalho que objetivava a redução de peso corporal, encontrou-se uma média da porcentagem de água corporal de 42,5%, nesse estudo também pôde-se observar que a média da porcentagem de água corporal aumentou, chegando a 46,7% ao finalizar o trabalho. Concomitante ao aumento de água corporal, pôde-se observar uma diminuição de peso corporal de 7,7 quilos em média (WABITSCH et al., 1996).

Em um estudo em que os autores avaliaram adolescentes eutróficos de 10 anos, de acordo com a classificação do *National Center for Health Statistic* (NCHS), observou-se uma porcentagem de água corporal total de aproximadamente 64,8% para meninos e 62 para meninas (FOMON et al., 1982).

Chumlea et al. (2007), ao avaliarem a composição corporal de crianças e adultos, observaram menores valores de porcentagem de água corporal quando comparados aos valores informados em 1980, sugerindo que há um aumento nos níveis de adiposidade.

O conhecimento de que praticamente não se encontra água nos depósitos de gordura do organismo humano estimulou os pesquisadores a definirem a água corporal total como um importante índice determinante da composição corporal (PACE; RATHBUN, 1945; PACE et al., 1947; STEELE et al., 1950; LUKASKI, 1987). Diante disso, quantificar a água corporal total representa importante recurso para avaliação e para o acompanhamento da massa de gordura, uma vez que esta é definida como o peso corporal menos a massa magra (ELLIS, 2000).

1.4. Métodos de avaliação da composição corporal

Atualmente, existem vários métodos para a avaliação da composição corporal e conseqüentemente para a avaliação do estado nutricional. As medidas antropométricas são importantes indicadores do estado nutricional e investigam as variações nas dimensões físicas e na composição geral do corpo humano a partir de exames ou medições individuais (DEHOOG, 1998). Entre as técnicas mais utilizadas na determinação dos componentes da composição corporal destacam-se as dobras cutâneas, circunferência braquial e abdominal e a utilização de índices relacionando a massa corporal à estatura, cada uma com suas vantagens e limitações. Como métodos menos utilizados, podem-se mencionar a pesagem hidrostática e a tomografia

computadorizada, cujas medidas investem-se de grande precisão. No entanto, são de difícil execução e custo elevado, sendo utilizadas normalmente em ambiente laboratorial (HEYMSFIELD, TIGHE, WANG, 1994). Com o avanço da tecnologia, observa-se tendência para o desenvolvimento de técnicas de estimativa da composição corporal mais sofisticadas para o uso fora do ambiente laboratorial. Uma delas, objeto de crescente número de estudos, é a técnica da bioimpedância. Sua utilização, com finalidade de determinar o fracionamento da composição corporal vem-se popularizando nas últimas décadas. Contudo, os resultados obtidos em muitos trabalhos revelam-se, freqüentemente, discrepantes (LUKASKI, BOLONCHUK, HALL, SIDERS, 1986; KUSHNER, SCHOELLER, 1986; PECORARO et al., 2003).

Observando-se a relação entre quantidade de gordura corporal e estado de saúde, verifica-se a necessidade de utilização de métodos que possam avaliar com precisão a quantidade deste componente em relação à massa corporal total. Nesse sentido, a importância da avaliação da composição corporal deve-se ao fato de a massa corporal isoladamente não poder ser considerada um bom parâmetro para a identificação do excesso ou da carência dos diferentes componentes corporais (massa gorda, massa muscular, massa óssea e massa residual), ou ainda das alterações nas quantidades proporcionais desses componentes em decorrência da dieta alimentar (LUKASKI, 1987).

A composição corporal é a proporção entre os diferentes componentes corporais e a massa corporal total, sendo, normalmente expressa pelas porcentagens de gordura e de massa magra (HEYMSFIELD, et al., 1996).

Através da avaliação da composição corporal pode-se, além de determinar os componentes do corpo humano de forma quantitativa, utilizar-se dos dados dessa

análise para detectar o grau de desenvolvimento e crescimento de crianças e jovens (FOMON, HASCHKE, ZIEGLER, NELSON, 1982; LUKASKI, 1987).

O meio mais adequado de avaliação da composição corporal é o fracionamento da massa corporal total em seus diversos componentes: massa gorda, massa muscular, massa óssea e massa residual, que compreende órgãos, pele, sangue, tecido epitelial, sistema nervoso, entre outros (LUKASKI, 1987).

De acordo com Martin, Drinkwater (1991), existem várias técnicas para a determinação da composição corporal, podendo-se classificar estes procedimentos de determinação em métodos direto, indiretos e duplamente indiretos. O método direto aplica-se somente a pesquisa, pois é aquele onde há separação e a pesagem de cada um dos componentes corporais isoladamente, o que só é possível através de dissecação de cadáveres. Os métodos indiretos são aqueles onde não há a manipulação dos componentes separadamente, mas a partir de princípios químicos e físicos visam à extrapolação das quantidades de gordura e de massa magra. Os métodos duplamente indiretos são aqueles validados a partir de um método indireto, como por exemplo, a densitometria. Entre os métodos indiretos podemos citar a contagem de potássio radioativo, diluição de óxido de deutério, excreção de creatinina urinária, ultra-som, raio X, ressonância nuclear e densitometria. Os procedimentos duplamente indiretos são validados através de um método indireto, mais frequentemente a pesagem hidrostática, sendo que os mais utilizados em estudo de campo são a impedância bioelétrica e a antropometria. Neste sentido, embora apresentando uma margem de erro maior, os métodos duplamente indiretos têm mostrado-se como uma alternativa de grande aplicabilidade para a mensuração da composição corporal, sobretudo a utilização da medida da espessura de dobras cutâneas. Tal fato é evidenciado pela utilização desta técnica em grandes estudos epidemiológicos, como o *National Health and Nutrition*

Examination Survey (NHANES III) (KUCZMARSKI, FLEGAL, CAMPBELL, JOHNSON, 1994). Em razão do baixo custo operacional e da relativa simplicidade de utilização os métodos antropométricos são aplicáveis para grandes amostras e podem proporcionar estimativas nacionais e dados para a análise de mudanças da composição corporal (FOMON, HASCHKE, ZIEGLER, NELSON, 1982; PECORARO et al., 2003). Devido à necessidade de técnicos altamente treinados e equipamentos laboratoriais caros, a determinação da composição corporal por pesagem hidrostática é raramente utilizada em situações de campo. A alternativa mais comum é o uso de algumas técnicas baseadas na utilização de medidas antropométricas. Estas técnicas incluem proporções peso/estatura, circunferências corporais e medidas de dobras cutâneas (EISENMANN, HELAN, WELK, 2004). A massa magra em crianças não é igual à de adultos. Em crianças, a massa magra possui uma baixa densidade devido à sua grande hidratação (WELL et al., 1999). Outros fatores, como a obesidade, podem afetar a composição da massa livre de gordura (HAROUN et al., 2005).

1.4.1 Antropometria

Historicamente, o estado nutricional tem sido avaliado por vários métodos objetivos, incluindo a antropometria (peso, estatura, circunferência muscular do braço, circunferência da cintura, pregas cutâneas tricípital, bicipital, supraescapular e supra-iliaca) e laboratorial (albumina sérica, transferrina e balanço nitrogenado) (GRUPTA et al., 2004). A avaliação nutricional é um dos instrumentos para prevenir e diagnosticar a subnutrição, promover o crescimento das crianças e determinar a estratégia do manejo nutricional (MALINA, KATZMARZYK, 1999; ETO, KOMIYA, NAKAO, KIKKAWA, 2004).

Os critérios antropométricos para avaliação nutricional na adolescência são iguais, porém associa-se a avaliação dos estágios de maturação sexual (ANJOS; VEIGA; CASTRO, 1998).

A maturação sexual diz respeito a variações na velocidade e no tempo em que o indivíduo atinge a maturidade biológica (DUARTE, 1993). É importante na avaliação do crescimento e desenvolvimento físico dos adolescentes, relacionando-se com o aumento de estatura e peso, desenvolvimento muscular e aumento dos depósitos de gordura (FONSECA; SICHIERI; VEIGA, 1998).

Ao interpretar os dados obtidos na avaliação nutricional, devem-se também considerar os critérios de maturação sexual, pois a idade cronológica neste período assume importância secundária como condicionante do crescimento e desenvolvimento, dada a grande variabilidade individual no processo de maturação (SIGULEM; DEVINCENZI; LESSA, 2000; ANJOS; VEIGA; CASTRO, 1998).

A antropometria é uma técnica de expressão quantitativa da forma corporal. Caracteriza-se por um método simples, de baixo custo, não invasivo e de alta confiabilidade (PECORARO et al., 2003).

O peso corporal é um componente fundamental da avaliação nutricional por ser um marcador indireto da massa protéica e reservas de energia. É o parâmetro que tem maior velocidade de mudança, variando mais em função da idade do que em relação ao estado nutricional da criança, o que o torna mais sensível aos agravos nutricionais, sendo o primeiro a modificar-se (CARTER et al., 1983). A estatura representa o principal indicador do tamanho corporal e do tamanho dos ossos, caracterizando o processo de crescimento (PECORARO et al., 2003). Mediante a obtenção do peso e da estatura do paciente, é possível calcular o índice de massa corporal (IMC) ou índice de Quetelet. O IMC é muito utilizado e difundido como método de avaliação do estado

nutricional e leva em consideração o peso em quilos, dividido pela estatura em metros ao quadrado, classificando o paciente de desnutrido até obesidade grau III. Trata-se de um método fácil e rápido para diagnosticar o estado nutricional de adolescentes (EISEMANN, HEELAN, WELK, 2004).

Para os adolescentes (11 a 17 anos e 11 meses), recomenda-se que sejam usados valores de IMC de acordo com a idade, segundo percentis definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2007).

A maior desvantagem do índice de massa corporal (IMC) é não poder identificar a deficiência ou excesso de um nutriente específico podendo ser considerado apenas como critério sugestivo de maior risco nutricional (EISENTEIN et al., 2000). Portanto, um método para avaliação da composição corporal torna-se importante, pois alterações diferentes ocorrem nos adolescentes, caracterizadas por depósito maior de gordura no sexo feminino e de massa muscular no sexo masculino (ANJOS; VEIGA; CASTRO, 1998).

O peso corporal é a soma de todos os componentes da composição corporal, não demonstrando de forma específica qual o compartimento corporal pode estar alterado. Assim, dados mais específicos como quantidade de reservas muscular e adiposa são importantes na avaliação antropométrica e podem ser obtidos por meio das medidas de circunferência de cintura e quadril e das dobras cutâneas de bíceps, tríceps, subescapular (BROUWER et al., 2007).

A circunferência da cintura é utilizada para adultos na avaliação da distribuição de gordura corporal, além de ser aceita como ferramenta importante para avaliação de risco de doenças, especialmente da arteriosclerose (LAKKA et al., 2002). Na infância e adolescência, entretanto, a escassez de estudos prospectivos de longo prazo não permite a simples extrapolação desse conhecimento (MAFFEIS et al., 2001). Além disso, o fato

de essa medida apresentar variação, em razão do crescimento físico, faz com que os pontos de corte, quando existem, sejam diferentes para cada faixa etária (WANG , 2006).

A obesidade abdominal está relacionada ao aumento de doenças cardiovasculares e a riscos metabólicos em crianças e adolescentes (GORAN; GOWER, 1999; ESMAILLZADEH; MIRMIRAN; AZIZI, 2006; MAFFEIS et al., 2001). A circunferência da cintura é uma medida simples capaz de indicar obesidade abdominal e pode auxiliar de maneira mais efetiva na identificação de indivíduos com aumento de risco às doenças cardiovasculares, comparando-se com o IMC. Em particular, a circunferência da cintura é um melhor indicador de gordura visceral do que o IMC em crianças (TAYLOR et al., 2000; ZHU et al., 2002; SAVVA et al., 2000; BRAMBILLA et al., 2006). .

Freedman et al. (1999), com o objetivo de determinar o ponto de corte da circunferência da cintura para crianças e adolescentes que se relacione com o aumento dos fatores de risco para doenças, avaliaram 2.996 crianças e adolescentes na faixa etária entre 5 e 17 anos. Os autores demonstraram que crianças e adolescentes com circunferência da cintura acima do percentil 90 apresentaram maiores concentrações séricas de LDL-colesterol (*low density lipoprotein-cholesterol*) e triglicérides e menores concentrações séricas de HDL-colesterol (*high density lipoprotein-cholesterol*).

Outros índices podem também ser usados para o cálculo da porcentagem de gordura corporal e da massa corporal magra. Essas medidas descrevem estimativas da composição corporal e podem servir de auxílio no acompanhamento e no tratamento nutricional do adolescente. Geralmente as medidas mais comuns e práticas são as seguintes: circunferência do braço, prega cutânea tricipital e prega cutânea subescapular

que são utilizadas para avaliar a porcentagem de gordura corporal em adolescentes (EISENTEIN et al, 2000).

A circunferência do braço (CB) representa o somatório dos tecidos ósseo, muscular e gorduroso do braço; a prega cutânea tricipital (PCT) serve para estimar a reserva e/ou depleção do tecido adiposo; a circunferência muscular do braço (CMB) avalia a quantidade e/ou o grau de depleção da reserva muscular. A CMB é obtida por meio dos valores da CB e da PCT, utilizando a seguinte fórmula: $CMB = CB - (0,314 \times PCT)$ (LOHMAN, 1981).

A dobra cutânea é uma medida de adiposidade útil para avaliar a composição corporal. A gordura subcutânea é responsável por grande parte da gordura corporal total e tem sua proporção variada em função de idade, sexo e grau de adiposidade (SIGULEM; DEVINCENZI; LESSA, 2000).

Dentre os métodos, a medida da dobra cutânea, levando em consideração suas limitações, constitui o meio mais acurado, fácil e aceitável de estabelecer as reservas de gordura (GORSTEIN et al, 1994). As dobras cutâneas mais utilizadas são: tricipital, bícípital, suprailíaca, e subescapular. O somatório das espessuras dessas quatro dobras tem sido usado com boa exatidão e reprodutibilidade. Na prática diária, utiliza-se a espessura das dobras tricipitais e bicipitais (WOMERSLEY & DURNIN, 1977).

A avaliação da gordura corporal a partir das medidas de dobras cutâneas baseia-se na suposição de que o tecido adiposo subcutâneo representa a proporção constante da gordura total do corpo; e que no local escolhido para a medida da dobra, a espessura do tecido representa a espessura média do tecido gorduroso subcutâneo (VANNUCCHI et al, 1996). As medidas das dobras cutâneas são úteis para avaliar as mudanças, em longo prazo, nas reservas de tecido adiposo subcutâneo, principalmente nos pacientes portadores de doenças crônicas ou em uso de terapia nutricional enteral ou

parenteral por longos períodos (BRAY, et al, 1978; CRONK & ROCHE, 1982).

As potenciais fontes de erro da mensuração das dobras cutâneas incluem desde a escolha do compasso e o treinamento do examinador até a dificuldade de pinçar a dobra diante da presença de edema, enfisema subcutâneo, dissecções venosas e trombose venosa (HIMES et al, 1979).

As dobras se correlacionam diferentemente com a gordura corporal total e com percentual de gordura em função do local de aferição. A dobra cutânea subescapular se correlaciona bem com a gordura corporal total, enquanto a dobra cutânea tricipital apresenta melhor correlação com o percentual de gordura corporal, especialmente no sexo masculino, e é a dobra cutânea de maior validade, sendo um bom indicador de reserva energética, bem correlacionada com gordura corporal e dispõe de referências para todas as idades (SIGULEM; DEVINCENZI; LESSA, 2000).

O diagnóstico do estado nutricional se dá de acordo com a classificação das dobras cutâneas considerando-se os valores em percentil para sexo e idade descritos por FRISANCHO (1990). Os pontos de corte inferior e superior de normalidade para os referentes percentis são 15 e 85, respectivamente.

1.4.2 Impedância Bioelétrica

Há mais de um século os conceitos de impedância são descritos na literatura médica. Segundo Picollino em 1997, Luigi Galvani em 1797 foi o primeiro a publicar os conceitos de eletrofisiologia, sendo considerado o pai do método. Em 1888, Vigorous fez a primeira referência sobre impedância na literatura médica. O autor identificou doenças com baixa impedância como: febre, astenia, epilepsia e outras como o bócio que é uma das poucas doenças com alta impedância (PICCOLINO, 1997). Na década de 40 foram feitos os primeiros estudos para correlacionar as medidas de impedância e a

composição dos compartimentos hídricos do ser humano. Atualmente, as principais aplicações dos métodos de impedância na área médica são: a determinação de composição corporal por bioimpedância e a determinação do débito cardíaco, tanto na população adulta como na pediátrica (SCHOELLER, 1996). A impedância corporal total é um método utilizado como técnica de medidas de massa corporal, medida de volume líquido e medida de volume de gordura corporal, sendo reconhecida pelo Ministério da Saúde Brasileiro e pelo Food and Drug Administration (FDA) como valiosa técnica para tal finalidade (LAFORTUNA, AGOSTI, MARIONE et al., 2004; ACUNA, CRUZ, 2004).

A análise feita através da Impedância Bioelétrica (BIA) é um método usado para estimar a composição corporal, cuja tecnologia determina a impedância elétrica de tecidos corporais, permitindo estimar a água corporal total. Utilizando-se esses valores derivados da BIA, a massa livre de gordura e a gordura corporal total podem ser estimadas (MARTINS et al., 2004; PHILLIPI, ALVARENGA, 2004). O método da BIA apresenta várias vantagens sobre outras técnicas. É um método simples, seguro, de baixo custo, baixa manutenção, portátil, rápido, não invasivo, sensível e de fácil realização e requer um avaliador com mínimo de treinamento (LUKASKI, 1987; KUSHNER, 1992; SCHAEFER, GEORGI, ZIEGER, SCHARER, 1994;). Os resultados são avaliados imediatamente e a medida pode ser repetida quantas vezes forem necessárias (BUCHHOLZ, BARTOK, SCHOELLER, 2004). É uma técnica que não expõe à radiação ionizante, e pode ser realizada em todos os sujeitos por ser portátil.

A avaliação da composição corporal pela bioimpedância baseia-se na passagem de uma corrente elétrica de baixa densidade (800mA) e frequência fixa (50KHz) pelo corpo do indivíduo, determinando a intensidade da resistência oferecida pelos diversos tecidos orgânicos, os quais são diferentes em função do seu conteúdo hídrico e

eletrolítico. A massa magra, por apresentar maior conteúdo de água e eletrólitos, apresenta-se como melhor condutor do que a massa óssea e de gordura, sendo assim, as equações preditivas são geradas a partir da água corporal total (ACT), fornecendo o total de água e massa magra. Com a realização da BIA é possível obter os valores de massa gorda, gordura percentual, massa magra e água corporal total (BEERTEMA et al., 2000).

Conforme citam Slater e Prestom (2005), a hidratação da massa magra varia de acordo com o sexo e apresenta modificações com o passar dos anos: no primeiro ano de vida encontra-se em torno de 79% no sexo masculino e 78,8% no sexo feminino, atingindo valores respectivamente de 74,5% e 73,8% entre os dezessete e vinte anos de idade. (SLATER; PRESTON, 2005). Fomon e colaboradores em 1982, ao avaliarem a composição corporal de crianças com 10 anos de idade, encontraram uma hidratação de massa magra de aproximadamente 75,1% e 76,9%, para meninos e meninas, respectivamente (FOMON et al., 1982). O conhecimento de que praticamente não se encontra água nos depósitos de gordura do organismo humano estimulou os pesquisadores a definirem a água corporal total como um importante índice determinante da composição corporal (PACE; RATHBUN, 1945; PACE et al., 1947; STEELE et al., 1950; LUKASKI, 1987).

A relação entre a água corporal total e a massa magra se mantém relativamente constante apesar das modificações mencionadas. Diante disso, quantificar a água corporal total representa importante recurso para avaliação e para o acompanhamento da massa de gordura, uma vez que esta é definida como o peso corporal menos a massa magra (ELLIS, 2000).

Estudos têm demonstrado que ocorre uma alteração da composição corporal em indivíduo obeso, como demonstrado no trabalho onde os autores compararam a

composição corporal de mulheres eutróficas e obesas, encontrando uma porcentagem de água corporal menor entre as obesas. (MAZARIEGOS et al., 1992; VAN MARKEN LICHTENHET; FOGETHOLM, 1999). Estes resultados são bastante semelhantes ao encontrado no trabalho conduzido por Sartorio e colaboradores (2005), que incluiu mulheres com IMC entre 19,1 e 29,9 Kg/m² (eutróficas), com IMC entre 30 e 39,9Kg/m² (obesidade classe I e II) e com IMC entre 40 e 48,2kg/m² (obesidade classe III). Em relação à porcentagem de água corporal total esta foi significativamente menor em mulheres com obesidade classe III comparando-se com obesidade classe I-II e significativamente maior em mulheres eutróficas ao comparar com mulheres obesas (SARTORIO et al., 2005).

Em um trabalho realizado por Bedogni e colaboradores (1997), onde os autores compararam a composição corporal de crianças e adolescentes eutróficos com crianças e adolescentes obesos, encontraram um valor médio da porcentagem de água corporal de 58,1% e 50,5% respectivamente, ou seja, os indivíduos obesos apresentaram um percentual de água corporal significativamente menor (BEDOGNI et al., 1997). Em outro estudo, onde os autores avaliaram a composição corporal de adolescentes obesos antes e após um trabalho que objetivava a redução de peso corporal, encontrou-se uma média do percentual de água corporal de 42,5%, neste estudo também pode ser observado que a média do percentual de água corporal aumentou chegando a 46,7% ao finalizar o trabalho. Concomitante ao aumento de água corporal pode-se observar uma diminuição de peso corporal de 7,7 quilos em média (WABITSCH et al., 1996). Em um estudo em que os autores avaliaram adolescentes de 10 anos no percentil 50 de acordo com a classificação do *National Center for Health Statistic* (NCHS), observou-se um percentual de água corporal total de aproximadamente 64,8% para meninos e 62% para meninas (FOMON et al., 1982).

Os modelos de composição corporal são baseados em estudos antigos e este fato pode levar a estimativa imprecisa quanto à maioria da população com sobrepeso e obesidade. Chumlea et al. (2007), ao avaliar a composição corporal de crianças e adultos, observaram que o volume de água corporal em adultos era nove litros maior do que valores informados em 1980. Notaram ainda menores valores percentuais de água corporal, refletindo um aumento nos níveis de adiposidade. (CHUMLEA et al., 2007). É importante, entretanto, que as equações preditivas da BIA sejam validadas para a população em estudo (HEYMSFIELD et al, 1996; BUCHHOLZ, BARTOK, SCHOELLER, 2004).

Em crianças, a BIA tem sido amplamente utilizada para estimar a distribuição da gordura corporal (LEWY, DANADIAN, ARSLANIAN, 1999) e avaliar o estado nutricional (WARNER et al., 2004), sempre em conjunto com outras técnicas como aferição de dobras cutâneas, DEXA (dual-energy x-ray absorptiometry) e/ou a diluição isotópica, porém, baseado nos estudos acima, foi esclarecido que a utilização da BIA para determinar a composição corporal em crianças, exige fórmulas específicas e diferentes daquelas estabelecidas para adultos (CORDAIN; WHICKER; JOHNSON, 1988; DEURENBERG et al., 1989; DEURENBERG; KUSTERS; SMITH, 1990; HOUTKOOOPER et al., 1992; DAVIES et al., 1988; DANFORD, SCHOELLER, KUSHNER, 1992). Desta maneira, fórmulas têm sido desenvolvidas para prever a massa corporal magra (CORDAIN; WHICKER; JOHNSON, 1988; DEURENBERG et al., 1989; DEURENBERG, KUSTERS, SMITH, 1990; HOUTKOOOPER et al., 1992) e a água corporal total (HOUTKOOOPER et al., 1992; DAVIES et al., 1988; DANFORD ; SCHOELLER; KUSHNER, 1992) em crianças eutróficas.

Estudos recentes têm sugerido ajustes na fórmula utilizada para cálculo da gordura corporal em crianças e adolescentes obesos (EISENKOLBL; KARTASURYA; WIDHALM, 2001; EISENMANN; HEELAN; WELK, 2004).

1.4.3 Diluição de óxido de deutério

A matéria é constituída por átomos dos elementos químicos, arranjados de diferentes maneiras e proporções, formando os compostos ou substâncias. O átomo tem uma estrutura onde, no centro, localiza-se o núcleo, carregado positivamente e, em torno dele, giram partículas de carga negativa (elétrons). O próton é a partícula constituinte do núcleo de todos os átomos e possui carga positiva. O número de elétrons nos átomos é igual ao número de prótons do núcleo. Fazem parte ainda do núcleo, partículas sem carga elétrica, chamados nêutrons. O número de prótons e nêutrons no núcleo define a massa dos átomos.

Os átomos dos elementos são caracterizados pela constituição de seu núcleo, ou seja, pelo número de prótons e nêutrons. Átomos que possuem diferentes números de nêutrons no núcleo, mas contém mesmo número de prótons, tratam-se do mesmo elemento e são chamados de isótopos. Os isótopos podem ser estáveis e como tais não emitem radiações, ocorrendo na natureza em proporção quase constante. Naturalmente, também podem ocorrer radioisótopos em quantidades muito pequenas, que assim existem por possuir meia vida longa, ou por serem produtos de cadeias radioativas naturais, com meia-vida de média a curta, ou ainda por serem produzidos na atmosfera por ação dos raios cósmicos. A meia-vida de uma espécie radioativa é definida como o tempo para que metade dos átomos radioativos se desintegre, ou seja, emitam radiações.

Além dos isótopos estáveis e radioativos naturais podem ser obtidos os radioisótopos artificiais, que são assim chamados por serem produzidos pelo homem em

aparelhos especiais, onde a constituição dos núcleos dos átomos é modificada, tornando-os instáveis (JONES, STANLEY, 1991; KOLETKZO, SAVERWALD, DEMMELMARZ, 1997). Os isótopos estáveis de elementos de baixo número atômico ocorrem na natureza em proporções quase constantes. Os isótopos ^2H (deutério), ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O e ^{34}S apresentam concentrações mais baixas que seus homólogos (^1H , ^{12}C , ^{14}N , ^{16}O e ^{32}S) e, por possuírem maior massa são denominados de isótopos pesados (JONES, STANLEY, 1991; KOLETKZO, SAVERWALD, DEMMELMARZ, 1997). Os isótopos pesados são usados como marcadores em pesquisas, tanto com o uso de compostos contendo o elemento de interesse, com proporção de isótopos diferentes daquela de ocorrência natural (compostos marcados normalmente no isótopo pesado), como por meio das variações na abundância isotópica natural (WONG et al., 1988; KOLETKZO et al., 1997; MIRANDA DA CRUZ et al., 2003).

A Diluição Isotópica é reconhecida como um método de referência atual para medida da água corporal total (ACT), a partir da qual a massa livre de gordura pode ser calculada. É um método baseado na medida da água corporal total admitindo-se que o tecido corporal magro é constituído por 73,2% de água em adultos. O princípio básico das técnicas de diluição é que o volume de um compartimento pode ser definido como a razão da dose de um marcador, administrado por via oral ou endovenosa, para a sua concentração em dado compartimento corporal, dentro de um curto espaço de tempo após a sua administração (FJELD, BROWN, SCHOELLER, 1988; BUTTE, WONG, KLEIN, GARZA, 1991; LAFORGIA, WITHERS, 2002). Quatro requisitos básicos são necessários para a utilização de qualquer técnica de diluição com um marcador: 1) O marcador deve ser distribuído em compartimentos sujeitos a trocas; 2) Deve ser igualmente distribuído dentro desse *pool*; 3) Não pode ser metabolizado durante o período de equilíbrio; 4) O equilíbrio deste marcador deve ser atingido relativamente

rápido. Se uma dessas exigências for violada, então a razão da dose administrada para a concentração no fluido necessita ser ajustada. Os isótopos estáveis são utilizados em estudos em seres humanos, especialmente crianças e gestantes, por não apresentarem risco à saúde. A técnica de diluição de marcador usando água marcada com deutério ($2\text{H}_2\text{O}$) é uma técnica de referência para avaliar o estado nutricional de uma determinada população (FJELD, BROWN, SCHOELLER, 1988; BUTTE WONG, KLEIN, GARZA, 1991; LAFORGIA, WITHERS, 2002). Tipicamente, duas amostras de fluídos (sangue, saliva ou urina) são coletadas, uma imediatamente antes da administração da dose, para determinar os níveis basais prévios e a segunda amostra após o tempo de equilíbrio para a penetração do marcador no compartimento de interesse (FJELD, BROWN, SCHOELLER, 1988; BUTTE, WONG, KLEIN, GARZA, 1991; LAFORGIA, WITHERS, 2002; DIOUM et al., 2005; BAUER, CAPRA, DAVIES, 2005; MURPHY et al., 2006; BARBOZA-CORTÉS et al., 2007).

O deutério é um isótopo de hidrogênio, com grande facilidade de distribuição nos espaços corporais que tem sido utilizado como marcador biológico do estado nutricional, por mostrar-se seguro e isento de efeitos prejudiciais relevantes (SCHOELLER et al., 1986; DIOUM et al., 2005; BAUER, CAPRA, DAVIES, 2005; MURPHY et al., 2006; BARBOZA-CORTÉS et al., 2007). As doses de deutério consideradas seguras para consumo humano variam entre 20 e 200 mg/ Kg de peso corpóreo. O deutério pode ser oferecido por via oral ou intravenosa, desde que observadas as técnicas corretas de fabricação para que o mesmo seja estéril e isento de efeitos colaterais (DIOUM et al., 2005; BAUER, CAPRA, DAVIES, 2005; MURPHY et al., 2006; BARBOZA-CORTÉS et al., 2007). A grande importância do método do traçador isotópico é que os isótopos de um dado elemento, radioativos ou estáveis, podem ser identificados numa mistura normal dos isótopos deste elemento, conforme o

mesmo é encontrado na natureza, possibilitando o acompanhamento do elemento nos diferentes compartimentos do sistema em estudo (qualitativa e quantitativa) (WOLF, 1969). O método do marcador isotópico é usado de três maneiras: (1) para obter evidências da síntese (incorporação) e relações precursoras - produto entre compostos conhecidos; (2) no isolamento, purificação e identificação de intermediários desconhecidos numa cadeia de reações; (3) como uma ferramenta analítica no acompanhamento do curso de uma reação, de compostos conhecidos. Nessa classificação tem-se que (1) e (2) referem-se ao uso da técnica, mais sob o aspecto qualitativo e (3) refere-se à técnica analítica por diluição isotópica, ou seja, de caráter quantitativo (WOLF, 1969). O método do marcador isotópico tem sido empregado associado a técnicas químicas e bioquímicas. Em estudos em que quantificações são necessárias, o princípio da diluição isotópica torna-se importante.

A espectrometria de massa de razão isotópica é um método altamente preciso, mas de acurácia variável (ou seja, a determinação do enriquecimento da amostra repete-se, com boa precisão, em várias medições, porém a comparação com o valor real e conhecido de um padrão pode apresentar diferenças). Como o objetivo, em pesquisa clínica, é medir variações do enriquecimento antes e após o emprego de um marcador, a acurácia não é crítica. No entanto, se o enriquecimento proporcionado pela quantidade de deutério ingerida fosse estipulado simplesmente pela medida do peso do paciente ou volume oferecido, diferenças de acurácia seriam críticas para a precisão do método, pois o resultado obtido poderia diferir do esperado pela quantidade de deutério ingerida. Por essa razão, é separada uma alíquota da dose oferecida ao voluntário que é diluída em uma quantidade conhecida de água em proporção a que se espera ocorrer *in vivo* (dose diluída), ou seja, a dose diluída é preparada a fim de obter um valor de água corporal semelhante à quantidade de água corporal do adolescente que está sendo avaliado. A

dose diluída é analisada no mesmo momento que as amostras de fluido corpóreo (saliva), e seu enriquecimento é empregado para o cálculo da água corpórea total, o que anula qualquer problema de acurácia do equipamento e mesmo as variações da análise entre diferentes ensaios (FERRIOLI; CRUZ; PFRIMER, 2008).

Outro aspecto de grande importância consiste no fato de que os resultados obtidos pelo uso da diluição do deutério nos espaços corporais vêm sendo considerados por alguns autores como referência para a validação de outros métodos de avaliação da composição corporal, especialmente a impedância bioelétrica, em adultos e crianças. A validação é realizada pelo cálculo de equações de regressão linear, em estudos de correlação linear (RAGHAVAN et al., 1998; LOF; FORSUM, 2004).

A abundância de certo isótopo estável em relação a outro, em qualquer material biológico, pode ser determinada por espectrômetros de massa de razão isotópica. Eles se baseiam no fato de que, quando acelerados por meio de um campo magnético, os isótopos movem-se em uma curva que depende de sua relação carga/massa (m/z). Para empregar esse efeito para a determinação da razão isotópica, os espectrômetros possuem uma câmara de ionização, em que uma amostra gasosa é ionizada em moléculas positivas (pelo choque gerado por um filamento) que são, então, aceleradas por uma diferença de potencial para um tubo (“tubo de voo” ou *flying tube*) que passa através de um magneto. Dentro desse tubo, submetidos ao campo magnético, os isótopos de um elemento realizam diferentes curvas, separando-se em diferentes correntes de íons. No término do tubo, existem coletores de íons, posicionados, onde cada corrente os atinge (WOLFE, 1984). As correntes de íons que atingem cada coletor são quantificadas e, após processamento eletrônico, é estabelecida a razão da abundância entre o isótopo mais pesado e o isótopo mais leve (razão isotópica) (FERRIOLI; CRUZ; PFRIMER, 2008).

A figura a seguir apresenta o esquema de um espectrômetro de massa de razão isotópica.

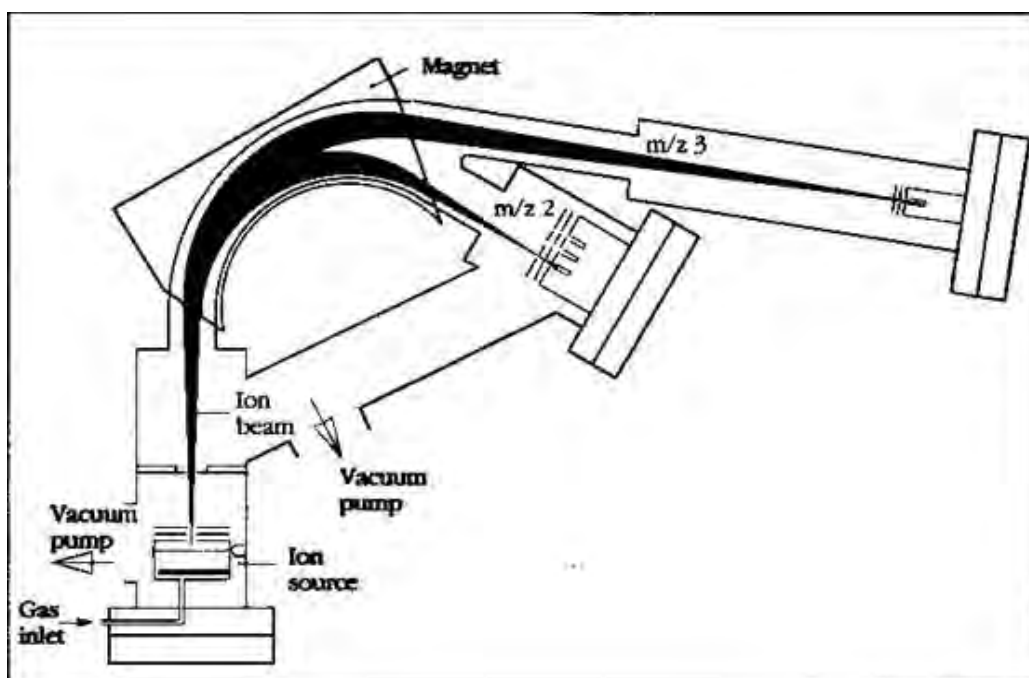


Figura 1. Esquema de um espectrômetro de massa, demonstrando a separação de uma corrente iônica de deutério (${}^2\text{H}-{}^1\text{H}$, $m/z = 3$) e hidrogênio (${}^1\text{H}-{}^1\text{H}$, $m/z = 2$). Ribeirão Preto – SP, 2011.

Adaptado do folheto explicativo do Espectrômetro de Massa ANCA 20-20, sob autorização.

Quanto à forma de transporte e injeção das amostras, estas são carregadas por um fluxo contínuo de gás inerte. O sistema é continuamente percorrido por um fluxo de hélio; pelo emprego de um sistema autoamostrador, o fluxo de hélio é “desviado” por segundos por um tubo com a amostra que é, então, carregada para a câmara de ionização (WOLFE, 1984).

A exatidão das medidas realizadas pela espectrometria de massa é alcançada por meio da comparação da composição isotópica da amostra analisada com medidas primárias padronizadas nas mesmas condições por diversos sistemas internacionais. Neste estudo a forma utilizada para medir os isótopos naturais foi feita através da obtenção de uma medida relativa a uma referência interna do laboratório, calibrada

contra uma referência internacional. Para o hidrogênio, este padrão é a V-SMOW (*Vienna Standard Mean Ocean Water*).

O espectrômetro de massa analisa amostras gasosas. Por esta razão, é necessário que o hidrogênio contido na amostra seja equilibrado com gás hidrogênio (em concentração de 30 a 100%) que é injetado no tubo para o qual a amostra foi pipetada. Para o equilíbrio, é empregado um catalisador de platina que promove a liberação do hidrogênio da amostra até o equilíbrio com o gás injetado, respeitando a temperatura ambiente de 25 °C.

Após o tempo de equilíbrio, a amostra é injetada no espectrômetro da massa, por método automatizado e a leitura, em delta-SMOW (ou parte por milhão), obtida. Alguns ajustes matemáticos para os valores obtidos são realizados e analisados no mesmo dia, incluindo a correção para padrões naturais e enriquecidos. Isso se faz para a correção de efeitos de escala, ou seja, diferença de leitura de amostras naturais e muito enriquecidas que pode ocorrer em espectrometria de massa de razão isotópica (FERRIOLI; CRUZ; PFRIMER, 2008).

É considerado que há equilíbrio da diluição de deutério quando a diferença do enriquecimento de amostras consecutivas, por exemplo, entre quatro e cinco horas não é superior a 2% (FERRIOLI; CRUZ; PFRIMER, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUNA, K.; CRUZ, T. Nutritional assessment of adults and elderly and the nutritional status of the Brazilian population. *Arq Bras Endocrinol Metabol*, v. 48, n. 3, p. 345-361, 2004.

ALVES, S. S.; SILVA, S. R. C.; RIBEIRO, R. S.; VERTEMATTI, A. S.; FISBERG, M. Avaliação de atividade física, estado nutricional e condição social em adolescentes. **Folha Médica**, Rio de Janeiro, v. 119, p. 26-33, 2000.

ANJOS, L. A.; VEIGA, G. V.; CASTRO, I. R. R. Distribuição dos valores do índice de massa corporal da população brasileira até 25 anos. **Revista Panamericana Salud Publica**, Washington, v. 3, n. 3, p. 164-173, 1998.

BARBOSA-CORTÉS, L.B.; ROJAS, M.J.; LÓPEZ-AGUILAR, E.; MEJIA-RANGURÉ, J.M.; RIVERA-MÁRQUEZ, H.R. Body composition by dilution of deuterium oxide in Mexican children with lymphoma and solid tumors. **Nutrition**, v.10, p.739-744, 2007.

BATCH, J. A.; BAUR, L. A. Management and prevention of obesity and its complications in children and adolescents. **The Medical Journal of Australia**, Sydney, v. 182, n. 3, p. 130-5, 2005.

BAUER, J.; CAPRA, S.; DAVIES, P.S.N. Estimation of total body water from foot-to-foot bioelectrical impedance analysis in patients with cancer cachexia-agreement between three prediction methods and deuterium oxide dilution. **J Hum Nutr Dietet**, v. 18, p. 295-300, 2005.

BEDOGNI, G.; BOLLEA, MR.; SEVERI, S.; TRUNFIO, O.; MANZIERI, A. M.; BATTISTINI, N. The prediction of total body water and extracellular water from bioelectric impedance in obese children. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 51, p. 129-33, 1997.

BEHNKE; OSSERMAN; WELHAM, 1953

BEERTEMA, W.; VAN HEZEW, I.J.K.M.; KESTER, A.; FORGET, P.P.; VAN KREEL, B. Measurement of total body water in children using bioelectrical impedance: a comparison of several prediction equations. **J Pediatr Gastroenterol Nutr**, v. 31, p. 428-432, 2000.

BINI, V.; CELI, F.; BERIOLI, M. G.; BACOSI, M. L.; GIGLIO, P.; TOSTI, L.; FALORNI, A. Body mass index in children and adolescents according to age and pubertal stage. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 54, p. 214-218, 2000.

BRAMBILLA, P.; BEDOGNI, G.; MORENO, L.A.; GORAN, M.I.; GUTIN, B.; FOX, K.R.; PETER, D.M.; BARBEAU, P.; SMONE, M.D.; PIETOBELLI, A. Crossvalidation of anthropometry against magnetic resonance imaging for the assessment of visceral and subcutaneous adipose tissue in children. **International Journal of Obesity**, London, v. 30, p. 23-30, 2006.

BRAY, G. A.; GREENWAY, F. L.; MOLICH, M. E.; DAHMS, W. T.; ATKINSON, R. L.; HAMILTON, K. Use of anthropometric measures to assess weight loss. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 31, p. 769-73, 1978.

BRONZI, E. S. **Composição corporal nas diferentes fases do desenvolvimento sexual dos adolescentes das escolas públicas de Ribeirão Preto – SP.** 2005.233f. Dissertação (Mestrado em Saúde da Comunidade) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2005.

BROUWER, C.A.J., GIETEMA, J.A., KAMPS, W.A., DE VRIES, E.G.E., POSTMA, A. Changes in body composition after childhood cancer treatment: impact on future health status- a review. **Crit Rev Oncol Hematol**, v. 63, p. 32-46, 2007.

BUCHHOLZ, A.C.; BARTOK, C.; SCHOELLER, D.A. The validity of bioelectrical impedance models in clinical populations. **Nutr Clin Pract**, v.19, n. 5, p. 433-446, 2004.

BUTLER, G. E; MCKIE, M.; RATCLIFFE, S. G. The cyclical nature of prepubertal growth. **Annals of Human Biology**, London, v. 17, n. 3, p. 177-198, 1990.

BUTTE, N. F.; WONG, W. W.; KLEIN, P. D.; GARZA, C. Measurement of milk intake: tracer –to-infant deuterium dilution method. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 65, p. 3-14, 1991.

CAPRIO, S.; BRONSON, M.; SHERWIN, R.S.; RIFE, F.; TAMBORLANE, W.V. Coexistence of severe insulin resistance and hyperinsulinaemia in pre-adolescent obese children. **Diabetologia**, Berlin Springer Verlag, v.39, p.1489-97, 1996.

CARTER et al. Nutritional parametres in children with cancer. **J Am Diet Assoc**, v.82, n 6, p.616-621, 1983.

CASANOVA, R. M; RODRIGUEZ R. I.; RICO DE COS, S.; CASANOVA, B. M. Body composition analysis using bioelectrical and anthropometric parameters. **Anales de Pediatria**, Barcelona, v. 61, n. 1, p. 23-31, 2004.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **CDC growth chart for the United States**: methods and development. Atlanta: Center Disease and Control Prevention, 2002. 190p. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/growthcharts>>. Acesso em: 15 out. 2007.

CHINN, S.; RONA, R. J. International definitions of overweight and obesity for children: a lasting solution? **Annals of Human Biology**, London, v. 29, n. 3, p. 306-313, 2002.

CHIPKEVITCH, E. Avaliação clínica da maturação sexual na adolescência. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 77, p. S135-S142, 2001.

CHUMLEA, W. C.; BAUMGARTEN, R. N.; ROCHE, A. F. Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 48, p. 7 - 15, 1988.

CHUMLEA, W. C.; SCHUBERT, C. M.; SUN, S. S.; DEMERATH, E.; TOWNE, B.; SIERVOGEL, R. W. A review of body water status and effects of age and body fatness in children and adults. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, Paris, v. 11, n. 2, p. 111-8, 2007.

CORDAIN, L.; WHICKER, R. E.; JOHNSON, J. E. Body composition determination in children using bioelectrical impedance. **Growth, Development, and Aging: GDA** , Bar Harbor, v. 52, n. 1, p. 37-40, 1988.

CYSNEIROS, M. A. de P. C. Obesidade na infância e adolescência. **Pediatria Moderna**, Rio de Janeiro, v.22, n. 7, 1996.

DANFORD, L. C.; SCHOELLER, D. A.; KUSHNER, R. F. Comparison of two bioelectrical impedance analysis models for total body water measurement in children. **Annals of Human Biology**, London, v. 19, n. 6, p. 603-7, 1992.

DAVIES, P. S. W.; PREECE, M. A.; HICKS, C. J.; HALLIDAY, D. The prediction of total body water using bioelectrical impedance in children and adolescents. **Annals Human Biology**, London, v. 15, n. 3, p. 237-40, 1988.

DEURENBERG, P.; KUSTERS, C. S. L.; SMITH, H. E. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 44, n. 9, p. 261-8, 1990.

DEURENBERG, P.; VAN DER KOOY, K.; PALING, A.; WITHAGEN, P. Assessment of body composition in 8-11 year old children by bioelectrical impedance. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 43. n. 9, p. 623-9, 1989.

DEHOOG S. Avaliação do estado nutricional. Krause M. *In: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia*. São Paulo Rocca, 1998. (17):317-387.

DIOUM, A.; GARTNER, A.; CISSÉ, A.S.; DELPEUCH, F.; MAIRE, B.; WADE, S.; SCHUTZ, Y. Validity of impedance-based equations for the prediction of total body water as measured by deuterium dilution in African women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, p. 597- 604, 2005.

DUARTE, M. F. S. Maturação Física: uma revisão da literatura, com especial atenção à criança brasileira. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 9, Sup.1, p. 71-84, 1993.

EISENKÖLBL, J.; KARTASURYA, M.; WIDHALM, K. Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 55, p. 423-429, 2001.

EISENMANN, J. C.; HEELAN, K. A.; WELK, G. J. Assessing Body Composition among 3- to 8-Year Old Children: anthropometry, BIA, and DXA. **Obesity Research**, Baton Rouge, v. 12, n. 10, p. 1633-40, 2004.

EISENTEIN, E.; COELHO, K. S. C.; COELHO, S. C.; COELHO, M. A. S. C. Nutrição na adolescência. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 76, Sup. 3, p. S263-S274, 2000.

ELLIS, K. J. Human body composition: vivo methods. **Physiological Reviews**, Washington, v. 80, p 649-80, 2000.

ESMAILZADEH, A.; MIRMIRAN, P.; AZIZI, F. Clustering of metabolic abnormalities in adolescents with the hypertriglyceridemic waist phenotype. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 83, p. 36-46, 2006.

ETO, C.; KOMIYA, S.; NAKAO, T.; KIKKAWA, K. Validity of the body mass index and fat mass index as an indicator of the obesity in children aged 3-5 year. **J Physiol Anthropol Appl Human Sci**, v.23, p. 25-30, 2004

FERREIRA, R. A.; ROMANINI, M. A. V.; MIRANDA, M. M. V. B. S. M. Adolescente: particularidades do atendimento. In: LEÃO, E.; MOTA, J. A. C.; CORRÊA, E. J.; VIANA, M. B. **Pediatria ambulatorial**. 4º Ed. Belo Horizonte: COOPMED, 2005. Cap. 10., 97- 114.

FERRIOLI, E.; CRUZ, B. M.; PFRIMER, K. Uso de isótopos leves em ciências nutricionais. In: _____. **Ciências nutricionais: aprendendo a aprender**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2008. Cap. 23, p. 443-465.

FISBERG, M. Obesidade na infância e adolescência. **Pediatria Moderna**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 103 - 8, 1993.

FJELD, C. R.; BROWN, K. H.; SCHOELLER, D. A. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 48, p. 671-679, 1988.

FOMON, S. J.; HASCHKE, F.; ZIEGLER, E.E; NELSON, S.E. Body composition of reference children from birth to age 10 years. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 35, p. 1169 – 75, 1982.

FREEDMAN, D. S.; SERDULA, M. K.; SRINIVASAN, S. R.; BERENSON, G. S. Relation of circumferences and skinfold thicknesses to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Hearth Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 69, p. 308-317, 1999.

GIUGLINO, R.; CARNEIRO, E. C. Factores associated with obesity inschool children. **Jornal de pediatria**, Rio de Janeiro, v. 80, n. 1, p. 17-22, 2004.

GORAN, M. I.; GOWER, B. A. Relation between visceral fat and disease risk in children and adolescents. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.70, Suppl., p. S149-S56, 1999.

GRAY, D. S.; BRAY, G.A.; BAUER, M.; KAPLAN, K.; GEMAYEL, N.; WOOD, R.; GREENWAY, F.; KIRK, S. Skinfold thickness measurements in obese subjects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 51, p. 571-7, 1990.

HALLIDAY, D.; MILLER DG. Precise measurement of total body water using tracer quantities of deuterium oxide. **Biomedical Mass Spectrometry**, London, v. 4, p. 82-87, 1977.

HAROUN, D.; WELLS, J. C. K.; WILLIAMS, J. E.; FULLER, N. J.; FEWTRELL, M. S.; LAWSON, M. S. Composition of the fat-free mass in obese and nonobese children:

matched case-control analyses. **International Journal of Obesity**, London, v. 29, p. 29-36, 2005.

HEYMSFIELD, S. B.; TIGHE, A.; WANG, Z. M. Nutritional assessment by anthropometric and biochemical methods. In: SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHINE, M. (Eds.). **Modern nutrition in health and disease**. Malvern: Lea febiger, 1994. p. 812-841.

HEYMSFIELD, S.B., WANG, Z., VISSER, M., GALLAGHER, D., PIERSON Jr, R.N. Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. **Am J Clin Nutr**, v. 64, p. 478S-484S, 1996.

HOUTKOOPER, L. B.; GOING, S. B.; LOHMAN, T.G.; ROCHE, A. F.; VAN LOAN, M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 72, n. 1, p. 366-73, 1992.

IANNUZZI, A.; LICENZIATI, M. R.; ACAMPORA, C.; SALVATORE, V.; AURIEMMA, L.; ROMANO, M. L. Increased carotid intima: media thickness and stiffness in obese children. **Diabetes Care**, New York, v. 27, n. 10, p. 2506-8, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatística/população/censo2000>>. Acesso em: 28 dez. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contagem da população 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatística/população/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Resultados da Amostra do censo demográfico 2000: malha municipal do Brasil: situação em 2001. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 28 dez. 2007.

KOLETKZO, B.; SAVERWALD, T.; DEMMELMARZ, H. Safety of stable isotope use. **Eur J Pediatr**, v. 156, s. 1, p. 12-17, 1997.

KUSHNER, R. F.; KUNIGK, A.; ALSPAUGH, M.; ANDRONIS, P. T.; LEITCH, C. A.; SCHOELLER, D. A. Validation of bioelectrical – impedance analysis as a measurement of change in body composition in obesity. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 52, n. 2, p. 219-23, 1990.

KUSHNER, R. F.; SCHOELLER, D. A. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 44, n. 3, p. 417-24, 1986.

KUSHNER, R. F.; SCHOELLER, D. A.; FJELD, C. R.; DANFORD, L. Is the impedance index (ht^2/R) significant in predicting total body water? **The American**

Journal of Clinical Nutrition, Bethesda, v. 56, p. 835- 9, 1992.

LAFORGIA, J.; WITHERS, R. T. Measurement of total body water using ^2H dilution: impact of different calculations for determining body fat. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 88, p. 325-329, 2002.

LAFORTUNA, C.L.; AGOSTI, F.; MARINONE, P.G.; MARAZZI, N.; SARTORIO, A. The relationship between body composition and muscle power output in men and women with obesity. **J Endocrinol Invest**, v. 27, n.9, p. 854-861, 2004.

LAKKA, H. M.; LAKKA, T. A.; TUOMILEHTO, J.; SALONEN, J. T. Abdominal obesity is associated with increased risk of acute coronary events in men. **European Heart Journal**, London, v. 23, p. 706-13, 2002.

LEWY, V. D.; DANADIAN, K.; ARSLANIAN, S. Determination of body composition in African –American children: validation of Bioelectrical Impedance with Dual Energy X-Ray Absorptiometry. **Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism: JPEM**, London, v. 12, n. 3, p. 443-48, 1999.

LICHTENHET, W. D. V. M.; FOGETHOLM, M. Increased extracellular water compartment, relative to intracellular water compartment, after weight reduction. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 87, p. 294-298, 1999.

LIFSON, N.; GORDON, G. B.; MCLINTOCK, R. Measurement of total carbon dioxide production by means of D_2^{18}O . **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 7, p.704 – 710, 1955.

LOF, M.; FORSUM, E. Evaluation of bioimpedance spectroscopy for measurements of body water distribution in healthy women before, during, and after pregnancy. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 96, p. 967-73, 2004.

LUDWING, D.S.; EBBELLING, C.B. Type 2 diabetes mellitus in children: primary care and public health considerations. **JAMA**, Chicago, v.286, p.1427-30, 2001.

LUKASKI, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 46, p. 537-556, 1987.

LUKASKI, H.C. Requirements for clinical use of bioelectrical impedance analysis (BIA). **Ann NY Acad Sci**, v. 873, n. 20, p. 72-76, 1999.

MAFFEIS, C.; PIETROBELL, A.; GREZZANI, A.; PROVERA, S.; TATOL, L. Waist Circumference and cardiovascular risk factors in prepubertal children. **Obesity Research**, Baton Rouge, v. 9, n. 3, p. 179-87, 2001.

MAGALHÃES, V. C.; MENDONÇA, G. A. A prevalência e fatores associados a sobrepeso e obesidade em adolescentes de 15 a 19 anos das regiões Nordeste e Sudeste

do Brasil, 1996 a 1997. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, Sup.1, p. S129-S139, 2003.

MALINA, R.M.; KATZMARZYK, P.T. Validity of the body mass index as an indicator of the risk and presence of overweight in adolescent. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.70, s.1, p.131-136, 1999.

MARCHINI, J. S.; BASILE FILHO, A.; VANNUCCHI, H.; DARMAUN, D.; KREMPT, M. Utilização de espectrometria de massa para o estudo do metabolismo protéico e aminoácidos em medicina. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 30, p. 494-507, 1997.

MARSHALL, W.A.; TANNER, J.M. Variations in the pattern of pubertal changes in girls. **Archives Disease in Childhood**, London, v. 44, n. 235, p. 291-303, 1969.

MARTINELLI JÚNIOR, C. A.; SALES, D. S. Obesidade. In: RICCO, R. G.; DEL CIAMPO, L. A.; ALMEIDA, C. A. N. **Puericultura**: princípio e práticas. Rio de Janeiro: Atheneu, 2000. Cap.10, p 99-106.

MARTIN, A.D.; DRINKWATER, D.T. variability in the measures of total body fat: assumptions or techniques? **Sports Medicine**. v. 11, p. 277-288, 1991.

MARTINS, P. A.; HOFFMAN, D. J.; FERNANDES, M. T.; NASCIMENTO, C. R.; ROBERTS, S. B.; SESSO, R.; SAWAYA, A. L. Stunted children gain less lean body mass and more fat mass than their non-stunted counterparts: a prospective study. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 92, n. 5, p. 819-25, 2004.

MAZARIEGOS, M.; KRAL, J. G.; WANG, J.; WAKI, M.; HEYSFIELD, S. B.; PIERSON, R. N.; THORNTON, J. C.; YASUMURA, S. Body composition and surgical treatment of obesity: effects of weight loss on fluid distribution. **Annals Surgery**, Philadelphia, v. 216, p. 69 –73, 1992.

MIRANDA DA CRUZ, B. et al. Stable isotopes used in nutrition research: some aspects of safety considerations. **Trace Elements Med**, v. 4, p. 341-347, 2003.

MONTEIRO , C. A. Epidemiologia da obesidade. In: HALPERN, A.; MATOS, A. F. G.; SUPLICY, H. I.; MANCINI, M. C.; ZANELLA, M. T. (Orgs.). **Obesidade**. São Paulo: Editorial Lemos, 1998. p. 15-28.

MURPHY, A.J.; WELLS, J.C.K.; WILLIAMS, J.E.; FEWTRELL, M.S.; DAVIES, S.W.; WEBB, D.K. Body composition in children in remission from acute lymphoblastic leukemia. **Am J Clin Nutr**, v83, p. 70-74, 2006.

NATIONAL CENTER FOR HEALTH STATISTICS (NCHS). Plan and operations of the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1998 -1994. **Vital Health Statistic**, Washington, v. 1, n. 32, 1994.

NEUTZLING, M. B. **Sobrepeso em adolescentes brasileiros**: Brasil, PNSN – 1989. Dissertação (Mestrado) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1998.

NIETO, J. F.; SZKIO, M.; COMSTOCK, G. W. Childhood weight and growth rate as predictors of adult mortality. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 136, n. 2, p. 201-13, 1992.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Diet nutrition and the prevention of chronic diseases**: report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneva: World Health Organization, 2002.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **El embarazo y el aborto em la adolescência**. Genebra, 1975.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). O problema do sobrepeso e da obesidade. In:_____ **Obesidade**: prevenindo e controlando a epidemia global. São Paulo: ROCA, 2004. p. 03-15, 2004.

PACE, N.; KLINE, L.; SCHACHMAN, K. H.; HARFENIST, M. Studies on body composition IV: use of radioactive hydrogen for measurement in vivo of total body water. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 168, p. 459-69, 1947.

PACE, N.; RATHBUN, E. N. Studies on body composition III: the body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 158, p. 685 – 91, 1945.

PECORARO, P.; GUIDA, B.; CAROLI, M.; TRIO, R.; FALCONI, C.;PRINCIPATO, S. et al. Body mass index and skinfold thickness versus bioimpedance analysis: fat mass prediction in children. **Acta Diabetol**, v.40, s.1, S278-281, 2003.

PICOLINO, M. Luigi Galvani and animal electricity: two centuries after the foundation of electrophysiology. **Trends Neurosci**, v. 20, p. 10, p. 443-448, 1997.

PHILIPPI, S. T.; ALVARENGA, M. (Eds.). **Transtornos alimentares**: uma visão nutricional. Barueri: Manole, 2004.

RAGHAVAN, C.V.; SUPER, D.M.; CHATBURA, R.L.; SAVIN, S.M.; FANAROFF, A.A.; KALHAN, S.C. Estimation of total body water in very-low-birth-weight infants by using anthropometry with and without bioelectrical impedance and $H_2[^{18}O]^{1-3}$. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 68, p. 668-74, 1998.

REYNOLDS, E. L.; WINES, J. V. Individual differences in physical changes associated with adolescence in girls. **American Journal of Diseases of Children**, Chicago, v. 75, p. 329-50, 1948.

REYNOLDS, E. L.; WINES, J. V. Individual differences in physical changes associated with adolescence in boys. **American Journal of Diseases of Children**, Chicago, v. 82, p. 529-47, 1951.

ROUBENOFF, R.; KEHAYIAS, J. J. The meaning and measurement of lean body mass. **Nutrition Reviews**, Baltimore, v. 49, n. 6, p. 163-75, 1991.

SARTORIO, A.; MALAVOLTI, F.; AGOSTI, P. G.; MARINONE, O.; CAITI, N.; BATTISTINI, Iniciais; BEDOGNI, G. Body water distribution in severe obesity and its assessment from eight: polar bioelectrical impedance analysis. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 59, p. 155-160, 2005.

SAVVA, S.C.; TORNARITIS, M.; SAVVA, M.E.; KOURIDES, Y.; PANAGI, A.; SILIKIOTOU, N.; GEORGIU, C.; KAFATOS, A. Waist circumference and waist-to-weight ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, Hampshire, v. 24, n. 11, p 1453-1458, 2000.

SCHAEFER F, GEORGI M, ZIEGER A, SCHÄRER K. Usefulness of bioelectrical impedance and skinfold measurements in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children. **Pediatric Research**, v. 35, p. 617-624, 1994.

SCHOELLER, D. A.; RAVUSSIN, E.; SCHUTZ, Y.; ACHESON K.J.; BAERTSCHI, P.; JEQUIER, E. Energy expenditure by doubly labeled water: validation in humans and proposed calculation. **The American Journal of Physiology**, Washington, v. 250, p. 823-30, 1986.

SCHONFIELD, W. A. Primary and secondary sexual characteristics: study of their development in males from birth to maturity, with biometric study of penis and test. **American Journal of Diseases Children**, Chicago, v. 65, p. 535-49, 1943.

SIGULEM, D.M.; DEVINCENZI UM.; LESSA, A.C. Diagnóstico do estado nutricional da criança e do adolescente. **J Pediatr (Rio J)** 2000;76 Suppl 3:275-84.

SEGAL, K. R.; VAN LOAN, M.; FITZGERALD, P. I.; HODGDON. J.; VAN ITALLIE, T. B. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross – validation study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 47, p. 7-14, 1988.

SLATER, C.; PRESTON, T. A simple prediction of total body water to aid quality control in isotope dilution studies in subjects 3 – 87 years for age. **Isotopes in Environmental and Health Studies**, Switzerland, v. 41, n. 2, p. 99-107, 2005.

SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEU, R. A.; HORSWILL, C. A.; STILLMAN, R. J.; VAN LOAN, M. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, Detroit, v. 60, p. 709-23, 1988.

STEELE, J. M.; BERGER, E.Y.; DUNNING, M. F.; BRODIE, B. B. Total body water in man . **The American Journal of Physiology**, Washington, v. 162, p. 313-17, 1950.

TANNER, J. M. **Growth al adolescence**. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.

TAYLOR, R. C.; JONES, I. E.; WILLIAMS, S. M.; GOULDING, A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children age 3-19 y. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 72, p. 490-495,

2000.

TERRES, N. G.; PINHEIRO, R. T.; HORTA, B. L.; PINHEIRO, K. A. T.; HORTA, L. L.; Prevalência e fatores associados ao sobrepeso e à obesidade em adolescentes. **Revista de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 4, p.627-33, 2006.

VANUCCHI, H. et al. Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. **Cadernos de Nutrição SBAN**, 1990, v.2.

VIEIRA, A. C. R.; ALVAREZ, M. M.; MARTINS, V. M. R.; SICHIERI, R.; VEIGA, G.V. Desempenho de pontos de corte de índice de massa corporal de diferentes referências na predição de gordura corporal em adolescentes. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n.8, p. 1681-90, 2006.

WABITSCH, M.; BRAUN, U.; HEINZE, E.; MUCHE, M.; MAYER, H.; TELLER, W.; FUSCH, C. Body composition in 5 –18 –y- old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 64, p. 1-6, 1996.

WANG, J. Standardization of waist circumference reference data. Editorial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 83, p. 3-4, 2006.

WARNER JT, EVANS WD, WEBB DK, GREGORY JW. Pitfalls in the assessment of body composition in survivors of acute lymphoblastic leukaemia. **Arch Dis Child**, v. 89, n. 1, p. 64-68, 2004.

WHYTE, R. K.; BAYLEY, H. S.; SCHWARCZ, H. P. The measurement of whole body water by H₂ O₁₈ dilution in newborn pigs. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 41, p. 801 -9, 1985.

WOLF, G. Isotopes in biology. New York: Academic Press, 1969. 173p

WOLFE, R. R. Basic characteristics of isotopic tracers. In: _____ **Radioactive and stable isotope tracers in biomedicine**. Nova Iorque: Wiley-Liss, 1984. p. 1-18.

WONG, W. W.; LEE, L. S.; KLEIN, P. D. Deuterium and oxygen -18 measurement on microliter samples of urine, plasma, saliva and human milk. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 45, p. 905-913, 1987.

WOMERSLEY, J.; DURNIN, J. V. G. A. A comparison of the skinfold methods with extent of “overweight” and various weight-height relationships in the assesment of obesity. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 38, p. 271-84, 1977.

YAZLLE, M. E. H. D. Gravidez na adolescência. Editorial. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, Rio de Janeiro, v. 28, n.8, p.443-445, 2006.

YOUNG-HYMAN, D.; SCHLUNDI, D.G.; HERMAN, L.; DE LUCA, F.; COUNTS, D. Evaluation of the insulin resistance syndrome in 5 - to 10 – year-old

overweight/obese African-American children. **Diabetes Care**, New York, v.24, p. 1359-64, 2001.

ZHU, S.; WANG, Z.; HESNKA, S.; HEO, M.; FAITH, M. S.; HEYMSFIELD, S. B. Waist circumference and obesity – associated risk factors among whites in the third National Health and Nutrition Examination Survey: clinical action thresholds. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 76, p. 743-749, 2002.

CAPITULO 2

**BODY COMPOSITION ESTIMATIVES BY ANTHROPOMETRY,
BIOELECTRICAL IMPEDANCE AND DEUTERIUM OXIDE DILUTION IN
OBESE ADOLESCENTS**

JOYCE MORAES CAMARNEIRO
JOSÉ SIMON CAMELO JÚNIOR
LUIZ ANTONIO DEL CIAMPO
ANDERSON MARLIERE NAVARRO
EDUARDO FERRIOLI
KARINA PFRIMER
JACQUELINE PONTES MONTEIRO

Abstract

Objectives: To evaluate the relationship between measures of body composition in obese adolescents by the methods of bioelectrical impedance analysis, deuterium oxide dilution and anthropometric measures, proposing an equation.

Methods: The variables were weight, height, BMI, triceps and subscapular skinfold thickness, waist and arm muscle circumference, lean body mass, fat mass and total body water by bioelectrical impedance and deuterium oxide dilution methods.

Results: The study included 40 obese adolescents, 45% male, age distribution was 2.42 ± 1.19 years and females 55%, and the predominant age was 12.61 ± 1.78 . Linear regression equations were developed, capable of predicting body composition from information supplied by the method of deuterium oxide dilution (gold standard), bioelectrical impedance and anthropometry. The variables gender, age, height, arm circumference, triceps and suprailiac skin fold thickness, resistance and reactance were used to estimate lean body mass, fat mass and total body water by the method of deuterium and significantly correlated with variables, resistance, reactance, sex and total body water (TBW) by bioimpedance method.

Conclusion: Among the equations developed, five were suitable for this sample, therefore, it is suggested that more studies should be done to test the applicability of the equations in other samples so that we can validate the equations encountered in obese adolescents.

Keywords: anthropometry, bioelectrical impedance analysis, deuterium oxide dilution, obese adolescents, linear regression equation

INTRODUCTION

Overweight in childhood and adolescence has increased in our country due to changes in lifestyle, such as sedentary lifestyle and consumption of unhealthy foods¹. Obesity is a chronic disease and interrelated directly or indirectly with other pathological conditions (2), and among its complications stands those related to metabolic syndrome^{3,4}.

The prevalence of Brazilian adolescents who are overweight is 16.7%, being more common in boys than in girls, and the South region has the highest rate in the country⁶. The changes in the cardiovascular system were investigated in young children in Curitiba and found that the obese have higher rates of blood pressure, dyslipidemia and insulin resistance, compared to nonobese⁷.

Obesity is the result of excess fatty tissue and, unfortunately, accurate measurement of total body fat requires sophisticated methods and they are often expensive and have limited applicability in clinical practice²⁹.

The World Health Organization (WHO) suggests using the Body Mass Index (BMI) to screen for overweight and obese adolescents because it is well correlated with body fat, easily accessible, benchmarks for comparison and also allow a continuous criteria that can be used for evaluation when adults²⁸. In fact, BMI is an index to measure overweight and not body fat, so the argument goes around its predictive ability in identifying youths with high body fat³⁸.

At the same time it has been evident in recent studies that the use of bioelectrical impedance analysis (BIA), an easy handling, cheap and practical to be applied in assessing the body composition of children, requires that the specific prediction formulas have to be different from those established for adults^{4,6-10,19}. Equations were developed for the prediction of lean mass^{4,8-10,19} and total body water^{6,7,19}. BIA also could be an easy method, suitable for body composition assessment of obese children, but currently this is not possible due to lack of valid equations for the obese population.

In drawing up these equations, it is necessary to use methods such as deuterium dilution, considered a reference technique, safe and well established, a gold standard method for assessing body water compartments, even in childhood¹³.

Therefore studies using reference methods for developing mathematical models to estimate body composition in obese adolescents are needed and scarce. Thereby this study aims to evaluate the relationship between measures of body composition in obese

adolescents by anthropometric, bioelectrical impedance and deuterium oxide dilution, proposing an equation.

MATERIALS AND METHODS

Adolescents were selected from the Community and Social Center of Vila Lobato HCFMRP / USP, Ribeirão Preto, assessed by anthropometry and body composition by bioelectrical impedance method and the method of deuterium oxide. The study was in accordance with the ethics Committee on Human Research (HCRP in 11227/2006). Informed written consent was obtained from parents and, when necessary, details on explanation about the study.

Anthropometry

Weight and height were evaluated according to the method of Heymsfield et al, 1994¹⁸ by a nutritionist, who was trained to take all necessary measures. The reference data used for the classification of nutritional status was BMI percentile for age greater than 97 according to WHO data, 2007 indicative of obesity⁴².

The skinfolds were measured using Lange skinfold ® Skinfold Caliper (Beta Technology Incorporated Cambridge, Maryland). Each measure was conducted three times being considered the average value of the three measurements. The triceps skinfold and subscapular skinfold were measured according to techniques described by Lohman, Roche and Martorell (1991)²⁴. The classification of skinfold thickness was evaluated for the percentile values for age and sex as described by Frisancho (1990)¹⁶. The cutoff points for normal upper and lower percentiles were 5 and 85, respectively.

Bioelectrical impedance analysis

The patient assumed the dorsal decubitus position, skin was cleaned with alcohol and were placed four surface electrodes. Two in the back of the hand, the distal electrode glued to the base of the middle finger and the proximal electrode glued to coincide with the styloid process. Two electrodes were placed on the instep, the distal electrode was pasted on the base of the middle finger and the proximal electrode between the medial and lateral malleolus²⁵. The estimation of body composition was performed by applying an electric current of low intensity (800 mA) and fixed frequency of 50kHz³² and then obtained the values of resistance and reactance. To determine the body composition an equation in the program of the **QUADSCAN 4000**

unit was used and the equipment BODYSTAT® 1500 especially suitable for ages 6 to 17 years, with the equation proposed by Houtkooper et al (1992)¹⁹ to estimate fat-free mass in children and adolescents.

$$\text{FFM} = 1.31 + (0.61 \times \text{height (cm)}^2 / \text{resistance}) + 0.25 \times \text{weight (kg)}$$

Deuterium dilution method

Immediately after the anthropometric measures and BIA, saliva collection started and deuterium oxide was offered, making sure that the examinations were made at the same time and under the same conditions, therefore, the hydration status was unchanged in all measurements used in this study¹¹.

Three samples of saliva were collected: a baseline sample, before intake of the dose, the second sample was taken two hours after ingestion of the dose and the third and final sample, three hours after ingesting the dose. The saliva collection was done through the salivation of the patient in a plastic cup until it reaches the amount of two milliliters. The samples were immediately transported to cryovials with PP screw cap, through a disposable syringe and wrapped with parafilm, thus allowing the best seal for each sample, avoiding possible evaporation losses during handling of vials, and avoiding contamination crossed between samples during the storage period¹⁴.

Before receiving the isotope, each juvenile was weighed and the doses were calculated using the ratio of one gram of deuterium to one kilogram of body weight^{14,32}. To avoid losses after the patient had swallowed the entire contents of the glass, he or she was asked to rinse to ingest residues of the dose which by chance was in the mouth.

After ingestion of the doses, the saliva was stored in a freezer with temperature -20 ° C^{1,39}, analyzed for enrichment of deuterium (2H), using a Mass Spectrometer calibrated against Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) and 302A and 302B of the International Atomic Energy Agency (IAEA). The total body water was calculated at T₀ (baseline) and T_{equ} (3 h), using a correction factor of 4% considering the exchange ²H₂O with the labile H of proteins and other body constituents.

Statistical analysis

A descriptive analysis of data was first conducted. The t-test (p <0.05) of average comparison was performed between measures of body composition (BIA), deuterium, waist circumference, skinfold thickness, weight, height, age and BMI.

We used the concordance coefficient, introduced by St. Laurent (1998)³³, for continuous variables since has been considered adequate to evaluate the concordance. Using the software SAS 9.1, the coefficients and their 95% confidence intervals were calculated, via bootstrap method. To formulate the equation of estimating body composition prepared from a gold standard (deuterium oxide dilution) using direct measurements such as circumference, skinfold thickness measurements and BIA statistical method of multiple linear regressions was used (GLM SAS 9.1 software)³¹ This method consists of adjusting a function to the set of points defined by quantitative variables so that the distance between the function and the points are minimal.

The first step of this method is the study of covariance and correlation to identify whether there is a relationship between variables. The relationship between two variables will be represented by a function ($y = a + bx$).

The second step is to obtain an equation that represents the function of causality between two variables, performing a curve fit to existing data. Multiple linear regression includes the same process as a function of more than two dependent variables⁴³.

RESULTS

The study included 40 obese adolescents, 45% male, age distribution was 2.42 ± 1.19 years and females 55%, and the predominant age was 12.61 ± 1.78 and these were submitted to anthropometric evaluation and body composition analysis by bioelectrical impedance method and by dilution of deuterium oxide.

Regarding the distribution of adolescents according to sexual maturation, we observed that both males and females were in stage three of Tanner³⁵.

Tables 1, 2 and 3 have the descriptions of the variables by the anthropometric method, bioelectrical impedance and deuterium oxide dilution according to sex and variables.

Figure 1 shows the graphs of points for the anthropometric measurements (skinfold thickness), bioelectrical impedance and deuterium, and the concordance coefficients of St. Laurent - CCSL (ranging between 0 and 1), their respective ranges 95% confidence, and the coefficient of determination (R²). The closer to 1, the greater concordance between the methods. According to the findings, we need to verify, using the linear regression equation, the possibility of predicting body composition measurements supplied by the method of dilution of deuterium oxide (gold standard), from measurements of BIA and anthropometry using the variables sex, age, height, arm,

and triceps and suprailiac skinfold thickness, resistance and reactance to estimate lean body mass, fat mass and total body water, as shown in Table 4.

From these results, five equations were considered favorable to estimate lean body mass, fat mass and total body water by the method of deuterium, as shown in Table 5.

TABLE 1 - Anthropometric characterization of the study group by gender. Ribeirão Preto-SP, 2011.

Gender	N	Variable	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
F	24	BMI(Kg/m ²)	29,5	30,0	30.4	30,4	30,5
		Age (years)	11.00	11.50	13.00	13.00	14.00
		Height (cm)	142.00	153.00	154.00	156.50	171.00
		Weight (Kg)	60.30	65.10	70.30	76.05	83.10
		Triceps Skinfold (mm)	14.50	15.00	17.00	18.50	27.00
		Subscapular Skinfold (mm)	16.00	20.00	28.75	34.00	41.00
		WC (cm)	71.30	78.85	81.25	87.75	96.50
		Arm Muscle Circumference (cm)	8.71	10.07	10.31	10.49	11.52
M	16	BMI(Kg/m ²)	29,6	30,1	30.7	30,8	31,1
		Age (years)	10.00	12.00	13.00	14.00	15.00
		Height (cm)	141.00	152.50	155.50	158.00	167.00
		Weight (Kg)	60.10	67.25	70.10	75.85	81.20
		Triceps Skinfold (mm)	14.00	16.00	18.25	21.00	26.00
		Subscapular Skinfold (mm)	19.00	25.00	27.00	29.00	34.00
		WC (cm)	69.10	77.75	78.85	84.20	97.10
		Arm Muscle Circumference (cm)	0.63	9.40	10.25	10.68	11.21

BMI – body mass index; WC - waist circumference ; AMC = arm muscle circumference.

TABLE 2 - Characterization of the bioelectrical impedance method in the study group by gender. Ribeirão Preto-SP, 2011.

Gender	N	Variable	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
F	24	LMBIA (Kg)	22.40	33.40	38.85	45.45	52.10
		FMBIA (Kg)	26.80	28.90	31.50	35.65	37.90
		TBW BIA (%)	68.30	71.35	72.65	74.40	76.50
		Resistance	269.37	284.21	297.62	335.54	391.34
		Reactance	30.59	32.28	33.80	38.11	44.44
M	16	LMBIA (Kg)	19.10	31.35	37.55	43.30	52.40
		FMBIA (Kg)	25.80	30.05	33.90	37.20	41.00
		TBW BIA (%)	63.30	69.25	72.15	72.90	75.60
		Resistance	269.84	284.21	289.62	323.29	350.37
		Reactance	30.64	32.28	32.89	36.72	39.79

LMBIA% = lean body mass by the method by bioimpedance, FMBIA% = fat mass by the method by bioimpedance, TBWBIA = body water by bioimpedance method.

TABLE 3 - Characterization of the method of deuterium oxide dilution in the study group by gender. Ribeirão Preto-SP, 2011.

Gender	N	Variable	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
F	24	LMDEU (Kg)	35.30	42.60	47.30	49.50	59.80
		FMDEU (Kg)	16.60	20.10	21.40	26.05	40.00
		TBWDEU(%)	54.90	61.20	65.90	69.95	75.90
M	16	LMDEU (Kg)	40.70	46.55	49.45	55.65	64.80
		FMDEU(Kg)	13.10	18.20	18.95	22.75	27.80
		TBWDEU(%)	54.90	59.20	61.20	67.85	76.00

LMDEU% = lean body mass by the method of deuterium, FMDEU% = fat mass by the method of deuterium, TBWDEU% = body water by the method of deuterium.

Lean Mass	Fat Mass	Body Water
-----------	----------	------------

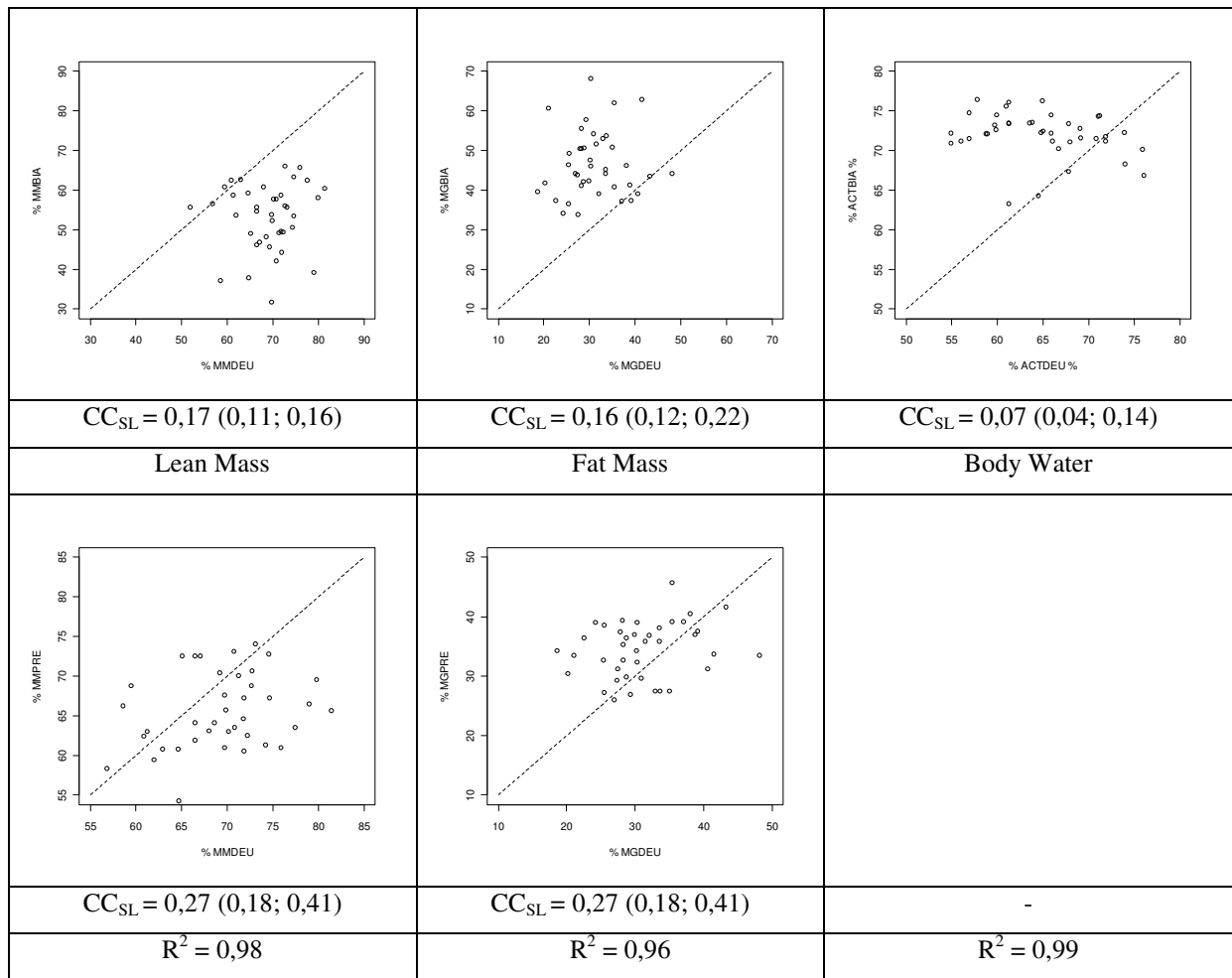


FIGURE 1. Relation of coefficient of correlation between the Lean Mass DEU (kg) with Lean Mass BIA (kg), Fat Mass DEU (Kg) with Fat Mass BIA (kg) also the TBWDEU (%) and TBWBIA (%) of adolescents in the Community and Social Center of Vila Lobato HCFMRP / HCFMRP USP / USP, from July 2008 to May 2009. Ribeirão Preto-SP, 2011.

TABLE 4 - Equations for estimating body composition by the method of dilution of deuterium oxide using measures of anthropometry and bioimpedance. Ribeirão Preto-SP, 2011.

	Equation
1	$LMDEU\% = 65,11 - 0,008(Re) + 4,54(\text{gender})$
2	$LMDEU\% = 65,39 - 0,08(\text{Reactance}) + 4,53(\text{gender})$
3	$LMDEU\% = 69,58 - 0,66(\text{AMC}) + 4,17(\text{gender})$
4	$LMDEU\% = 43,58 + 0,29(\text{LMskinfold}\%) + 4,46(\text{gender})$
5	$LMDEU\% = 57,59 + 0,09(\text{LMBIA}\%) + 4,8(\text{gender})$
6	$LMDEU\% = 52,87 + 1,67(\text{Age}) - 1,02(\text{AMC}) + 3,55(\text{gender})$
7	$LMDEU\% = 42,63 + 2,62(\text{Age}) - 0,19(\text{Height}) + 0,69(\text{LMBIA}\%) - 0,73(\text{LMBIAKg}) + 1,47(\text{AMC}) + 0,96(\text{Resistance}) + 8,71(\text{Reactance}) + 0,18(\text{LMskinfold}\%) + 0,41(\text{LMSkinfoldKg}) + 3,26(\text{gender})$
8	$FMDEU\% = 70,78 + 0,18(\text{Somad}) - 4,55(\text{gender})$
9	$FMDEU\% = 72,63 + 0,29(\text{FMPre}\%) - 4,43(\text{gender})$
10	$FMDEU\% = 66,14 + 0,09(\text{FMBIA}\%) - 4,77(\text{gender})$
11	$FMDEU\% = 59,72 + 0,19(\text{WC}) - 1,52(\text{Age}) - 3,96(\text{gender})$
12	$FMDEU\% = 81,93 + 1,93(\text{Age}) + 0,07(\text{Height}) + 1,27(\text{FMBIA}\%) + 1,40(\text{FMBIAKg}) + 0,86(\text{somad}) + 0,38(\text{WC}) + 0,19(\text{Resistance}) + 1,77(\text{Reactance}) - 3,10(\text{FMskinfold}\%) + 3,08(\text{FMskinfoldKg}) - 4,69(\text{gender})$
13	$FMDEU\% = 65,11 + 0,009(Re) - 4,5(\text{gender})$
14	$FMDEU\% = 65,39 + 0,08(\text{Reactance}) - 4,5(\text{gender})$
15	$TBWDEU\% = 165,96 - 0,38(\text{Age}) - 0,31(\text{Height}) - 0,70(\text{TBWBIA}\%) + 0,95(\text{Resistance}) + 8,21(\text{Reactance}) - 3,08$
16	$TBWDEU\% = 146,65 - 0,55(\text{TBWBIA}\%) - 0,27(\text{Height})$
17	$TBWDEU\% = 101,95 - 0,52(\text{TBWBIA}\%)$

LMDEU% = lean body mass by the method of deuterium, FMDEU% = fat mass by the method of deuterium, Re = resistance (Ω), TBWDEU% = body water by the method of deuterium, TBWBIA = body water by bioimpedance method, LMskinfold% = lean mass by skinfolds, Somad = sum of skinfold thickness, FMskinfold% = fat mass by skinfolds, WC = waist circumference, AMC = arm muscle circumference.

TABLE 5 - Equations for estimating body composition by the method of dilution of

deuterium oxide measurements using bioelectrical impedance. Ribeirão Preto-SP, 2011.

	Equation
1	$LMDEU\% = 65,11 - 0,008(Re) + 4,54(\text{gender})$
2	$LMDEU\% = 65,39 - 0,08(\text{Reactance}) + 4,53(\text{gender})$
3	$FMDEU\% = 65,11 + 0,009(Re) - 4,5(\text{gender})$
4	$FMDEU\% = 65,39 + 0,08(\text{Reactance}) - 4,5(\text{gender})$
5	$TBWDEU\% = 101,95 - 0,52(TBW BIA\%)$

LMDEU = % lean mass by the method of deuterium, FMDEU% = fat mass by the method of deuterium, Re = resistance (Ω) = TBWDEU% body water by the method of deuterium, TBWBIA = body water by bioimpedance method.

DISCUSSION

Obesity is a complex and multifactorial disease that involves the interaction of metabolic, physiological, behavioral and social variables. Among environmental factors, the highlights are for the poor dietary habits and sedentary lifestyles^{5,17}.

In this study, in relation to pubertal stage, 57.5% of female adolescents and 40.0% of male patients met the three Tanner stage, characterized by the onset of pubertal development and none was in stage five, indicating that most have not completed the growth spurt.

According to Siervogel et al. (2003)³¹, changes in body composition occur during puberty in both sexes. In this period there is rapid increase in body fat, although this increase is slower in males, being that overcome by lean body mass. These changes are justified because of increased energy requirements in adolescents associated with changes in body composition.

In relation to waist circumference, the overall average of 81.25 cm was found and there was no statistically significant difference between gender $p = 0.86$ ²⁷.

Sudi et al. (2001)³⁴ evaluated the waist circumference in obese adolescents, and the average found in relation to waist circumference was 89.5 cm for males and 87.4 cm for females, being above the 95th percentile. Lazzer et al. (2008)²³, studying measures of waist circumference in obese adolescents, found average values equal to 111 cm for both girls and boys. The authors also found no significant difference between the sexes.

Lazzer et al. (2008)²³ studied 58 obese adolescents aged between 10 and 17 years (27 males and 31 females) and found BMI values similar to ours. The averages for

females and males were also equal to 36.2 kg / m² and 32.2 kg / m², respectively, without statistical differences.

Considering that the individuals studied are in the process of sexual maturation, and that this fact can influence the interpretation of BMI as an indicator of risk of overweight and obesity, several authors claim that, in boys, BMI increases while the fat mass decreases in the final stages of maturation, indicating that male adolescents increased BMI because of lean muscle mass. In girls, there is an increase in BMI rise as the stages of maturation, but also increases the percentage of body fat, indicating that increased BMI is due to the increase in fat stores^{2,26}. This fact could be justifying the values found in this study, in other words, a larger amount of fat found in females when compared to males.

By assessing the body composition by BIA in relation to variables, lean body mass, fat mass and percentage of total body water, there was no statistically significant difference between the sexes in relation to lean body mass ($p = 0.95$), mass body fat ($p = 0.96$) and total body water ($p = 0.36$).

Eisenkölbl, Kartasurya e Widhalm (2001), studying children and adolescents with average BMI equal to 32.3 kg / m² for boys and 30.14 kg / m² for girls found fat mass assessed by BIA equal to 32.21% for males and 38.48% for females, higher values to those found in our results.

The BIA is a noninvasive safe method and it is portable, and is widely used to estimate body composition^{20,12}. It is well established the importance in relation to the definition of body composition to assess and monitor obesity. However, several factors limit its use in obese adolescents⁴¹. The prediction equations developed for normal individuals, generally overestimates the lean body mass in extremely obese adults¹².

In relation to body composition assessed by dilution of deuterium oxide, considering variables, lean body mass, fat mass and total body water, there was no statistically significant difference between the sexes.

The average body fat found in our study through the method of dilution of deuterium oxide was 22.75% for males and 26.05% for females. Above referenced Fomon et al. (1982)¹⁵ for children and healthy adolescents 10 years old with 13.7% body fat for boys and 19.4% body fat for girls.

The deuterium dilution method has brought in recent years, valuable information in relation to body composition, contributing to the systematic understanding of nutritional conditions in different scenarios, particularly in the pediatrics³⁶.

The results obtained by the BIA, when compared with data from the method of dilution of deuterium oxide, showed a weak correlation for the variables lean body mass and total body water and a strong correlation to body fat mass. This result indicates that we can use bioelectrical impedance analysis with the formula Houtkooper et al (1992)¹⁹ to assess body fat mass of obese adolescents in this study, however, despite good correlation, after the agreement analysis (Figure 1), we find that this concordance was not close to 1 and thus, even the formula Houtkooper et al (1992)¹⁹, widely used in pediatrics to assess body composition determined by BIA, was not efficient to predict the real value of decomposing body in adolescents obese.

Kushner and Schoeller (1986)²², compared the TBW assessed by BIA with TBW measured by dilution of deuterium oxide in 58 adult subjects. The authors concluded that the BIA has proved an accurate method for predicting body water obtained by dilution of deuterium oxide by means of multiple regression equations.

There are studies in literature that were designed to predict total body water determined by deuterium diluted in the eutrophic children and adolescents⁷ and obese ones^{3,40} using measurements provided by the BIA, through equations. These studies used values of resistance indices ($\text{height}^2/\text{resistance}$), age, weight and body surface / body impedance adjustment of the regression model. This study differs from these studies due to the adjustment variables included in the regression model, there is no work in the literature that used the same variables.

Table 5 presents the 17 equations developed, but the variables, sex, age, height, arm, triceps and suprailiac skinfold thickness, resistance and reactance, were used to estimate lean body mass, fat mass and total body water by method of deuterium and significantly correlated with the variable resistance, reactance, sex and total body water by bioimpedance method. And from these equations, only five formulas have been suggested, using the method of electric bioimpedance to assess body composition of obese adolescents.

Finally, several studies have shown that anthropometric measures such as weight, height and skinfold thickness are not applicable to assess body composition. We noticed the need of a viable method for assessing body composition in clinical practice for better monitoring the obese adolescents. The BIA is a simple method and its results are delivered quickly, but you need to adjust specific formulas for assessing children and adolescents, especially when it comes to obesity. Therefore the formulas suggested in this study could assist health professionals in the assessment of body composition in

obese adolescents, not limited to body mass index, a criterion that does not measure body fat and lean mass. But it is not appropriate to extrapolate these equations outside the context of the data. In other words, while the linear regression models were adjusted well, it is necessary to validate the applicability of these formulas and possibly include other important variables in the model, pubertal stage for both will require a multiple regression analysis and also a bigger sample size.

CONCLUSION

This work was possible the construction of the linear regression equations, through measures of body composition provided by the method to dilution of deuterium oxide (gold standard) and by BIA, considering that the equation will be used only in obese adolescents belonging to the region of Social Center of Vila Lobato-RP and which are within the minimum and maximum values for lean body mass, fat mass and total body water of this population.

The equations developed were suitable for this sample, therefore, suggests that others studies test the applicability of the equations in other samples so that we can validate the equations encountered in obese adolescents.

REFERENCES

- 1.Albernaz, E.; Victora, CG.; Haisma, H.; Wright, A.; Coward, WA. Lactation counseling increases breast – feeding duration but not breast milk Intake as measured by isotopic methods. In: _____ **Effects of lactation support on breast milk intake.** American Society for Nutritional Sciences, 2003. p. 205 -209.
- 2.Barbosa, KBF.; Franceschini, SCC.; Priore, SE. Influência dos estágios de maturação sexual no estado nutricional, antropometria e composição corporal de adolescentes. **Revista Brasileira de Saúde Materno-Infantil**, Recife, v. 6, n. 4, p. 375-382, 2006.
- 3.Battistini, N.; Brambilla. P.; Virgili, F.; Simone, P.; Bedogni, G.; Morini, P.; Chiumello, G. The prediction of total body water from body impedance in young obese subjects. **International Journal of Obesity**, London, v. 16, n. 3, p.207 - 12, 1992.
- 4.Cordain, L.; Whicker, RE.; Johnson, JE. Body composition determination in children using bioelectrical impedance. **Growth, Development, and Aging: GDA** , Bar Harbor, v. 52, n. 1, p. 37-40, 1988.
- 5.Dâmaso, A. Obesidade. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

6. Danford, LC.; Schoeller, DA.; Kushner, R. F. Comparison of two bioelectrical impedance analysis models for total body water measurement in children. **Annals of Human Biology**, London, v. 19, n. 6, p. 603-7, 1992.
7. Davies, PSW.; Preece, MA.; Hicks, CJ.; Halliday, D. The prediction of total body water using bioelectrical impedance in children and adolescents. **Annals Human Biology**, London, v. 15, n. 3, p. 237-40, 1988.
8. Deurenberg, P.; Van Der Kooy, K.; Leenen, R.; Wetstrate, JA.; Seidell, JC. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int J Obes* 1991; 15:17-25.
9. Deurenberg, P.; Kusters, CSL.; Smith, HE. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 44, n. 9, p. 261-8, 1990.
10. Deurenberg, P.; Van Der Kooy, K.; Paling, A.; Withagen, P. Assessment of body composition in 8-11 year old children by bioelectrical impedance. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 43. n. 9, p. 623-9, 1989.
11. Dioum, A.; Gartner, A.; Cissé, AS.; Delpeuch, F.; Maire, B.; Wade, S.; Schutz, Y. Validity of impedance-based equations for the prediction of total body water as measured by deuterium dilution in African women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, p. 597- 604, 2005.
12. Eisenkölbl, J.; Kartasurya, M.; Widhalm, K. Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. **European Journal of Clinical Nutrition**, Nottingham, v. 55, p. 423-429, 2001.
13. Elia, M.; Betts P.; Jackson, DM.; Mulligan, J. Fetal programming of body dimensions and percentage body fat measured in prepuberal children with a 4-component model of body composition, dual energy x-ray absorptiometry, deuterium dilution, densitometry and skinfold thickness. *Am J Clin Nutr* 2007; 86: 618- 24
14. Ferrioli, E.; Cruz, BM.; Pfrimer, K. Uso de isótopos leves em ciências nutricionais. In: _____. **Ciências nutricionais: aprendendo a aprender**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2008. Cap. 23, p. 443-465.
15. Fomon, SJ.; Haschke, F.; Ziegler, EE; Nelson, SE. Body composition of reference children from birth to age 10 years. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 35, p. 1169 – 75, 1982.
16. Frisancho. AR. **Antropometric standads for the assessment of growth and**

nutrition status. The university of Michigan Press. Ann Arbor: 1990.

17.Guedes, DP.; Guedes, JERP. **Manual prático para avaliação em educação física.** Barueri: Manole, 2006

18.Heymisfield, SB.; Tighe, A.; Wang, ZM. Nutritional assessment by anthropometric and biochemical methods. In: SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHINE, M. (Eds.). **Modern nutrition in health and disease.** Malvern: Lea febiger, 1994. p. 812-841.

19.Houtkooper, LB.; Going, SB.; Lohman, TG.; Roche, AF.; Van Loan, M. Bioelectrical impedance estimation of fat –free body mass in children and youth: a cross-validation study. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 72, n. 1, p. 366-73, 1992.

20.Houtkooper, LB.; Lohman, TG.; Going, SB.; Howell, WH. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 64, Suppl. 3, p. 436S-448S, 1996.

21. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. **Antropometria e análise do estado nutricional de crianças e adolescentes no Brasil.** Rio de janeiro: IBGE; 2010.

22.Kushner, RF.; Schoeller, DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 44, n. 3, p. 417-24, 1986.

23.Lazzer, S.; Bedogni, G.; Agosti, F.; De Col, Alessandra.; Mornati, D.; Sartorio, A. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in severely obese Caucasian children and adolescents. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.100, p. 1-7, 2008.

24.Leite N, Milano Ge, Cieslak F, Lopes Wa, Rodacki A, Radominski, Rb. Efeito do exercício físico e da orientação nutricional na síndrome metabólica em adolescentes obesos. **Rev Bras Fisioter.** 2009;13(1):73-81.

24.Lohman, TG., Roche, AF., Martorell, R. **Antropometric standarization reference manual.** Abridged editions, Champaing Human Kinetics Books, 1991.

25.Lukaski, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 46, p. 537-556, 1987.

26. Malina, R.M.; Katzmarzyk, P.T. Validity of the body mass index as an indicator of the risk and presence of overweight in adolescent. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.70, s.1, p.131-136, 1999.
27. McCarthy, HD.; JARRETT, KV.; CRAWLEY, HF. The development of waist circumference percentiles in British children aged 5.0 – 16,9 y. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 55, p. 902-907, 2001.
28. Organização Mundial de Saúde (OMS). **Physical status**: the use and interpretation of antropometry: report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneva: World Health Organization, 1995.
29. Quetelet Laj. A treatise on man and the development of his faculties. In: *Comparative Statistic in the 19th Century*. Edinburgh, Scotland: William and Robert Chambers, 1842.
30. Rudolf, MCJ. The obese child. *Archives of Disease in Childhood*. 2004;89:57-62.
31. SAS Institute Inc., *SAS/STAT® User's Guide, Version 9*, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.
32. SCHAEFER F, GEORGI M, ZIEGER A, SCHÄRER K. Usefulness of bioelectrical impedance and skinfold measurements in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children. **Pediatric Research**, v. 35, p. 617-624, 1994.
31. Siervogel, RM.; Demerath, EW.; Schubert, C.; Remsberg, K.E.; Chumlea, W.C.; Sun, S.; Czerwinski, SA.; Towne, B. Puberty and body composition. **Hormone Research**, New York, v. 60, Suppl. 1, p. 36-45, 2003.
32. Slater, C.; Preston, T. A simple prediction of total body water to aid quality control in isotope dilution studies in subjects 3 – 87 years for age. **Isotopes in Environmental and Health Studies**, Switzerland, v. 41, n. 2, p. 99-107, 2005.
33. St. Laurent, RT. Evaluation Agreement with a Gold Standard in Methods Comparisons. **Biometrics**, v. 54 (2), 537-545, 1998.
34. Sudi, KM.; Gallistl, S.; Tröbinger, M.; Payerl, D.; Aigner, R.; Borkenstein, MH. The effects of changes in body mass and subcutaneous fat on the improvement in metabolic risk factors in obese children after short-term weight loss. **Metabolism: Clinical and experimental**, New York, v. 50, n. 11, p. 1323-29, 2001.
35. Tanner, JM. **Growth al adolescence**. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.
36. Traver, LÂM. **Determinação do tempo de equilíbrio (patamar) do óxido de**

deutério na saliva de recém-nascidos a termo saudáveis. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2007.

37.Veiga, GV.; Sampei, MA.; Sawaya, AL.; Sigulem, DM. Adaptação do critério antropométrico para avaliação do estado nutricional de adolescentes em dois níveis sócio-econômicos no município de São Paulo. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 68, n.1/2, p. 26-33, 1992.

38.Vieira, ACR.; Alvarez, MM.; Martins, VMR.; Sichieri, R.; Veiga, GV. Desempenho de pontos de corte de índice de massa corporal de diferentes referências na predição de gordura corporal em adolescentes. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n.8, p. 1681-90, 2006.

39.Vio, FR.; INFANTE, CB.; LARA, WC.; MARDONES-SANTANDER, F. Validation of the deuterium dilution technique for the measurement of fluid intake in infants. **Human Nutrition Clinical Nutrition**, London, v. 40, n. 5, p. 327-332, 1986.

40.WABITSCH, M.; BRAUN, U.; HEINZE, E.; MUCHE, M.; MAYER, H.; TELLER, W.; FUSCH, C. Body composition in 5 –18 –y- old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 64, p. 1-6, 1996.

41.WELL, JC.; FULLER, NJ.; DEWIT, O.; FEWTRELL, MS.; ELIA, M.; COLE, TJ. Four – component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler model. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.69, p. 904-912, 1999.

42.WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Grow reference 5-19 years. Body mass index for age (5-19 years), percentiles girls and boys, 2007. Disponível em: http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/index.html. Acesso em: 12 fev.2009.

43.Zar, JH. **Biostatistical analysis**. Prentice –Hall, New Jersey:1996

ANEXOS



HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.fmrp.usp.br



Ribeirão Preto, 06 de dezembro de 2006

Ofício nº 3504/2006
CEP/SPC

13. 29	49
Proj. N°	A
Out.	

Prezada Senhora,

O trabalho intitulado "**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM PRÉ-ADOLESCENTES E ADOLESCENTES COM SOBREPESO E OBESIDADE E ASSOCIAÇÃO COM A SÍNDROME METABÓLICA**", foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 238ª Reunião Ordinária realizada em 04/12/2006, e enquadrado na categoria: **APROVADO, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**, de acordo com o Processo HCRP nº 11227/2006.

Atenciosamente.

PROF. DR. SÉRGIO PEREIRA DA CUNHA
Coordenador do Comitê de Ética em
Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssima Senhora
JOYCE SILVA MORAES
PROFª DRª JACQUELINE PONTES MONTEIRO (Orientadora)
Depto. de Puericultura e Pediatria

TERMO DE CONSENTIMENTO

Os adolescentes estão mais propensos a desenvolver o sobrepeso e a obesidade. Portanto é importante avaliar o estado nutricional desses adolescentes para evitar doenças do coração no futuro.

Estamos convidando os adolescentes através do consentimento dos pais, para participarem dessa pesquisa que tem como título “Análise da composição corporal em adolescente com obesidade e associação com a síndrome metabólica” e como objetivo avaliar o estado nutricional a fim de trazer benefícios ao tratamento e a qualidade de vida. Para isso, deverão ser medidos o peso, a estatura, a gordura do braço e das costas, será medida com o aparelho chamado “adipômetro” que pinça a “gordurinha” da região e não consiste em procedimento doloroso e/ou invasivo.. A circunferência será medida usando-se fita métrica. Será coletado uma amostra de 1,50 ml de saliva e água para análise indireta da gordura corporal não havendo intervalo entre as coletas e garantia de não apresentar efeitos colaterais. Será coletado 3 mL de sangue para realização do lipidograma podendo ocasionar um pouco de dor no local da punção e mancha arroxeadas. A avaliação por meio de impedância bioelétrica, é um procedimento semelhante ao eletrocardiograma, onde o paciente ficará deitado, sendo colocados os eletrodos na superfície da mão e do pé. A partir daí, o aparelho de impedância bioelétrica emite uma onda imperceptível ao paciente e fornece os resultados referentes a gordura corporal. Isso também não consiste em procedimentos doloroso e/ou invasivo. Métodos alternativos para a análise da gordura corporal existem, porém invasivos e não onerosos. Será colhido o seu sangue para análise de colesterol, triglicérides e glicemia.

Por se tratar de métodos não invasivos, não haverá qualquer tipo de desconforto físico ou risco a sua saúde e ao seu bem estar, trazendo apenas benefícios à sua saúde.

Após a avaliação nutricional você receberá uma orientação quanto a qualidade de alimentos que deverá ingerir.

Você poderá receber esclarecimentos sobre os resultados da pesquisa a qualquer momento com as pesquisadoras responsáveis, nutricionista Joyce Silva Moraes, Professora Dr. Jose Simon Camelo Junior e Professora Dra. Jacqueline Pontes Monteiro, do Departamento de Puericultura da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (Telefones contato: 3535220818; 36022806; 36022808). A participação do estudo não é obrigatória e o consentimento poderá ser retirado a qualquer tempo sem que isso prejudique o adequado

atendimento médico e nutricional nessa instituição. Você terá a garantia de segredo de sua identidade. A participação no estudo trará a princípio o benefício da orientação nutricional individualizada e os resultados da pesquisa poderão no futuro ajudar a encontrar o melhor método para detecção de concentração de gordura associada à síndrome metabólica.

Eu, _____ concordo em participar da pesquisa e declaro ter compreendido o termo de consentimento acima.

Representante Legal (Assinatura)

testemunha (Assinatura)

Pesquisador Responsável

