UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS

JENIFFER LUBIANA CAMPOS

ANÁLISE CINEMÁTICA DA MOBILIDADE TORACOABDOMINAL DE ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO

VITÓRIA
2012

JENIFFER LUBIANA CAMPOS

ANÁLISE CINEMÁTICA DA MOBILIDADE TORACOABDOMINAL DE ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.
Orientadora: Prof.ª Dr.ª Karine Jacon Sarro

VITÓRIA
2012

JENIFFER LUBIANA CAMPOS

ANÁLISE CINEMÁTICA DA MOBILIDADE TORACOABDOMINAL DE ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Aprovada em 09 de julho de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.ª Dr.ª Karine Jacon Sarro
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Anselmo José Perez
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Wellington Lunz
Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

RESUMO..... 04

ABSTRACT..... 05

INTRODUÇÃO..... 06

METODOLOGIA..... 08
Sujeitos e Procedimentos Experimentais..... 08
Análise Cinemática..... 10
Variáveis Experimentais..... 10
Análise das Variáveis..... 11

RESULTADOS..... 12

DISCUSSÃO..... 17

CONCLUSÃO..... 20

REFERÊNCIAS..... 21

ANEXOS..... 25
Anexo I..... 25
Anexo II..... 28
Anexo III..... 29

RESUMO

O excesso de peso pode desencadear inúmeras complicações, como restrições mecânicas e doença pulmonar por deterioração da função em virtude do maior esforço necessário para movimentar a parede torácica. Levando em consideração os efeitos deletérios sobre a mecânica ventilatória e capacidade pulmonar que o excesso de peso pode desencadear, esta pesquisa teve como objetivo avaliar, por meio da cinemetria, a mobilidade toracoabdominal de adolescentes do sexo masculino com excesso de peso (GE) e compará-la com adolescentes com peso normal (GC). Participaram do estudo 6 adolescentes com excesso de peso (média de IMC de 28,2±5,08kg/m^2) e 6 adolescentes com peso normal (média de IMC de 20,7±1,47kg/m^2), sem afecções agudas do sistema respiratório, sem diagnóstico clínico de distúrbios posturais da coluna vertebral e com idade entre 12 e 17 anos (GE com média de 13,8±1,9 anos e GC com média 15,7±1,5 anos). Os adolescentes foram filmados por 5 câmeras enquanto respiravam em capacidade vital. As imagens foram utilizadas para a obtenção das coordenadas tridimensionais de 12 marcadores representando o tórax superior, tórax inferior e abdome. A partir das coordenadas foi calculada a distância linear anteroposterior e transversal do tórax superior, tórax inferior e do abdome. Para caracterizar a variação da mobilidade torácica e abdominal foi calculado o coeficiente de variação da curva da distância transversal e anteroposterior em função do tempo em um ciclo respiratório. O coeficiente de variação foi comparado entre o grupo com excesso de peso e o grupo controle por meio do teste *t de Student* ($p<0,05$) no *software SigmaStat 3.5*. Todos os adolescentes apresentaram a curva da variação da distância transversal do abdome (DTA) inversa às demais curvas. O GE apresentou uma menor mobilidade anteroposterior do tórax superior (DAPTS) e inferior (DAPTI) em relação ao GC ($p=0,040$ e $p=0,004$). Podemos concluir que os adolescentes do sexo masculino com excesso de peso apresentam uma mobilidade anteroposterior do tórax superior e inferior menor quando comparados com adolescentes do sexo masculino com índice de massa corporal normal, sendo necessários estudos com amostras maiores para verificar se os achados se aplicam a população adolescente e se são semelhantes nas adolescentes.

Palavras-chave: índice de massa corporal, obesidade, adolescente, toracoabdominal, cinemática.

ABSTRACT

Overweight can lead to numerous complications such as pulmonary disease and mechanical constraints due to deterioration of the function because of the increased effort required to move the chest wall. Considering the deleterious effects on respiratory mechanics and lung capacity that overweight can cause, this study aimed to evaluate, by means of kinematical analysis, the thoracoabdominal mobility of male adolescents who are overweight (GE) and compare it with healthy adolescents (GC). The participants were six overweight adolescents (mean BMI of 28.2 ± 5.08 kg/m2) and six normal weight adolescents (mean BMI 20.7 ± 1.47 kg/m2) without acute affections of the respiratory system, without a clinical diagnosis of postural disorders of the spine and aged between 12 and 17 years (mean GE 13.8 ± 1.9 years and mean GC 15.7 ± 1.5 years). The subjects were filmed by 5 cameras while breathing in vital capacity. The images were used to obtain the three-dimensional coordinates of 12 markers representing the upper chest, lower chest and abdomen. The coordinates were calculated from anteroposterior and transverse linear distances of upper chest, lower chest and abdomen. To characterize the change in thoracic and abdominal mobility the coefficient of variation of the curve of the anteroposterior and lateral distance was calculated in function of time in a respiratory cycle. The coefficient of variation was compared between the overweight group and the control group by the analysis of variance (ANOVA, post hoc Tukey, $p<0.05$) in the software SigmaStat 3.5. All adolescents showed the curve of the lateral distance of the abdomen (DTA) inverse to the other curves. GE had a lower mobility of the anteroposterior distance of upper (DAPTS) and lower chest (DAPTI) in relation to the CG ($p=0,040$ and $p=0,004$). We conclude that male adolescents who are overweight have less anteroposterior mobility of the upper and lower chest when compared with male adolescents with normal BMI, requiring larger studies to see whether these findings can be applied to the adolescent population.

Keywords: body mass index, obesity, adolescent, thoracoabdominal, kinematics.

INTRODUÇÃO

O excesso de peso é uma epidemia mundial que pode desencadear diversos problemas de saúde como diabetes *mellitus*, insuficiência cardíaca, hipertensão arterial, apnéia obstrutiva do sono etc (HU et al., 2001; KENCHAIA et al., 2002; SARNO e MONTEIRO, 2007; MERCANTI et al., 2004). No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (censo 2008-2009), 27,6% dos adolescentes e 23,4% das adolescentes estão acima do peso ideal.

A obesidade na adolescência pode estar relacionada a um perfil clínico-metabólico desfavorável já que estes adolescentes apresentam níveis mais elevados de pressão arterial sistólica e diastólica, triglicerídeos, ácido úrico, e níveis mais reduzidos de colesterol HDL (CARNEIRO et al., 2000).

Distúrbios da função ventilatória também são comuns em indivíduos com sobrepeso e obesidade (RIBEIRO et al., 2007). Um dos riscos do excesso de peso para a saúde é a apnéia obstrutiva do sono, provocada pelo maior depósito de gordura nos tecidos moles da faringe e/ou pescoço. Além disso, obesos podem apresentar restrições mecânicas e doença pulmonar por deterioração da função em virtude do maior esforço necessário para movimentar a parede torácica (SALOME et al., 2010).

O aumento do IMC está associado a um padrão restritivo da função pulmonar em adultos obesos, como a diminuição da capacidade vital forçada, do volume expiratório forçado no primeiro segundo, da capacidade pulmonar total, da capacidade vital, do volume de reserva expiratório, da ventilação voluntária máxima e maior volume residual inspiratório (YU-FENG et al., 2009; RASSLAN et al., 2004; JONES e NZEKWU, 2006; COSTA et al., 2008). Entretanto, o aumento do IMC não está associado à diminuição da capacidade vital forçada e do volume expiratório forçado no primeiro segundo em crianças e adolescentes com excesso de peso (BORAN et al., 2007; OLIAN e LIMA, 2010).

Os volumes e capacidades pulmonares são influenciados pela mobilidade torácica e integridade das propriedades dos músculos respiratórios (SONEHARA et al., 2011). Consistindo a respiração em um ato dinâmico dependente da ação dos músculos respiratórios e decorrente primariamente da movimentação da caixa torácica, é importante o estudo da mobilidade toracoabdominal de indivíduos com

excesso de peso para saber se essa mobilidade é afetada diretamente pelo excesso de peso.

Alguns estudos utilizaram a cirtometria para avaliar a mobilidade toracoabdominal de indivíduos com excesso de peso (COSTA et al., 2003; COSTA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009). Por meio desse método foi verificado que crianças e adolescentes do sexo feminino com excesso de peso apresentam um coeficiente respiratório do perímetro basal do tórax (12ª costelas) menor em comparação com um grupo abaixo do IMC ideal e dentro do IMC ideal (ALBINO et al., 2005). Porém, como esse método consiste em medir os perímetros com uma fita métrica convencional segura pelo avaliador em volta da região torácica/abdominal, não permite a medição da mobilidade toracoabdominal no mesmo ciclo, além de depender da elasticidade da fita e da prática do avaliador e não permitir medir a movimentação em função do tempo.

O método da análise cinemática tridimensional da movimentação da caixa torácica durante a respiração composto por marcadores posicionados sobre as costelas e vértebras permite registrar, simultaneamente, as variações das distâncias transversais e anteroposteriores da caixa torácica (SARRO e BARROS, 2005).

Levando em consideração os efeitos deletérios sobre a mecânica ventilatória e capacidade pulmonar que o excesso de peso pode desencadear, e a relação existente entre os movimentos respiratórios do tórax e do abdome e os volumes pulmonares (MEAD et al., 1967), esta pesquisa tem como objetivo investigar, por meio da cinemetria, se o excesso de peso promove algum efeito deletério na mobilidade toracoabdominal de adolescentes não portadores de doenças respiratórias.

METODOLOGIA

Sujeitos e procedimento experimental

Participaram do estudo 6 adolescentes com excesso de peso (GE) e 6 adolescentes com peso normal (GC), todos do sexo masculino, sem afecções agudas do sistema respiratório, sem diagnóstico clínico de distúrbios posturais da coluna vertebral e com idade entre 12 e 17 anos (GE com média de 13,8±1,9 anos e GC com média 15,7±1,5 anos). Todos os adolescentes realizaram os procedimentos na presença do responsável legal e após o esclarecimento sobre a pesquisa e assinatura, pelo adolescente, do termo de assentimento informado e assinatura, pelo responsável, do termo de assentimento informado e termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXOS I e II). Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo (ANEXO III) e fez parte de um projeto mais amplo intitulado "Avaliação cardiorrespiratória de adolescentes com excesso de peso: respostas biomecânicas e fisiológicas ao treinamento".

O peso corporal foi medido em uma balança digital (SOEHNLE, Nassau, Alemanha) com precisão de 0,1 kg, com os indivíduos vestidos com camiseta e calção leves. A estatura foi medida utilizando o estadiômetro acoplado à balança, com precisão de 0,1 centímetro. A partir dessas duas variáveis, calculou-se o índice de massa corporal (IMC). Sobrepeso e obesidade foram definidos com base nos valores médios de IMC para idade e sexo, estabelecendo como ponto de corte o percentil > 85 e ≤ 97 para sobrepeso e > 97 para obesidade (WHO, 2007). O GE apresentou média de 28,2±5,08kg/m^2 e o GC apresentou média de 20,7±1,47kg/m^2).

Devido às diferenças anatômico-estruturais-funcionais a parede torácica foi dividida em tórax superior, tórax inferior e abdome. Foram posicionados 12 marcadores sobre pontos específicos do tórax e do abdome desnudos a fim de demarcar as regiões anteriores, posteriores e laterais do tórax e do abdome (FIG. 1). Os marcadores foram constituídos por esferas plásticas revestidas com fita refletiva e fixados na pele dos avaliados com fita dupla face antialérgica.

Para o cálculo da mobilidade torácica superior foram utilizadas as coordenadas de 4 marcadores posicionados sobre o tórax na linha da quinta costela. Para o cálculo da mobilidade torácica inferior foram utilizadas as coordenadas de 4

marcadores posicionados sobre o tórax na linha do processo xifóide. E para o cálculo da mobilidade do abdome foram utilizadas as coordenadas de 4 marcadores posicionados sobre o abdome na linha da cicatriz umbilical (FIG. 1).

Os sujeitos se posicionaram dentro de um volume calibrado, em posição ortostática, com os ombros abduzidos a aproximadamente 90 graus e as mãos apoiadas nas orelhas. Enquanto respiravam em capacidade vital (ciclos de inspirações máximas seguidas de expirações máximas), os avaliados foram filmados por 5 câmeras fixas posicionadas ao seu redor, a fim de obter a imagem de todos os marcadores simultaneamente (FIG. 2).

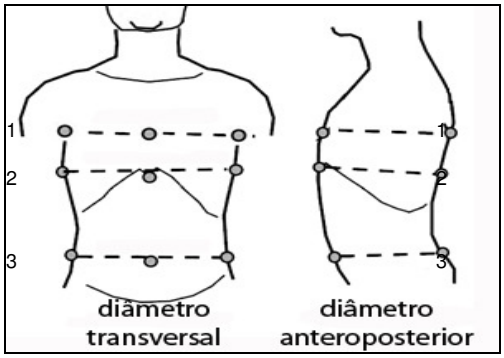

FIGURA 1 - Modelo de representação do posicionamento dos marcadores representando os diâmetros transversais e anteroposteriores do tórax superior (1), tórax inferior (2) e abdome (3).

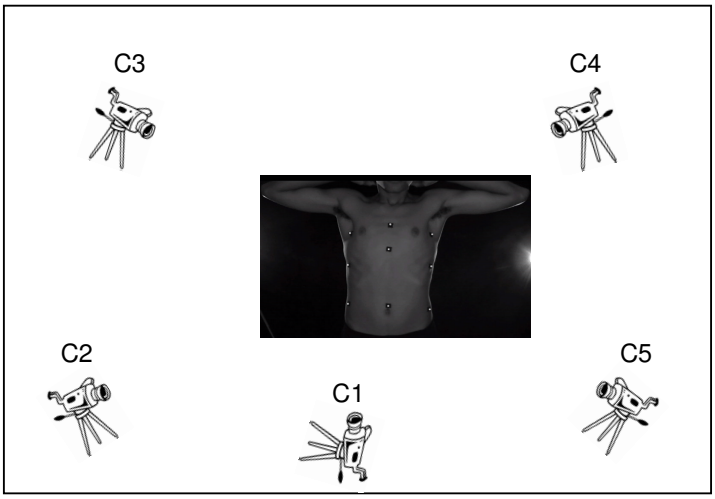

FIGURA 2 - Posicionamento das câmeras e do avaliado durante a realização do experimento.

Análise cinemática

O rastreamento dos marcadores nas imagens e a reconstrução tridimensional foram realizados pelo sistema para análise cinemática Dvideow (FIGUEROA et al., 2003), com frequência de análise de 60Hz. O rastreamento de todos os marcadores nas sequências de imagens foi feito de forma automática, ou seja, a partir da identificação de cada ponto manualmente e comando específico, no primeiro quadro da imagem, o software Dvideow identifica o posicionamento de cada marcador nos demais quadros.

Para a calibração, foram utilizados 4 fios de prumo com marcadores com posição conhecida. O procedimento de calibração foi feito através das equações básicas do método *Direct Linear Transformation* (ABDEL-AZIZ e KARARA, 1971), o qual está implementado no sistema Dvideow. Os parâmetros de calibração foram utilizados para a reconstrução das coordenadas tridimensionais dos marcadores em função do tempo.

Para verificar a acurácia do sistema, foi realizado um experimento reconstruindo-se o movimento no espaço de um corpo rígido com 2 marcadores fixos sobre ele. Foi, então, calculada a distância entre os mesmos de maneira direta e a partir das coordenadas tridimensionais obtidas pelo sistema Dvideow. Admitindo-se que os erros associados ao sistema têm distribuição normal, a acurácia (a) foi estimada pela seguinte expressão:

$$a^2 = b^2 + p^2 \qquad (1)$$

,em que b é a diferença entre o valor médio observado e o valor esperado (*bias*) e p é a precisão, dada pelo desvio-padrão das medidas. Esse sistema apresentou uma acurácia média de 0.37cm.

Variáveis experimentais

A mobilidade do tórax superior, tórax inferior e abdome foram representados pelas variações das distâncias lineares anteroposteriores e transversais, obtidas a partir do cálculo das coordenadas tridimensionais dos marcadores. Para eliminar os ruídos das imagens, antes da obtenção das distâncias

anteroposteriores e transversais, as coordenadas tridimensionais dos marcadores foram suavizadas através do filtro digital *butterworth*, com frequência de corte de 0.9 Hz, definida após análise de normalidade do resíduo.

Como são utilizadas as coordenadas tridimensionais dos marcadores, a distância obtida correspondeu à distância no espaço, e não à distância projetada, independendo do sistema de coordenadas utilizado como referência. Além disto, como as distâncias foram calculadas em função do tempo foi possível obter a variação das distâncias anteroposteriores e transversais da caixa torácica durante toda a respiração. A seguir encontra-se exemplificado o cálculo da distância entre dois marcadores quaisquer, representados pelo ponto m e n no espaço:

$$d_{mn}(t_i) = \left| \vec{P}_m(t_i) - \vec{P}_n(t_i) \right| \tag{2}$$

, onde t_i é o i-ésimo instante em que foi feita a medição.

Análise das variáveis

Para a análise estatística dos dados foram empregados os recursos da estatística descritiva (média e desvio padrão) para as medidas antropométricas de acordo com o estado nutricional (excesso de peso e peso normal).

Para caracterizar a variação da mobilidade torácica e abdominal foi calculado o coeficiente de variação da curva da distância transversal e anteroposterior em função do tempo do ciclo respiratório mais longo. Considerando que as percentagens e proporções não apresentam distribuição normal, foi aplicada aos resultados do coeficiente de variação a transformação arcoseno, de acordo com Zar (1999). O coeficiente de variação transformado foi comparado entre o grupo com excesso de peso e o grupo controle para cada variação de distância por meio do teste *t de Student* ($p<0,05$).

O cálculo das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome, a suavização das coordenadas tridimensionais, a obtenção do coeficiente de variação e a construção dos gráficos foram realizados por meio do *software MATLAB®*. A análise estatística foi realizada no *software SigmaStat 3.5*.

RESULTADOS

As Figuras 3 e 4 exemplificam, respectivamente, as variações das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome em função do tempo para os sujeitos do grupo controle (A, B, C, D, E e F) e do grupo com excesso de peso (G, H, I, J, K, L). Pode-se perceber que para todos os sujeitos, tanto do GC como do GE a curva da variação da DTA foi inversa às demais curvas.

A Figura 5 mostra diagramas de dispersão do IMC versus o coeficiente de variação (%) das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome para todos os sujeitos da amostra. O coeficiente de variação foi calculado a partir da média e desvio padrão das variações de distância da curva do ciclo respiratório mais longo de cada sujeito. Não é observável uma relação direta entre o aumento de IMC e a diminuição da mobilidade toracoabdominal, exceto para a distância anteroposterior do tórax superior e inferior.

A Figura 6 apresenta os valores médios e desvio padrão dos coeficientes de variação (%) das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome durante a realização de um ciclo respiratório em capacidade vital pelos adolescentes com e sem excesso de peso.

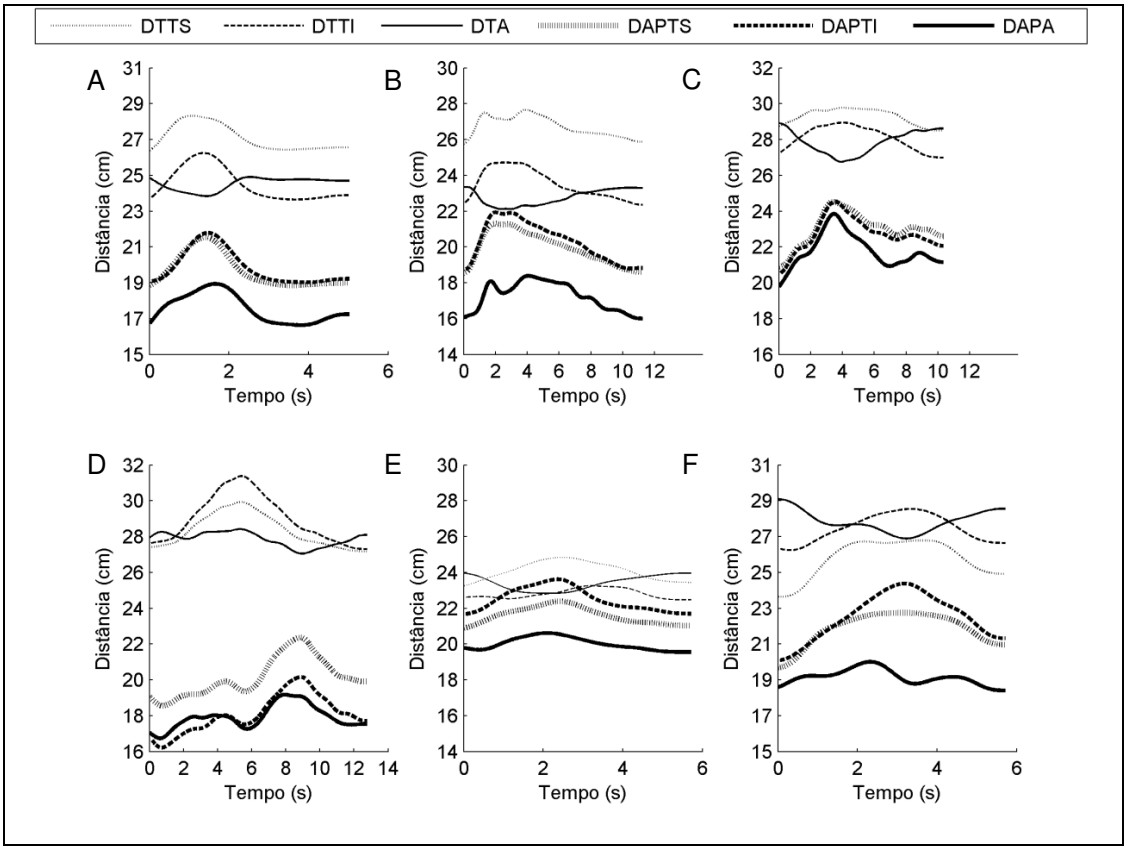

FIGURA 3 - Variação das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome em função do tempo para os sujeitos do grupo controle (A, B, C, D, E e F). DTTS= Distância Transversal do Tórax Superior; DTTI= Distância Transversal do Tórax Inferior; DTA= Distância Transversal do Abdome; DAPTS= Distância Anteroposterior do Tórax Superior; DAPTI= Distância Anteroposterior do Tórax Inferior; DAPA= Distância Anteroposterior do Abdome. Dados filtrados com o filtro digital Butterworth.

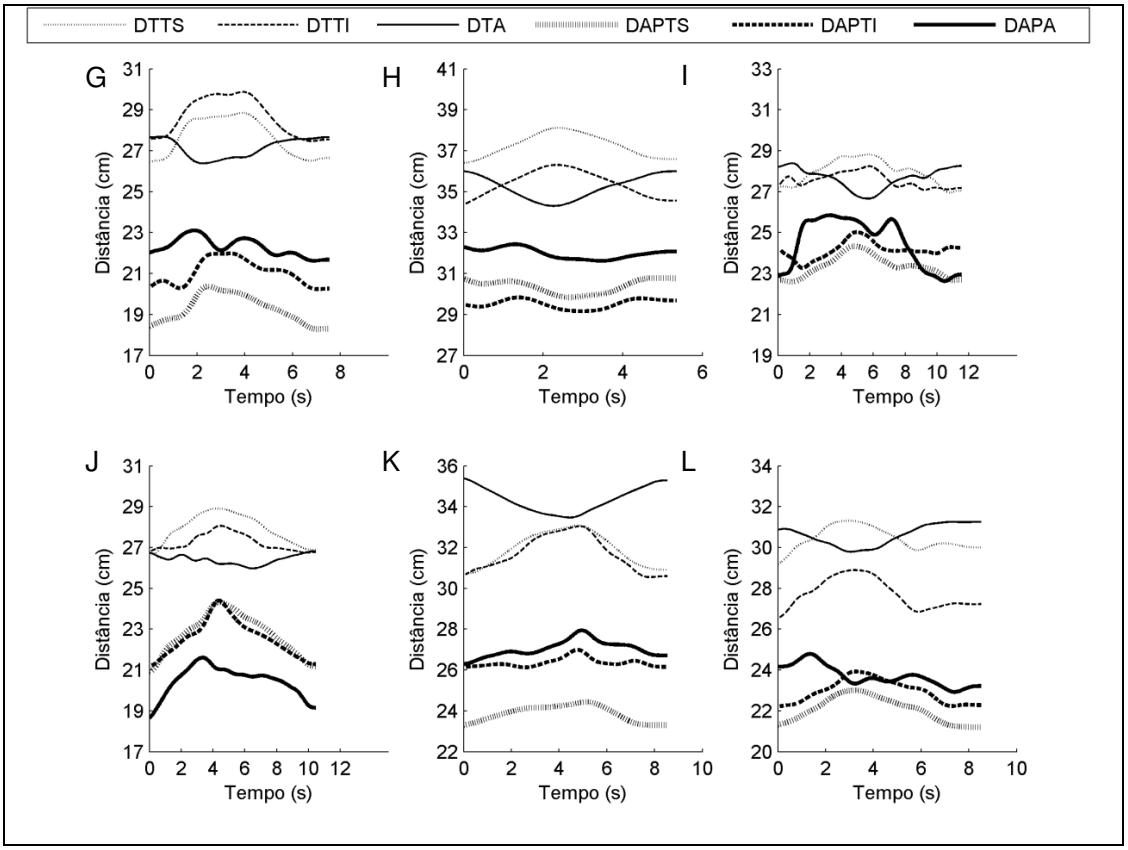

FIGURA 4 - Variação das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome em função do tempo para os sujeitos do grupo excesso de peso (G, H, I, J, K e L). DTTS= Distância Transversal do Tórax Superior; DTTI= Distância Transversal do Tórax Inferior; DTA= Distância Transversal do Abdome; DAPTS= Distância Anteroposterior do Tórax Superior; DAPTI= Distância Anteroposterior do Tórax Inferior; DAPA= Distância Anteroposterior do Abdome. Dados filtrados com o filtro digital Butterworth.

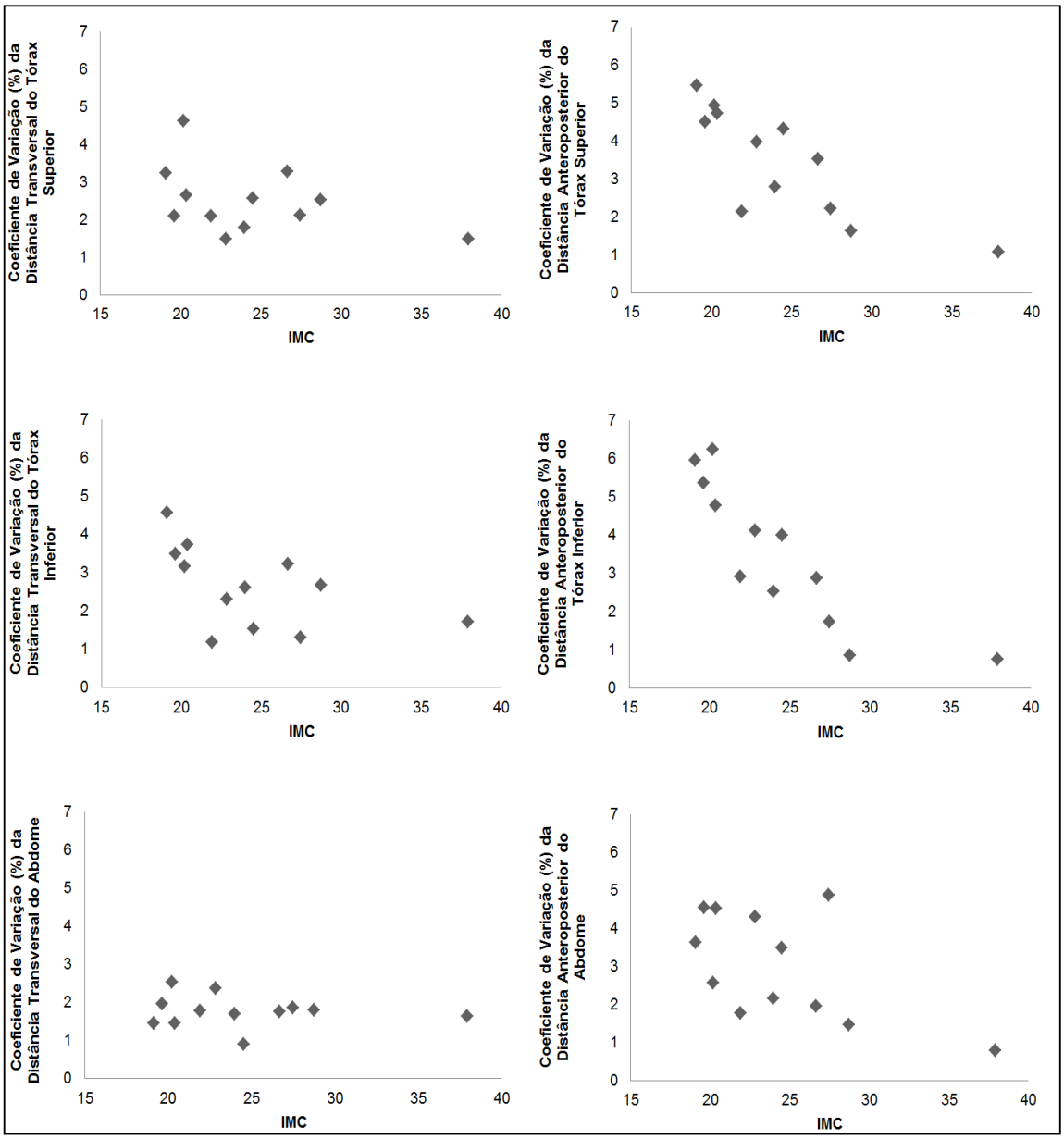

FIGURA 5 - Diagrama de dispersão do IMC versus o coeficiente de variação em percentagem das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome.

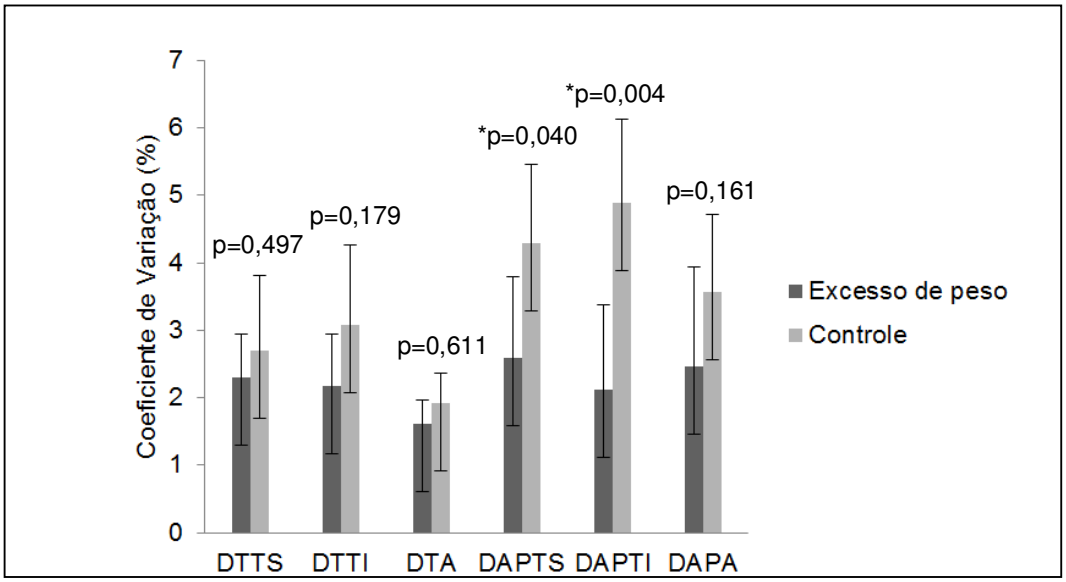

FIGURA 6 - Médias e desvio padrão do coeficiente de variação (%) das distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome dos adolescentes com e sem excesso de peso. DTTS= Distância Transversal do Tórax Superior; DTTI= Distância Transversal do Tórax Inferior; DTA= Distância Transversal do Abdome; DAPTS= Distância Anteroposterior do Tórax Superior; DAPTI= Distância Anteroposterior do Tórax Inferior; DAPA= Distância Anteroposterior do Abdome. *Diferença estatisticamente significativa (p<0,05).

O GC apresentou uma mobilidade anteroposterior do tórax superior e inferior significativamente maior do que o GE (*p=0,040* e *p=0,004*). Apesar de não ter diferença estatística para todas as distâncias transversais e anteroposteriores do tórax superior, tórax inferior e abdome, o GC apresentou médias de coeficiente de variação maiores do que as do GE em todas as variações de distância analisadas.

DISCUSSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo investigar por meio da cinemetria se a mobilidade toracoabdominal de adolescentes do sexo masculino é limitada pelo excesso de peso. O excesso de tecido adiposo leva a compressão mecânica sobre a caixa torácica, o diafragma, o pulmão e os músculos abdominais, causando redução de 14,3% da capacidade vital lenta nas crianças e adolescentes obesos (TEIXEIRA et al., 2009). Assim, esperava-se que os adolescentes com excesso de peso apresentassem uma menor mobilidade transversal e anteroposterior do tórax e do abdome.

A curva da distância transversal do abdome foi inversa em todos os sujeitos do estudo. Segundo Konno e Mead (1967) embora o compartimento torácico e abdominal se mova em unidade, cada um dos compartimentos apresenta independência de movimento. Entretanto, segundo Gallego et al (1997) quando existe assincronia na mobilidade toracoabdominal uma maior ativação dos músculos respiratórios é necessária e, consequentemente, maior é o consumo de energia. Esse padrão invertido entre a distância transversal do abdome e dos demais compartimentos pode ter acontecido por uma assincronia entre os músculos abdominais (expiratórios) e os músculos inspiratórios, ou pela má execução da manobra respiratória, visto que não é usual a realização de inspirações e expirações máximas.

Os adolescentes com excesso de peso apresentaram menor mobilidade anteroposterior do tórax superior e inferior. Albino et al (2005), utilizando-se da cirtometria, encontraram um menor coeficiente de respiração no perímetro xifóide em indivíduos do sexo masculino acima do peso desejável com idade entre 8 e 14 anos em relação a indivíduos com peso dentro do desejável. Entretanto, os autores classificaram os indivíduos baseados em uma tabela de IMC para adultos.

A menor mobilidade anteroposterior do tórax superior e inferior nos indivíduos obesos pode estar relacionada ao comprometimento da musculatura respiratória relacionado aos prejuízos mecânicos ligados à restrição da expansibilidade torácica nos obesos (CASTELLO et al., 2007).

Esse achado é importante, já que Mead et al (1967) dizem que as mudanças no diâmetro anteroposterior do tórax e abdome é quase linearmente relacionada às mudanças no volume pulmonar e Konno e Mead (1967) dizem que o

tórax é responsável por mais da metade da relação volume-movimento na capacidade vital. Apesar da capacidade vital não ser uma manobra respiratória que corresponda à respiração normal do indivíduo, Verschakelen e Demedts (1995) afirmam que os coeficientes volume-movimento durante a respiração tranquila para a caixa torácica é quase o dobro daquele para o abdome, reinterando a importância da mobilidade torácica para a respiração.

Não foi encontrada uma menor mobilidade anteroposterior do abdome nos adolescentes com excesso de peso. Talvez essa diferença esteja presente em adolescentes com IMC maior que o da amostra estudada, visto que indivíduos obesos apresentam músculo diafragma com posição mais superior (ZERAH et al., 1993) e este músculo atua com menor flexibilidade, podendo se tornar encurtado e incapaz de produzir tensão adequada (PELOSI et al., 1998).

Embora a obesidade interfira na movimentação do diafragma e na excursão da parede torácica (PEREIRA, 2002), neste estudo, a posição em que o teste foi realizado pode ter contribuído para ausência de diferença em todas as distâncias.

Gallego et al (1997) sugerem que a contribuição torácica para o volume corrente é predominantemente em pé ou sentado, enquanto o compartimento abdominal predomina na posição supina. Além disso, indivíduos obesos apresentam maior restrição quando se encontra sentado, podendo ser mais restritivo quando supino, devido ao aumento do efeito gravitacional decorrente do abdome volumoso (GIBSON, 2000 *apud* OLIVEIRA et al., 2006). E como nesse estudo os voluntários realizaram os testes em pé, com os braços abduzidos a aproximadamente 90 graus, o deslocamento do tecido adiposo pode ter contribuído para a não diferença em todas as variáveis da mobilidade toracoabdominal aqui analisadas.

Apesar dos valores médios do coeficiente de variação para todas as distâncias serem maiores no GC, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para as distâncias transversais do tórax e do abdome. Isso também pode estar relacionado à posição em que o teste foi realizado, já que a abdução dos ombros já favorece um deslocamento transversal da caixa torácica. Além disso, o fato da amostra ser pequena pode ter sido relevante para a ausência de diferença na mobilidade transversal do tórax e do abdome e anteroposterior do abdome.

Devido à obesidade ser uma doença crônica metabólica que predispõe o organismo a diversas doenças e a sua persistência da adolescência para a fase

adulta estar estimada em 65% para o sexo masculino no Brasil (CONDE e BORGES, 2011), é de extrema importância que intervenções para a perda de peso sejam realizadas ainda na adolescência, perspectivando uma melhor qualidade de vida para esses sujeitos.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, podemos concluir que os adolescentes com excesso de peso do sexo masculino estudados neste trabalho apresentam menor mobilidade anteroposterior do tórax superior e inferior durante respirações em capacidade vital na posição ortostática quando comparados com adolescentes com IMC normal. Estudos com amostras maiores se fazem necessários para verificar se os achados se aplicam a população adolescente do Brasil e se são semelhantes nas adolescentes.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y. I.; KARARA, H. M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. *Proc. ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry*, 1971.

ALBINO, S. P. et al. *Análise comparativa da mobilidade torácica quanto ao índice de massa corporal em indivíduos com idade na faixa etária entre 8 a 14 anos de ambos os sexos*. In: IX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E V ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA, 2005. Disponível em: <http://biblioteca.univap.br/dados/INIC/cd/epg/epg4/epg4-74.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2012.

BORAN P. et al. Impact of obesity on ventilatory function. *Jornal de Pediatria*, Porto Alegre, v. 83, n. 2, p. 171-176, 2007.

CARNEIRO, J. R. I. et al. Obesidade na Adolescência: Fator de Risco para Complicações Clínico-Metabólicas. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, São Paulo, v. 44, n. 5, p. 390-396, 2000.

CASTELLO, V. et al. Força muscular respiratória é marcantemente reduzida em mulheres obesas mórbidas. *Arquivos Médicos do ABC*, Santo André, v. 32, n. 2, p. 74-77, 2007.

CONDE, W. L. BORGES, C. O risco de incidência e persistência da obesidade entre adultos brasileiros segundo seu estado nutricional ao final da adolescência. *Rev Bras Epidemiol*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 71-79, 2011.

COSTA, D. et al. Avaliação da força muscular respiratória e amplitudes torácicas e abdominais após o RFR em indivíduos obesos. *Revista Latino Americana de Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 156-160, 2003.

COSTA, D. et al. Estudo dos volumes pulmonares e da mobilidade toracoabdominal de portadoras de obesidade mórbida, submetidas à cirurgia bariátrica, tratadas com duas diferentes técnicas de fisioterapia. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 13, n. 4, p. 294-300, jul./ago. 2009.

COSTA, D. et al. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. *Clinics*, São Paulo, v. 63, n. 6, p. 719-724, 2008.

FIGUEROA, P. J., LEITE, N. J.; BARROS, R. M. L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Computer Methods and Programs in Biology*, v. 72, n. 2, p. 155-165, 2003.

GALLEGO, J. et al. Influence of thoracoabdominal pattern of breathing on respiratory resistance. *Respiration Physiology*, v. 108, p. 143-152, 1997.

HU, F. B. et al. Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. *New Englande Journal of Medicine*, Waltham, v. 345, n. 11, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1699&id_pagina=1>. Acesso em: 22 mai. 2011.

JONES, R. L.; NZEKWU, M. U. The Effects of Body Mass Index on Lung Volumes. *Chest*. Northbrook, v. 130, n. 3, p. 827-833, set. 2006.

KENCHAIAH, S. et al. Obesity and the Risk of Heart Failure. *Englande Journal of Medicine*, Waltham, v. 347, n. 5, p. 305-313, 1 ago. 2002.

KONNO K, MEAD J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 22, n. 3, p. 407-422, 1967.

MEAD, J.; PETERSON, N.; GRIMBY, G. Pulmonary ventilation measured from body surface movements. *Science*, Washington, v. 156, n. 780, p. 1383-1384, 1967.

MERCANTI, L. B. et al. DERMATOGLIFIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL EM APNÉIA OBSTRUTIVA DO SONO. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, São Paulo, v. 62, v. 3, p. 858-864, 2004.

OLIAN, L. A.; LIMA, M. C. Influência da obesidade infantil e do adolescente sobre a função pulmonar. In: IV SEMINÁRIO DE FISIOTERAPIA UNIAMÉRICA: INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Foz do Iguaçu, 2010.

OLIVEIRA, F. B. de et al. Análise do efeito da obesidade sobre as propriedades resistivas e elásticas do sistema respiratório por oscilações forçadas. *Pulmão-RJ*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 219-223, 2006.

PELOSI, P. et al. The effects of body mass on lung volumes, respiratory mechanics, and gas exchange during general anesthesia. *Anesthesia e Analgesia*, San Francisco, v. 87, n. 3, p. 654-660, 1998.

PEREIRA, C. A. de C. Espirometria. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, Brasília, v. 28, p. 44, out. 2002.

RASSLAN, Z. et al. Avaliação da função pulmonar na obesidade graus I e II. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, Brasília, v. 30, n. 6, p. 508-514, nov./dez. 2004.

RIBEIRO, G. F. et al. Avaliação da função pulmonar em indivíduos obesos assintomáticos respiratórios: correlação entre dados antropométricos e espirométricos. *Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia*, São Paulo, v. 30, n. 6, 2007.

RODRIGUES, M. D.; MORAES, B. F.; FORTI, E. M. P. Força Muscular Respiratória e Mobilidade Torácica em Obesas Mórbidas e Eutróficas. *7ª Mostra Acadêmica UNIMEP*, 2009. Disponível em: <http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/7mostra/4/77.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2011.

SALOME, C. M., KING, G. G; BEREND, N. Physiology of obesity and effects on lung function. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 108, p. 206-211, jan. 2010.

SARNO, F.; MONTEIRO, C. A. Importância relativa do Índice de Massa Corporal e da circunferência abdominal na predição da hipertensão arterial. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 41, n. 5, p. 788-796, 2007.

SARRO, K. J.; BARROS, M. L. B. Análise das variações ântero-posteriores e transversais da caixa torácica durante a respiração usando videogrametria. *Brazilian Journal of Biomechanics*, São Paulo, ano 6, n. 10, mai. 2005.

SONEHARA, E. Efeitos de um programa de reabilitação pulmonar sobre mecânica respiratória e qualidade de vida de mulheres obesas. *Fisioterapia em Movimento.* Curitiba, v. 24, n. 1, p. 13-21, jan./mar. 2011.

TEIXEIRA, V. S. S. et al. Avaliação do efeito da obesidade infantil e a do adolescente sobre as propriedades ventilométricas e força muscular do sistema respiratório. *ConScientiae Saúde*, v. 8, n. 1, p. 35-40, 2009.

VERSCHAKELEN, J. A.; DEMEDTS, M. G. Normal Thoracoabdominal Motions. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Nova Iorque, v. 151, p. 399-405, 1995.

WORD HEALTH ORGANIZATION. *Growth reference data for 5-19 year*. 2007. Disponível em: <http://www.who.int/growthref/en/>. Acesso em: 18 mai. 2012.

YU-FENG, W. et al. The Impact of Various Anthropometric Measurements of Obesity on Pulmonary Function in Candidates for Surgery. *Obesity Surgery*, Nova Iorque, v. 20, p. 589-594, 2010.

ZAR, J. H. *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall. 1999. 663 p.

ZERAH F. et al. Effects of obesity on resistance. *Chest*, Northbrook, v. 103, n. 5, 1993.

ANEXO I – Termo de assentimento informado (menores de 18 anos)

TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO

Assentimento informado para _____
Nome da criança/adolescente :
_____

Este formulário de assentimento informado é para adolescentes entre as idades de 12 e 18 anos que comparecerão ao Laboratório de Fisiologia do Exercício do Centro de Educação Física e Desportos da UFES e que estamos convidando a participar da pesquisa "Avaliação cardiorrespiratória de adolescentes com excesso de peso: respostas biomecânicas e fisiológicas ao treinamento".

Parte I

Introdução
Meu nome é Karine, sou professora e pesquisadora no Centro de Educação Física e Desportos da UFES. Meu trabalho é investigar aspectos relacionados à respiração e ao exercício, e sou responsável pela pesquisa chamada "Avaliação cardiorrespiratória de adolescentes com excesso de peso: respostas biomecânicas e fisiológicas ao treinamento". Essa pesquisa busca saber como o sistema respiratório de adolescentes com excesso de peso se comporta durante o exercício e se o treinamento físico pode melhorar esse comportamento. Eu vou informar você e convidá-lo a participar desta pesquisa. Você pode escolher se quer participar ou não. Discutimos esta pesquisa com seus pais ou responsáveis e eles sabem que também estamos pedindo seu acordo. Se você vai participar na pesquisa, seus pais ou responsáveis também terão que concordar. Mas se você não desejar fazer parte na pesquisa, não é obrigado, até mesmo se seus pais concordarem. Você pode discutir qualquer coisa deste formulário com seus pais, amigos ou qualquer um com quem você se sentir a vontade de conversar. Você pode decidir se quer participar ou não depois de ter conversado sobre a pesquisa e não é preciso decidir imediatamente. Pode haver algumas palavras que não entenda ou coisas que você quer que eu explique mais detalhadamente porque você ficou mais interessado ou preocupado. Por favor, peça a qualquer momento e eu explicarei.

Objetivos – Queremos identificar maneiras mais adequadas de prescrever exercícios físicos para adolescentes com excesso de peso. Para isso precisamos analisar como se comporta o sistema cardiorrespiratório desses adolescentes e verificar como esse comportamento é alterado após um período de treinamento com exercícios. Com isso esperamos poder prescrever exercícios de maneira mais segura para melhorar a saúde de adolescentes com excesso de peso.

Escolha dos participantes – Estamos investigando o comportamento do sistema cardiorrespiratório em resposta à prática de exercício físico em adolescentes que são da sua idade, entre 12 e 18 anos. Vamos realizar o treinamento físico com adolescentes com excesso de peso que não estejam tomando nenhum remédio, que não fumem e nem consumam bebidas alcoólicas.

Voluntariedade de Participação – Você não precisa participar desta pesquisa se não quiser. É você quem decide. Se decidir não participar da pesquisa, é seu direito e nada mudará no seu tratamento de saúde. Até mesmo se disser " sim " agora, poderá mudar de idéia depois, sem nenhum problema. Se qualquer coisa mudar e nós quisermos que você participe da pesquisa até mesmo se você quiser parar, nós falaremos primeiro com você.

Procedimentos – Nós vamos avaliar seu sistema cardiorrespiratório enquanto você caminha em uma esteira ergométrica. Para isso você deverá respirar em uma máscara colocada na sua boca e nariz. Esta máscara estará ligada a um computador que fará a análise. Também colocaremos no seu tronco uma série de bolinhas plásticas. Elas serão coladas com uma fita adesiva e serão usadas para avaliar os movimentos do seu tronco. Para isso, você será filmado enquanto pedala. Alguns dias depois da avaliação você vai começar um treinamento com exercícios físicos no laboratório. Você deverá ir ao

laboratório 3 vezes por semana para realizar os exercícios com um professor de educação física durante 12 semanas. Após esse período vamos repetir os testes na esteira ergométrica.

Riscos – Os testes realizados em você são seguros e já foram realizados antes em outras pessoas. Para evitar alergia as bolinhas serão coladas com uma fita adesiva antialérgica. As suas imagens que serão filmadas durante a avaliação serão vistas apenas pelos pesquisadores que trabalham na pesquisa e por ninguém mais.

Desconfortos – Você poderá sentir um pouco de falta de ar e cansaço durante o teste, isso é normal e haverá um médico sempre por perto. Esses sintomas passam logo depois do teste. Sempre fale quando se sentir estranho ou sentir algo diferente.

Você entendeu os riscos e desconfortos da pesquisa?

____ sim____ não.

Benefícios – Participando desta pesquisa você poderá melhorar o desempenho do seu sistema cardiorrespiratório e melhorar sua saúde através da prática de exercícios físicos. Você ainda estará ajudando a mostrar os benefícios da prática de exercícios para o sistema cardiorrespiratório e a encontrar uma maneira mais segura de prescrever exercícios físicos para outros adolescentes com excesso de peso.

Confidencialidade – Não falaremos para outras pessoas que você está nesta pesquisa e também não compartilharemos informação sobre você para qualquer um que não trabalha na pesquisa. Depois que a pesquisa acabar, os resultados serão informados para você e para seus pais.
As informações sobre você serão coletadas na pesquisa e ninguém, exceto os investigadores poderão ter acesso a elas. Qualquer informação sobre você terá um número ao invés de seu nome. Só os investigadores saberão qual é o seu número e manteremos em sigilo. Ela não será compartilhada com quem quer que seja, exceto alguém que tenha permissão de acesso à informação, tais como: patrocinadores de pesquisa, órgãos governamentais, o seu médico, etc.

Divulgação dos resultados – Quando terminarmos a pesquisa, falaremos para você e seus pais sobre o que aprendemos com a pesquisa. Eu lhe darei um papel com os resultados por escrito. Depois, iremos falar com mais pessoas, cientistas e outros, sobre a pesquisa. Faremos isto escrevendo e compartilhando relatórios, escrevendo os resultados em revistas que falam sobre pesquisa e indo para reuniões com pessoas que estão interessadas no trabalho que fazemos.

Direito de recusa ou retirada do assentimento informado – Você não tem que estar nesta pesquisa se não quiser. Ninguém estará furioso ou desapontado com você se você disser não, a escolha é sua. Você pode pensar nisto e falar depois se você quiser. Você pode dizer " sim " agora e mudar de idéia depois e tudo continuará bem.

Contato –Você pode me perguntar agora ou depois fazer as perguntas para as outras pessoas envolvidas na pesquisa. Eu escrevi um número de telefone e endereço onde você pode nos localizar ou, se você estiver por perto, você poderá vir e nos ver. Se você quiser falar com outra pessoa tal como o seu médico ou alguém da família, não tem problema.

Parte II - Certificado do Assentimento

Eu entendi que a pesquisa busca saber como o sistema cardiorrespiratório de adolescentes com excesso de peso se comporta durante o exercício e se o treinamento físico pode melhorar esse comportamento. Eu entendi que terei que fazer alguns testes respirando em uma máscara e que serei filmado enquanto caminho. Entendi também que terei que praticar exercícios físicos com um professor de educação física 3 vezes por semana durante 12 semanas.

Assinatura da criança/adolescente:_____

Assinatura dos pais/responsáveis:_____

Ass. Pesquisador:_____

Dia/mês/ano:_____

Contato:

Karine Jacon Sarro – Centro de Educação Física e Desportos/UFES

Av. Fernando Ferrari, 514 - Campus UniversitárioGoiabeiras – Vitória – ES

E-mail: ksarro@gmail.com

telefone (27) 3335-2624

ANEXO II – Termo de consentimento (pais ou responsáveis)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(REPRESENTANTE LEGAL DO MENOR DE 18 ANOS)

Eu, _____, idade _____, endereço _____, profissão _____, RG _____, declaro ter conhecimento sobre a pesquisa "Avaliação cardiorrespiratória de adolescentes com excesso de peso: respostas biomecânicas e fisiológicas ao treinamento", que tem como objetivo investigar as respostas metabólicas e cardiorrespiratórias, a mobilidade do tórax e do abdome e os padrões respiratórios de adolescentes com excesso de peso submetidos a um programa de exercícios físicos. Estou ciente que o menor que represento deverá:

- respirar em uma máscara colocada na sua boca e nariz enquanto caminha em uma esteira ergométrica, para a avaliação do seu sistema cardiorrespiratório;
- ser filmado com um conjunto de marcadores (esferas plásticas) colados sobre seu tronco com fita adesiva antialérgica, para avaliação dos seus movimentos respiratórios.
- Ir ao Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFES 3 vezes por semana para realizar exercícios físicos, durante 12 semanas.

Também estou ciente dos riscos e benefícios envolvidos com a sua participação na pesquisa e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento caso mude de idéia sem correr nenhum risco.

Autorizo voluntariamente a participação do menor _____ (idade _____) e a divulgação no meio científico dos dados obtidos pela sua participação estando ciente de que sua identidade não será revelada, sabendo que as imagens obtidas pela filmagem e os dados coletados estarão sob o resguardo científico e o sigilo profissional, e contribuirão para o alcance dos objetivos deste trabalho.

Tenho conhecimento que para qualquer esclarecimento ou reclamação posso ligar para:

Karine Jacon Sarro – Centro de Educação Física e Desportos/UFES

Av. Fernando Ferrari, 514 - Campus Universitário Goiabeiras – Vitória – ES

E-mail: ksarro@gmail.com

telefone (27) 3335-2624

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP: Telefone – (27) 3335-7211

E-mail: cep@ccs.ufes.br ou CEP.ufes@hotmail.com

www.ccs.ufes.br/cep

Assinatura dos pais/responsáveis:_____

Ass. Pesquisador:_____

Dia/mês/ano:_____

ANEXO III – Declaração de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo do projeto de pesquisa "Avaliação cardiorrespiratória de adolescentes com excesso de peso: respostas biomecânicas e fisiológicas ao treinamento"

comitê de ética em pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Vitória-ES, 05 de julho de 2011.

De: Prof. Dr. Adauto Emmerich Oliveira
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde

Para: Prof. (a) Karine Jacon Sarro
Pesquisador (a) Responsável pelo Projeto de Pesquisa **nº. 121/11** intitulado **"Avaliação cardiorrespiratória de adolescentes com excesso de peso: respostas biomecânicas e fisiológicas ao treinamento".**

Senhor (a) Pesquisador (a),

Informamos a Vossa Senhoria, que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, após analisar o Projeto de Pesquisa **nº. 121/11** intitulado **"Avaliação cardiorrespiratória de adolescentes com excesso de peso: respostas biomecânicas e fisiológicas ao treinamento"** e o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido,** cumprindo os procedimentos internos desta Instituição, bem como as exigências das Resoluções 196 de 10.10.96, 251 de 07.08.97 e 292 de 08.07.99, **APROVOU** o referido projeto, em Reunião Ordinária realizada em 29 de junho de 2011.

Lembramos que, cabe ao pesquisador responsável elaborar e apresentar os relatórios parciais e finais de acordo com a resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196 de 10/10/96, inciso IX.2. letra "c".

Atenciosamente,

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFES

Av. Marechal Campos, 1468 – Maruípe – Vitória – ES – CEP 29.040-091.
Telefax: (27) 3335 7211