



UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

Análise 3-D da cinemática escapular e do ritmo escápulo-umeral durante a elevação e a depressão do braço em crianças típicas e adultos saudáveis

Fernanda Assis Paes Habechian

2013

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FERNANDA ASSIS PAES HABECHAN

Análise 3-D da cinemática escapular e do ritmo
escápulo-umeral durante a elevação e a
depressão do braço em crianças típicas e
adultos saudáveis

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Metodista de Piracicaba para obtenção do título de mestre em Fisioterapia. Área de concentração: Intervenção Fisioterapêutica. Linha de Pesquisa: Plasticidade Neuromuscular e Desenvolvimento Neuromotor.

Orientadora: Prof. Dra. Paula Rezende Camargo

PIRACICABA
2013

H113a Habechian , Fernanda Assis Paes.

Análise 3-D da cinemática escapular e do ritmo escápulo-umeral durante a elevação e a depressão do braço em crianças típicas e adultos saudáveis. / Fernanda Assis Paes Habechian. – Piracicaba, SP: [s.n.], 2013.

56 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia - Universidade Metodista de Piracicaba

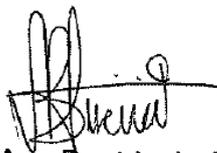
Orientador: Profa. Dra. Paula Rezende Camargo.

Os membros da Banca Examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado de **FERNANDA ASSIS PAES HABECHAN** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, em Sessão Pública realizada em Ao primeiro dia do mês de fevereiro de 2013, consideraram o(a) candidato(a) aprovado(a).

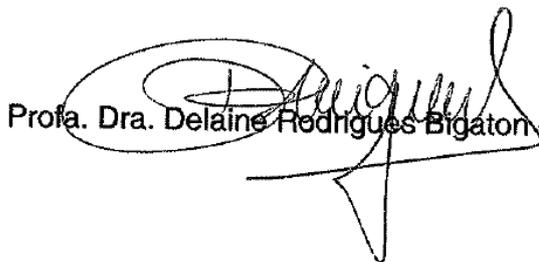
BANCA EXAMINADORA:



Profa. Dra. Paula Rezende Camargo - UNIMEP



Profa. Dra. Ana Beatriz de Oliveira - UFSCar



Profa. Dra. Delaine Rodrigues Bigaton - UNIMEP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Antonio e Celina Iemma. Pelo carinho e apoio, através dos quais consegui alcançar mais esse passo tão importante em minha vida!

AGRADECIMENTOS

À Deus por esse presente maravilhoso que ele me concedeu: a VIDA, na qual Ele está sempre ao meu lado e continua me presenteando diariamente com bênçãos maravilhosas.

À minha mãe Celina, minha primeira e eterna professora, sem a qual nada disso seria possível! Obrigada mãe por me deixar fazer parte da sua vida. Obrigada pelo carinho, amor, compreensão e paciência.

Ao meu pai Antonio, que me fez enxergar além do que eu acreditava que conseguiria! Muito obrigada pelos princípios maravilhosos que me fazem hoje ser quem sou.

Ao Beto Zamunér, que sempre me apoiou e me incentivou a chegar até aqui, me socorrendo nas horas de desespero, me ensinando muito do que sei hoje na fisioterapia.

Às minhas avós Lydia e Lígia, minha sogra Maria Luiza e meu sogro “Gaúcho”, pelo carinho e apoio que sempre me deram!

À Profa. Dra. Paula Rezende Camargo, que além de orientadora foi uma grande amiga! Obrigada pelos aprendizados que me proporcionou nesses dois anos, por me fazer chegar aonde cheguei e por ter me dado a oportunidade de conhecer e me apaixonar por essa nova área da fisioterapia!

À Profa. Dra. Tania de Fátima Salvini, que me cedeu o laboratório para que este trabalho fosse realizado. Muito obrigada!

Às minhas amigas Amanda e Laisa, as quais fazem dos meus dias de estudo, há seis anos, mais colorido e divertido com suas companhias. Obrigada pelo carinho, apoio e compreensão.

À Luciane e Giovanna, que me ajudaram com as coletas, uma das partes mais difíceis do trabalho, porém com elas tudo se tornava mais fácil! Obrigada!

À Capes, pelo auxílio financeiro, sem o qual seria impossível a realização do mestrado.

À todas as pessoas que participaram do trabalho e da minha vida e me ajudaram a chegar até aqui.

Aos meus voluntários, crianças e adultos, pela ajuda, compreensão e confiança no meu trabalho. Sem eles nada disso teria sido possível!

"Aprender é a única coisa
de que a mente nunca se
cansa, nunca tem medo e
nunca se arrepende".

Leonardo Da Vince

RESUMO

A cinemática adequada da escápula no tórax é essencial para a função normal do ombro, e esta já está bem descrita em adultos saudáveis. Estudos que analisem a cinemática escapular em crianças típicas ainda são incipientes na literatura. Dessa forma, conhecendo os padrões de movimento da escápula em crianças típicas espera-se contribuir para alcançar maior sucesso na reabilitação de crianças com disfunções no complexo do ombro secundárias a doenças neurológicas. Assim sendo, o objetivo do estudo foi comparar a cinemática escapular 3-D e o ritmo escápulo-umeral durante a elevação e depressão do braço no plano da escápula em crianças típicas e adultos saudáveis. Para isso foram selecionadas 33 crianças (15 meninas e 18 meninos; $9,1 \pm 1,5$ anos; $1,4 \pm 0,1$ m; $35,4 \pm 10,4$ kg) e 26 adultos (14 mulheres e 12 homens; $35,3 \pm 11,6$ anos; $1,7 \pm 0,1$ m; $70 \pm 12,3$ kg) sem históricos de patologias no ombro ou cervical. Os participantes foram submetidos à avaliação 3-D da cinemática escapular por meio de um dispositivo eletromagnético. Foram realizadas 3 repetições de elevação e depressão do braço no plano da escápula. Os dados foram analisados a 30° , 60° , 90° e 120° de elevação e depressão do braço. As rotações da escápula foram descritas na seguinte ordem: rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação posterior/anterior. O ritmo escápulo-umeral foi calculado de 30° a 120° de elevação e de 120° a 30° de depressão do braço e também a cada 30° de incremento na elevação (30° - 60° , 60° - 90° , 90° - 120°) e na depressão (120° - 90° , 90° - 60° , 60° - 30°) do braço. Para a análise estatística o teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para testar a normalidade dos dados. Foi realizada ANOVA 3-way para medidas repetidas. Na presença de interação na 3-way, uma ANOVA 2-way para medidas repetidas foi realizada para cada fase (elevação e depressão), separadamente. Post hoc de Bonferroni foi usado quando necessário e considerou-se como nível de significância $p < 0,05$. Os resultados do presente estudo mostraram que as crianças apresentam menor rotação interna a 120° durante a elevação do braço comparadas aos adultos ($F=5,12$; $p=0,002$) e apresentam maior inclinação anterior a 60° , 90° e 120° comparadas aos adultos ($F=2,85$; $p=0,03$). Observou-se também que a inclinação anterior é maior a 30° e 60° na depressão do braço comparado a elevação ($F=3,92$; $p=0,009$). As crianças apresentaram também maior ritmo escápulo-umeral de 90° - 60° comparadas aos adultos ($F=7,17$; $p=0,01$). Conclui-se portanto que foram encontradas diferenças na cinemática escapular entre crianças típicas e adultos saudáveis durante a elevação e a depressão do braço no plano da escápula.

Palavras- Chave: Biomecânica, ombro, criança, fisioterapia.

ABSTRACT

The adequate scapular kinematics on the thorax play important role on normal function of the shoulder and this is well described in healthy adults. Studies on scapular kinematics in typical children are still scarce in the literature. Knowing the scapular patterns in typical children is expected to contribute to more successful results in the rehabilitation of children with shoulder disorders. This study aimed to compare the 3-D scapular kinematics and scapulohumeral rhythm during the elevation and lowering of the arm in the scapular plane in typical children and healthy adults. Thirty-three typical children (15 girls and 18 boys; $9,1 \pm 1,5$ years; $1,4 \pm 0,1$ m; $35,4 \pm 10,4$ kg) and 26 adults (14 females and 12 males; $35,3 \pm 11,6$ years; $1,7 \pm 0,1$ m; $70 \pm 12,3$ kg) participated in this study. All of them had no shoulder or neck disorders. Three-dimensional kinematics were obtained using the electromagnetic tracking device. The subjects were asked to elevate and lower their arm in three repetitions. Scapular kinematics was analyzed at 30° , 60° , 90° and 120° of elevation and lowering of the arm. For the scapula, the rotations were described in the order of internal/external rotation, upward/downward rotation and anterior/posterior tilt. The scapulohumeral rhythm was calculated from 30° to 120° of humerothoracic elevation, from 120° to 30° of humerothoracic lowering, and at 30° increments for elevation ($30^\circ - 60^\circ$, $60^\circ - 90^\circ$, $90^\circ - 120^\circ$) and lowering ($120^\circ - 90^\circ$, $90^\circ - 60^\circ$, $60^\circ - 30^\circ$) of the arm. For the statistical analysis the Shapiro-Wilk test was used to check the normality of the data. A 3-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used. In the presence of the 3-way interaction, a 2-way repeated measures ANOVA was conducted for each phase (elevation and lowering), in separate. The Bonferroni test for post hoc analysis was used when necessary. A p value of less than 0.05 was considered significant. The results showed that children had less internal rotation at 120° of humeral elevation compared to adults ($F=5.12$; $p=0.002$). Children also presented more anterior tilt at 60° , 90° and 120° than adults ($F=2.85$; $p=0.03$). More anterior tilt was also seen during lowering of the arm as compared to elevation at 30° and 60° . Children also showed more scapulohumeral rhythm than adults at $90^\circ - 60^\circ$ ($F=7.17$; $p=0.01$). We conclude that there are differences in the scapular kinematics between typical children and healthy adults during the elevation and lowering of the arm in the scapular plane.

Key words: Biomechanics, shoulder, child, physical therapy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 DESENHO DO ESTUDO	20
3.2 CASUÍSTICA	20
3.2.1 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS VOLUNTÁRIOS.....	21
3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	22
3.3.1 LOCAL DA PESQUISA	23
3.3.2 INSTRUMENTAÇÃO.....	23
3.3.3 COLETA DA CINEMÁTICA	25
3.3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS	29
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
4 RESULTADOS	31
5 DISCUSSÃO	36
6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXO 1.....	50
ANEXO 2.....	51

APÊNDICE 1..... 52

APÊNDICE 2..... 54

1 INTRODUÇÃO

O complexo do ombro é composto pela clavícula, escápula, úmero e cinco articulações interdependentes que são classificadas em articulações verdadeiras (esternoclavicular, acromioclavicular e glenoumeral) e articulações funcionais (espaço subacromial e escapulotorácica) (Terry e Chopp, 2000; Ludewig e Borstad, 2005).

São essas articulações, mais especificamente a esternoclavicular, que ligam o membro superior ao tronco e formam o complexo do ombro, cujo principal objetivo é movimentar e posicionar a mão para realização das atividades funcionais. As articulações citadas acima, juntamente com os movimentos do tronco, podem contribuir para a elevação de 180° dos membros superiores (Ludewig e Borstad, 2005).

A escápula faz contato com o tórax por meio da articulação escapulotorácica, cujos movimentos ocorrem através da combinação de movimentos das articulações esternoclavicular e acromioclavicular (Teece et al., 2008; Ludewig e Braman, 2010). O movimento escapular é de extrema importância para maximizar a congruência da articulação glenoumeral e também para fornecer uma base estável para a movimentação do úmero (Kibler e McMullen, 2003).

A articulação glenoumeral é composta pela grande cabeça do úmero e a rasa cavidade da glenóide (Inman et al., 1944; Ludewig e Borstad, 2005; Jobe, Phipatanakul e Coen, 2009; Ludewig et al., 2009). Sendo assim, ela apresenta uma pobre congruência articular e devido a isso é susceptível a alterações degenerativas, instabilidade e disfunções (Terry e Chopp, 2000; Ludewig e Borstad, 2005).

Tanto a posição quanto o controle da escápula no tórax são essenciais para o funcionamento normal do complexo do ombro. Diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de compreender a cinemática escapular e o quanto esta pode interferir no funcionamento do complexo do ombro (Inman et al., 1944; Ludewig e Cook, 2000; Karduna et al., 2001; McClure et al., 2001; Ludewig et al., 2009; Yano et al., 2010).

A cinemática do complexo do ombro pode ser analisada de diversas maneiras. Inman et al. (1944) descreveram a razão do ritmo escápulo-umeral por análise de imagens radiográficas. Johnson et al. (2001) avaliaram a rotação superior da escápula por meio de inclinômetro digital. As técnicas descritas nos estudos anteriores consistem de análise bi-dimensional (2-D), e apesar de serem de baixo custo e fácil acesso, apresentam algumas limitações. Esses métodos de avaliação normalmente analisam posição estática e movimentos em apenas um plano (McClure et al., 2001). Além disso, erros de projeção podem ocorrer, principalmente em se tratando da escápula, que se encontra em um plano perpendicular ao solo, podendo apresentar dessa forma erros significantes.

Estudos mais recentes priorizam a utilização de instrumentos que avaliem o movimento de maneira tri-dimensional (3-D) para melhor compreensão do complexo do ombro. Esses instrumentos permitem uma avaliação mais completa e em situações dinâmicas. Os instrumentos mais comuns para avaliação dos movimentos 3-D são os sistemas de câmeras e de rastreamento eletromagnético. A cinemática da escápula foi descrita em diferentes estudos que utilizaram os dois tipos de sistemas (Ludewig e Cook, 2000; McClure et al., 2001; van Andel et al., 2009; Yano et al., 2010). Por exemplo, Yano et al. (2010) utilizaram um sistema de 6 câmeras infra-vermelhas e marcadores para captar os

movimentos 3-D da escápula em adultos saudáveis durante a elevação e a depressão do braço; já Ludewig et al. (2009) avaliaram a cinemática escapular por meio de dispositivo de rastreamento eletromagnético em indivíduos saudáveis durante a elevação e a depressão do braço.

Ambos dispositivos 3-D citados acima também apresentam suas vantagens e desvantagens. Apesar do sistema de câmeras ser utilizado por alguns estudos para análise escapular (van Andel et al., 2009; Yano et al., 2010), esse sistema é mais adequado para analisar movimentos amplos, como por exemplo a marcha (Ehara et al., 1997; Villardi et al., 2005) pois não apresenta fios e o indivíduo fica livre para realizar os movimentos. No entanto, pode apresentar ruídos de alta frequência causados pelos marcadores acoplados à pele durante os movimentos, e também é necessário que os marcadores sejam “vistos” por pelo menos 2 câmeras durante toda avaliação, o que pode ser difícil na avaliação da escápula. O dispositivo de rastreamento eletromagnético é o mais utilizado nas análises da cinemática do complexo do ombro. É um equipamento que identifica tanto a posição quanto a orientação 3-D do sensor no espaço; no entanto, não permite análise de movimentos amplos devido à restrição dos cabos dos sensores e não permite a presença de metal no campo de coleta, devido ao campo eletromagnético.

Dessa forma, vários estudos 3-D com rastreamento eletromagnético têm descrito a cinemática do complexo do ombro em adultos saudáveis e com disfunções (Ludewig e Cook, 2000; McClure et al., 2006; Ogston e Ludewig, 2007; Fayad et al., 2008; Oyama et al., 2008; Braman et al., 2009; Ludewig et al., 2009; Yano et al., 2010). Esses estudos são importantes, pois permitem melhor

compreensão dos padrões de movimento da escápula em diferentes condições contribuindo para prescrição de plano de tratamento mais efetivo.

Ao analisar a cinemática 3-D da escápula em adultos saudáveis e assintomáticos diversos estudos observaram que a escápula roda superiormente e se inclina posteriormente durante a elevação do braço (McClure et al., 2001; Borstad e Ludewig, 2002; Ludewig e Cook, 2002; Ogston e Ludewig, 2007; Ludewig et al., 2009). Estes estudos observaram também que os movimentos de rotação interna e externa da escápula apresentam maior variabilidade dependendo do plano e da amplitude do movimento, sendo que a rotação externa tende a aumentar ao final da elevação do braço.

Além de conhecer o movimento da escápula em relação ao tórax, outro fator importante a ser considerado na avaliação do ombro é o ritmo escápulo-umeral, definido como a relação entre a elevação da articulação glenoumeral e a rotação superior da articulação escapulotorácica (Limpisvasti, Attrache e Jobe, 2007). Esse ritmo é descrito como uma relação de 2:1, ou seja, para cada 2° de elevação da articulação glenoumeral a escápula roda 1° superiormente durante a elevação do braço (Inman et al., 1944).

Contudo, os valores do ritmo escápulo-umeral podem variar de acordo com o plano, fadiga e idade (McQuade et al., 1995; Dayanidhi e al., 2005; Ludewig et al., 2009). Ludewig et al. (2009) observaram que indivíduos saudáveis podem apresentar um pequeno aumento na rotação superior da escápula e menor elevação da articulação glenoumeral no plano frontal comparado ao sagital, ou seja, menor ritmo escápulo-umeral. McQuade et al. (1995) relataram uma redução no movimento da articulação escapulotorácica após fadiga dos músculos trapézio

superior e inferior em adultos saudáveis, ou seja, maior ritmo escápulo-umeral. Dayanidhi et al. (2005) descreveram que crianças apresentam maior participação da articulação escapulotorácica (ritmo escápulo-umeral de 1,3:1) comparadas aos adultos (ritmo escápulo-umeral de 2,4:1).

Para adequada estabilização da escápula no tórax é necessário que a musculatura escapulotorácica trabalhe de maneira coordenada (Phadke et al., 2009). Phadke e Ludewig (2012) observaram que o deltóide é o primeiro a ser ativado, seguido da ativação dos músculos trapézio superior, serrátil anterior e trapézio inferior durante a elevação do braço em indivíduos saudáveis. Os músculos pertencentes à articulação escapulotorácica devem, além de realizar a rotação superior da escápula durante a elevação do braço, realizar também resistência contra os torques de rotação inferior, produzidos pela ação oposta dos músculos da articulação glenoumeral, como o deltóide e o manguito rotador que também agem sobre a escápula (Dvir e Berme, 1978).

O trapézio superior contribui com o movimento de elevação da clavícula na fase inicial da elevação do braço. O trapézio inferior é mais importante para a estabilização escapular, pois é o único componente do trapézio que irá contribuir para a rotação superior da escápula (Johnson et al., 1994; Ludewig e Braman, 2010).

O serrátil anterior apresenta vantagem na mecânica de rotação superior da escápula em combinação com a capacidade de inclinação posterior e rotação externa da mesma. O serrátil anterior foi descrito como o principal músculo para rotação da escápula durante a elevação do braço e também funciona como base estável dessa estrutura (Dvir e Berme, 1978; Johnson et al., 1994; Ludewig e Braman, 2010; Phadke e Ludewig, 2012).

Embora a análise cinemática 3-D da escápula em adultos saudáveis esteja bem descrita na literatura (Ludewig e Cook, 2000; McClure et al., 2006; Ludewig et al., 2009), estudos sobre a cinemática escapular 3-D em crianças ainda são incipientes, principalmente em crianças típicas, ou seja, aquelas que não apresentam alterações ou atrasos no seu desenvolvimento motor e cognitivo (Dayanidhi et al., 2005; Jaspers et al., 2011).

Considera-se de extrema importância conhecer os padrões de movimento normal em crianças para dessa forma poder diferenciá-los dos padrões de movimentos dos adultos, pois sabe-se que crianças apresentam anatomia distinta e em contínua modificação para o aperfeiçoamento de seus sistemas e também para se adaptar ao seu novo ambiente. Diante do exposto, as crianças não podem ser consideradas como miniaturas dos adultos (Schunke et al., 2006).

Branta et al. (1984) relataram que diversos fatores, tais como força, flexibilidade e resistência muscular podem influenciar as habilidades motoras infantis, sendo que tais fatores podem melhorar do período da infância até a adolescência. Assim, podem existir diferenças no posicionamento da escápula e controle da musculatura escapulotorácica, repercutindo em diferenças na cinemática escapular entre adultos e crianças (Dayanidhi et al., 2005; Nijs et al., 2005).

Struyf et al. (2011) realizaram um estudo cujo objetivo foi fornecer dados para a interpretação de testes clínicos sobre o posicionamento e controle motor dinâmico da escápula, comparando adultos e crianças. Para isso utilizaram análise visual, inclinômetro, fita métrica e o teste cinético de rotação medial. Os

autores observaram que as crianças apresentam maior rotação superior e menor anteriorização do ombro comparadas aos adultos, contudo não observaram diferenças no controle motor entre os grupos.

Levando em consideração que o estudo citado acima apresenta diversas limitações devido à análise 2-D e estática da escápula, até o momento, conhece-se apenas o estudo de Dayanidhi et al. (2005) como o único a comparar a cinemática 3-D da escápula e o ritmo escápulo-umeral entre adultos saudáveis e crianças típicas durante a elevação do braço. Os autores observaram que existem diferenças no padrão da cinemática escapular entre os dois grupos, sendo que as crianças apresentaram maior rotação superior de 25°-125° de elevação do braço, rotação externa precoce, maior inclinação anterior e também maior participação articulação escapulotorácica em comparação com os adultos.

Alguns estudos já foram realizados analisando a cinemática do membro superior em crianças com disfunções neurológicas, como o de Jaspers et al. (2011) e Coluccini et al. (2007) que compararam movimentos de alcance e preensão nas atividades funcionais entre crianças típicas e com paralisia cerebral. Mosqueda et al. (2004) analisaram movimentos realizados em atividades funcionais comparando crianças com lesão do plexo braquial e típicas, contudo estes estudos não focaram na análise da cinemática escapular, mas sim no membro superior como um todo.

Além disso, a literatura mostra um aumento na incidência de patologias no complexo do ombro na população pediátrica, devido à prática precoce de esportes, principalmente os de arremesso (Tarkin et al., 2005; Leonard e Hutchinson, 2012; Eisner et al., 2013). Estes estudos encontraram alguns casos

de lesão do manguito rotador e patologias associadas ao complexo do ombro em crianças e adolescentes praticantes de esporte entre 8 e 18 anos.

Ainda é importante ressaltar que a literatura é escassa quando se trata da análise cinemática escapular durante o movimento de depressão do braço, uma vez que diversos autores têm priorizado a análise durante a elevação (Ludewig e Cook, 2000; Dayanidhi et al., 2005; Mackey et al., 2006; McClure et al., 2006; Coluccini et al., 2007; Duff, Dayanidhi e Cozin, 2007; Ogston e Ludewig, 2007). Contudo, a depressão do braço também deve ser considerada, pois geralmente é nessa fase que a discinesia escapular é observada em testes clínicos (Warner et al., 1992; Boublik e Hawkins, 1993; Borstad e Ludewig, 2002).

Dessa forma, justifica-se a realização do presente estudo pela escassez observada na literatura de análises da cinemática 3-D da escápula comparando adultos e crianças típicas. Sabe-se que compreender o movimento 3-D normal é a base para compreensão das anormalidades motoras, auxiliando na compreensão dos padrões em crianças que apresentam alterações no membro superior, como no caso de crianças com lesão do manguito rotador e patologias associadas ao complexo do ombro (Tarkin et al., 2005; Leonard e Hutchinson, 2012; Eisner et al., 2013), assim como crianças com alterações no membro superior secundárias a disfunções neurológicas (Mosqueda et al., 2004; Coluccini et al., 2007; Jaspers et al., 2011), facilitando dessa forma na avaliação e intervenção, podendo então diferenciar protocolos de tratamentos de adultos e crianças.

A hipótese do presente estudo é que crianças e adultos apresentem a cinemática escapular e o ritmo escápulo-umeral diferentes tanto na elevação

quanto na depressão do braço. Outra hipótese deste estudo é que existem diferenças na cinemática escapular e ritmo escápulo-umeral entre o movimento de elevação e depressão do braço.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo foram:

- Comparar a cinemática escapular e o ritmo escápulo-umeral 3-D entre crianças típicas e adultos saudáveis durante a elevação e a depressão do braço no plano da escápula;
- Comparar a cinemática escapular e o ritmo escápulo-umeral entre o movimento de elevação e depressão do braço no plano da escápula.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenho do estudo

O desenho do estudo é do tipo transversal com amostragem tipo não-probabilística.

O projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba, sob protocolo nº 88/11 (Anexo 1). Tanto os adultos quanto as crianças e seus responsáveis receberam explicação verbal e escrita dos objetivos e metodologia do estudo e os que aceitaram participar assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 1).

3.2 Casuística

Participaram do estudo 33 crianças típicas, sendo 15 meninas e 18 meninos, e 26 adultos saudáveis, sendo 14 mulheres e 12 homens (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos participantes do estudo.

	Adultos (n=26)	Crianças (n=33)
Gênero	14 mulheres; 12 homens	15 meninas; 18 meninos
Idade (anos)	35,3 ± 11,6	9,1 ± 1,5
Estatura (m)	1,7 ± 0,1	1,4 ± 0,1
Massa Corporal (kg)	70 ± 12,3	35,4 ± 10,4
Índice de massa corporal (kg/m ²)	23,8 ± 2,3	18,0 ± 3,2

Resultados: média ± desvio padrão.

3.2.1 Critérios de seleção dos voluntários

Foram incluídos no estudo adultos saudáveis entre 18 e 55 anos (justifica-se essa faixa etária pelo fato de que após essa idade a taxa de alterações degenerativas na articulação do ombro e lesões no manguito rotador aumentam significativamente (Sher et al., 1995)); e crianças típicas entre 6 e 12 anos sem atraso no desenvolvimento conforme relato dos pais (justifica-se essa faixa etária pelo fato de 12 anos ser a idade máxima para se considerar criança de acordo com o Estatuto da Criança e do Adolescente de 1990). Em ambos os grupos, os indivíduos não podiam apresentar histórico de disfunção no ombro e/ou na cervical e deveriam ter amplitude máxima de elevação de no mínimo 150°, avaliada visualmente.

Os critérios de exclusão foram crianças com índice de massa corporal (IMC) acima da categoria normal (>1DP) de acordo com a curva em z score de IMC para crianças e adolescentes (Anexo 2) da Organização Mundial de Saúde (De Onis et al., 2007); adultos com IMC maior que 28kg/m²; indivíduos com: histórico de estabilização cirúrgica ou reparo do manguito rotador; resultados positivos nos testes de instabilidade (apreensão anterior e gaveta posterior) e impacto (Neer, Jobe e Hawkins); histórico de fratura na clavícula, escápula ou úmero; doenças sistêmicas envolvendo as articulações; alterações posturais; déficits cognitivos que impedissem a compreensão dos comandos verbais; lesão do plexo braquial e alergia a fita transpore.

A figura 1 é um fluxograma representando a perda amostral do estudo e também as causas que levaram à exclusão dos voluntários.

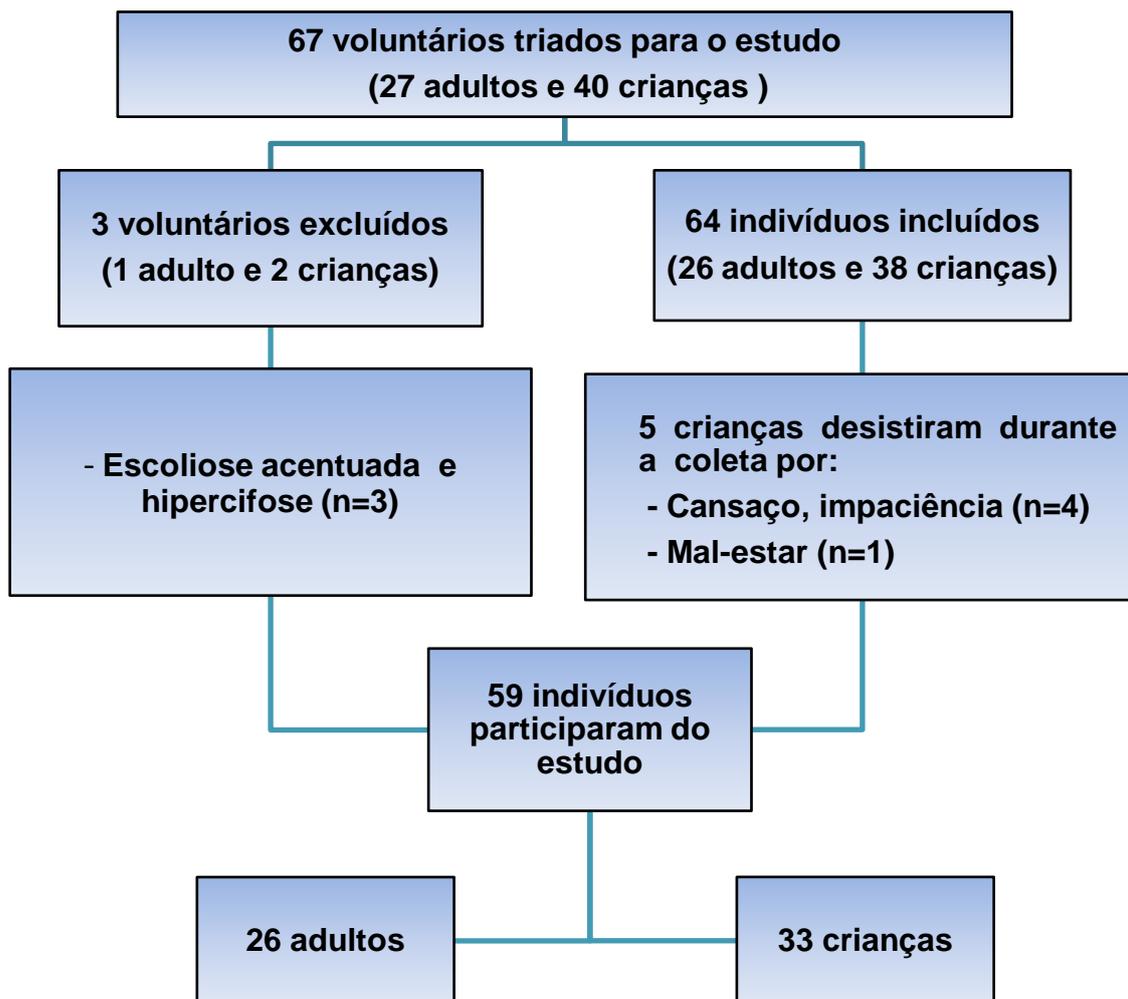


Figura 1- Fluxograma da perda amostral.

3.3 Procedimento experimental

A avaliação nas crianças foi realizada no braço dominante sendo que este foi determinado a partir de qual mão ela usava para desenhar ou escrever. Foi escolhido o lado de dominância nas crianças devido à maior destreza e facilidade na realização dos movimentos propostos durante a coleta. Nos adultos o lado avaliado foi aleatorizado, pois como já consta na literatura, não existem diferenças significativas na cinemática escapular quando comparados os lados direito e

esquerdo em indivíduos saudáveis não-praticantes de atividades laborais ou esportivas de dominância unilateral (Yoshizaki et al., 2009).

Todos os voluntários preencheram uma ficha de avaliação antes da coleta, com relação à prática de esportes, dominância, peso, estatura e em seguida foram realizados os testes de impacto subacromial e de instabilidade (Apêndice 2). Todos os dados foram coletados e analisados por um único avaliador.

3.3.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT) do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

3.3.2 Instrumentação

Para avaliação 3-D da cinemática escapular, a captação e a análise dos dados foram realizadas utilizando o *hardware* (Ascension Technology Corporation, Burlington, VT) *Flock of Birds® (miniBird®)*, integrado ao *software* *MotionMonitor™* (Innovative Sports Training, Inc. Chicago, IL).

O *Flock of Birds®* (Figura 2) é um dispositivo de rastreamento eletromagnético, capaz de localizar múltiplos sensores, relativos a uma fonte transmissora. O transmissor produz um campo eletromagnético, que induz corrente nos sensores que possuem 3 bobinas ortogonais. A posição e orientação 3-D de cada sensor podem ser rastreadas simultaneamente, com frequência amostral de 100 Hz. Os sensores são pequenos e leves (1,8 x 0,8 x 0,8 cm). Em um ambiente livre de metal, à 76 cm de distância do transmissor, a acurácia da

raiz quadrada da média do sistema é de $0,5^\circ$ para orientação e de 0,18 cm para posição, conforme o manual do equipamento.

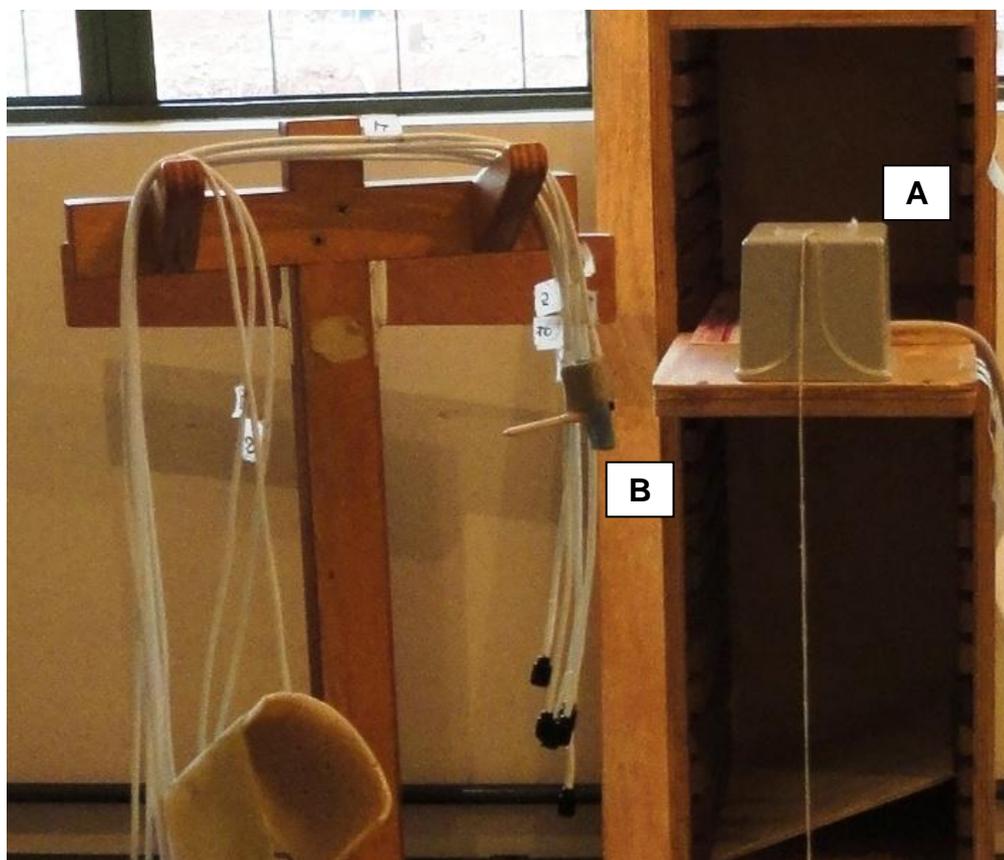


Figura 2 – Dispositivo de rastreamento eletromagnético *Flock of birds*®: (A) Transmissor eletromagnético; (B) Sensores eletromagnéticos de captação do movimento.

O software *MotionMonitor*TM (Figura 3) é uma ferramenta de aquisição de dados que auxilia no processamento dos dados cinemáticos. Ele fornece uma animação imediata e uma exposição gráfica do movimento avaliado e, posteriormente permite a exportação dos dados usando vários descritores cinemáticos das matrizes de rotação e das sequências dos ângulos Euler.

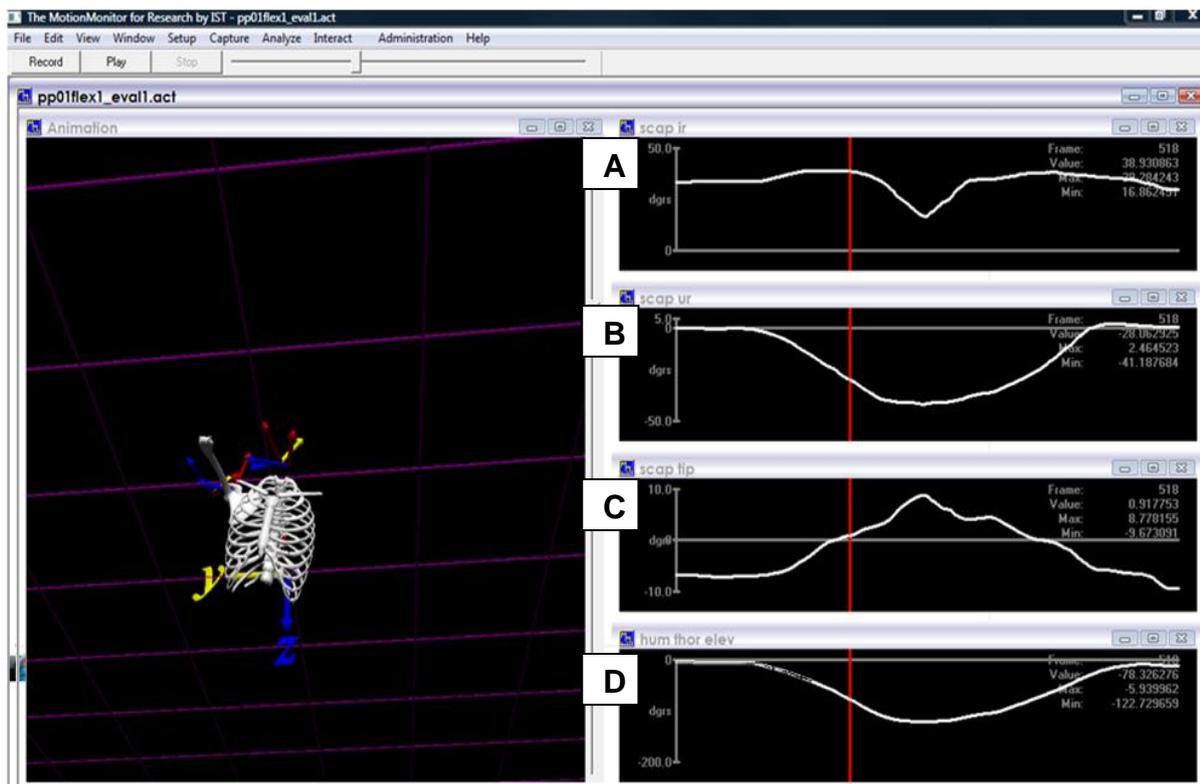


Figura 3 – Ilustração da tela de captura do *Software MotionMonitor™*. (A): Rotação interna da escápula; (B): Rotação superior da escápula; (C): Inclinação da escápula; (D): Elevação do úmero.

3.3.3 Coleta da cinemática

Os sensores eletromagnéticos foram fixados com fita dupla face ao esterno, ao acrômio da escápula e a um manguito termoplástico, com sensor fixado na região distal do úmero para rastrear o movimento umeral (Figura 4). Estes posicionamentos dos eletrodos de superfície foram previamente utilizados (Ludewig e Cook, 2000; McClure et al., 2006; Borstad e Ludewig, 2002; Teece et al., 2008).

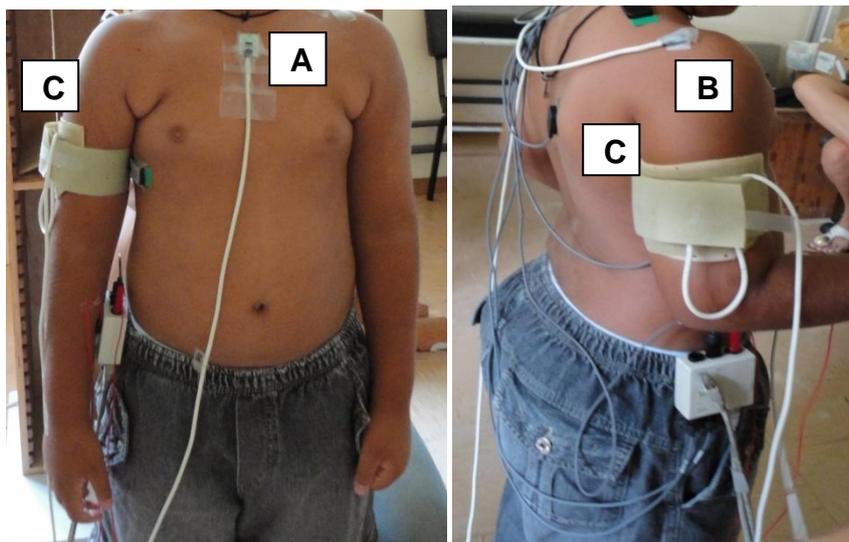


Figura 4 – Posicionamento dos sensores eletromagnéticos no esterno (A), acrômio da escápula (B) e manguito termoplástico com sensor fixado na região distal do úmero (C).

Um dos sensores foi conectado a uma ponteira (*stylus*) para digitalização de pontos anatômicos e construção dos sistemas de coordenadas de cada articulação. O indivíduo permaneceu em pé, com braços relaxados ao lado do corpo e com o transmissor atrás do ombro a ser avaliado. Enquanto isso, os pontos anatômicos eram palpados e digitalizados registrando de maneira digital a posição da coordenada 3-D relativa ao respectivo sensor do segmento. Os marcos anatômicos no tórax incluíram a incisura jugular, os processos espinhosos de C-7 e T-8 e o processo xifóide; na escápula incluíram a raiz da espinha, o ângulo acromial e o ângulo inferior da escápula; no úmero incluíram os epicôndilos lateral e medial (Figura 5). O centro da cabeça do úmero foi estimado movendo-se passivamente o braço em arcos curtos ($<45^\circ$), para definir o ponto pivô (An et al., 1990).

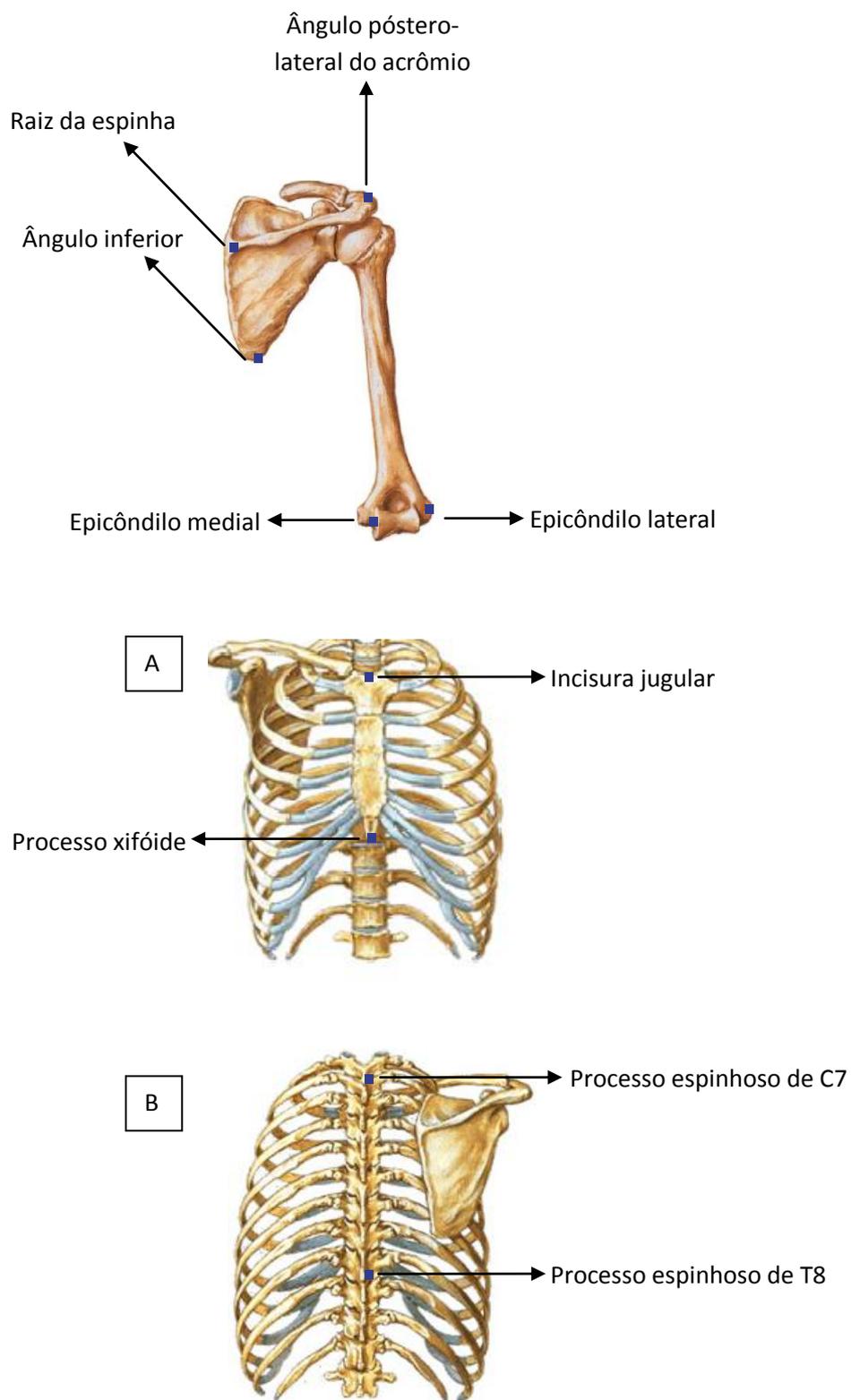


Figura 5 – Pontos anatômicos digitalizados e recomendados pela Sociedade Internacional de Biomecânica. A: vista anterior do tórax; B: vista posterior do tórax.

Sistemas de coordenadas locais foram estabelecidos para o tronco, a escápula e o úmero, utilizando-se os pontos anatômicos digitalizados, recomendados pelo protocolo da Sociedade Internacional de Biomecânica (Wu et al., 2005). O eixo-z aponta lateralmente, o eixo-x anteriormente e o eixo-y superiormente para análise dos dados do lado direito. A orientação dos eixos para o lado esquerdo foi mudada tal que, o eixo-z aponta-se lateralmente, o eixo-x posteriormente e o eixo-y superiormente.

Os dados da cinemática foram coletados com o indivíduo em posição ortostática, sendo que suas mãos deveriam estar em contato com uma superfície plana de madeira para manter o braço posicionado no plano da escápula (45° anterior ao plano frontal) durante os movimentos (Figura 6). Eles também foram instruídos a manter a mão com o polegar apontando para o teto. Três repetições foram então realizadas, sendo que os indivíduos deveriam elevar o braço partindo da posição de repouso e atingir o máximo de amplitude que conseguissem, em um tempo de aproximadamente 3 segundos para a elevação e 3 segundos para a depressão do braço. Antes da coleta definitiva, os indivíduos realizaram repetições para familiarização com o procedimento.



Figura 6 – Coleta da cinemática durante elevação e depressão do braço.

3.3.4 Processamento dos dados

Os dados foram analisados a 30°, 60°, 90° e 120° de elevação e depressão do braço. A sequência YXZ foi usada para descrever os movimentos escapulares em relação ao tronco. As rotações foram descritas na seguinte ordem: rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação posterior/anterior. A posição do úmero em relação ao tronco foi determinada utilizando-se a sequência Y'XY". A primeira rotação define o plano de elevação; a segunda define o ângulo de elevação umeral; e a terceira define as rotações interna/externa. A posição do úmero em relação à escápula foi determinada utilizando a sequência XZY. A primeira rotação define a elevação glenoumeral; a segunda define o ângulo do plano de elevação da glenoumeral; e a terceira define as rotações interna/externa.

Para a análise do ritmo escápulo-umeral, a razão da elevação da glenoumeral com relação à rotação superior da escápula foi determinada pelo cálculo da inclinação da linha de regressão linear, tomando-se a rotação superior da escápula como valor X e a elevação da glenoumeral como valor Y, conforme proposto por Braman et al. (2009). O ritmo foi calculado de 30° a 120° de elevação da úmero-torácica e de 120° a 30° de depressão da úmero-torácica e também a cada 30° de incremento na elevação (30°-60°, 60°-90°, 90°-120°) e na depressão (120°-90°, 90°-60°, 60°-30°) do braço.

3.4 Análise estatística

Todos os procedimentos da inferência estatística foram precedidos por testes das pressuposições do modelo paramétrico: Shapiro-Wilk para normalidade dos dados e teste de Cochran para homogeneidade de variâncias.

A análise das respostas foi realizada com base nas médias dos três movimentos de elevação e nas médias dos três movimentos de depressão do braço no plano da escápula. Os dados foram armazenados e processados através do sistema estatístico NCSS (NCSS, Kaysville, UT).

Verificadas as pressuposições do modelo, as variáveis rotação interna, rotação superior e inclinação da escápula foram analisadas através da ANOVA 3-way mista para medidas repetidas (com fase e ângulo como os fatores repetidos), para verificar presença de interações grupo (adultos e crianças) x fase (elevação e depressão) x ângulo (30°, 60°, 90° e 120°), grupo x ângulo, fase x ângulo, bem como para o efeito principal de grupo e de fase. Em presença de interação tripla significativa foram realizadas reparametrizações do modelo, utilizando para isso a ANOVA 2-way para medidas repetidas, para cada fase (elevação e depressão), separadamente, visando testar interação grupo x ângulo e efeito principal de grupo. Utilizando o *post hoc* de Bonferroni quando necessário. Para o ritmo escápulo-umeral, o procedimento estatístico foi semelhante, porém, em intervalos (30°- 60°, 60°- 90°, 90°- 120°, 30° - 120°, 120° -90°, 90°- 60°, 60°- 30°, 30°-120°) ao invés de ângulos. Adotou-se neste estudo o nível de significância $\alpha = 0,05$.

4 RESULTADOS

Para o movimento de rotação interna da escápula observou-se que a interação grupo x fase x ângulo foi significativa ($F=5,34$; $p=0,001$). Os modelos 2-Way, considerando-se as análises separadamente para cada fase (elevação e depressão), revelaram que as crianças apresentaram menor rotação interna da escápula a 120° durante a elevação do braço quando comparadas aos adultos ($F=5,12$; $p=0,002$). Na depressão do braço a interação grupo x ângulo não foi significativa ($F=1,49$; $p=0,21$) como também não houve presença de efeito principal de grupo ($F=0,50$; $p=0,48$). A figura 7 ilustra a rotação interna da escápula durante a elevação e a depressão do braço

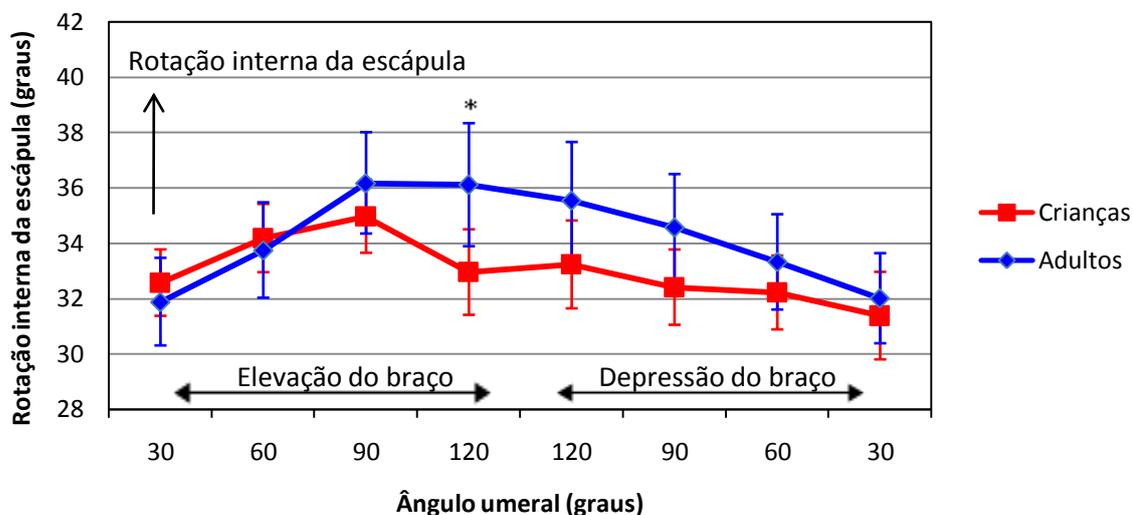


Figura 7 – Média da rotação interna da escápula durante a elevação e depressão do braço. As barras de erro representam o erro padrão da média. *Diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Para a rotação superior da escápula, a interação grupo x fase x ângulo foi significativa ($F=6,98$; $p=0,0001$). Ao considerar as análises separadamente para cada fase (elevação e depressão), a interação grupo x ângulo não foi significativa na elevação ($F=1,16$; $p=0,32$) e nem na depressão ($F=1,06$; $p=0,36$) do braço. Também não houve diferença no efeito principal para grupo na elevação ($F=3,78$; $p=0,056$) e nem na depressão ($F=0,35$; $p=0,55$) do braço (Figura 8). Entretanto, as crianças mostraram uma tendência ($F=3,78$; $p=0,056$) a apresentar menor rotação superior da escápula comparadas aos adultos.

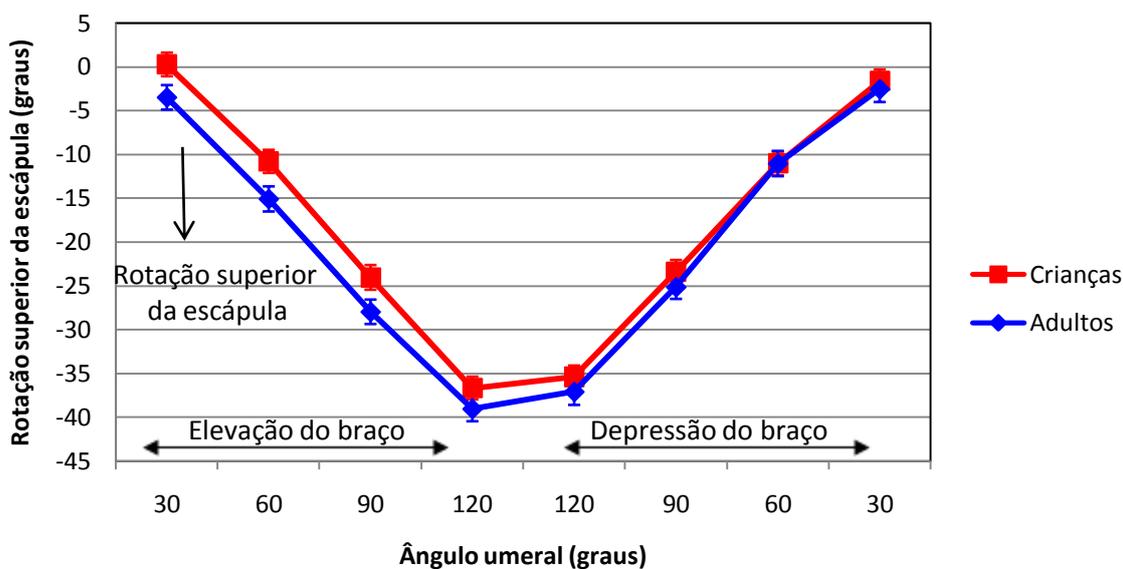


Figura 8 – Média da rotação superior da escápula durante a elevação e depressão do braço. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Para a inclinação da escápula (Figura 9) a interação grupo x fase x ângulo não foi significativa ($F=1,55$; $p=0,20$). No entanto, a interação grupo x ângulo foi significativa ($F=2,85$; $p=0,03$), com as crianças apresentando maior inclinação anterior que os adultos a 60° , a 90° e a 120° (Tabela 2). Também foi significativa a interação fase x ângulo ($F=3,92$; $p=0,009$), na qual se observou maior inclinação anterior da escápula a 30° e a 60° durante a depressão do braço comparado com a elevação (Tabela 3).

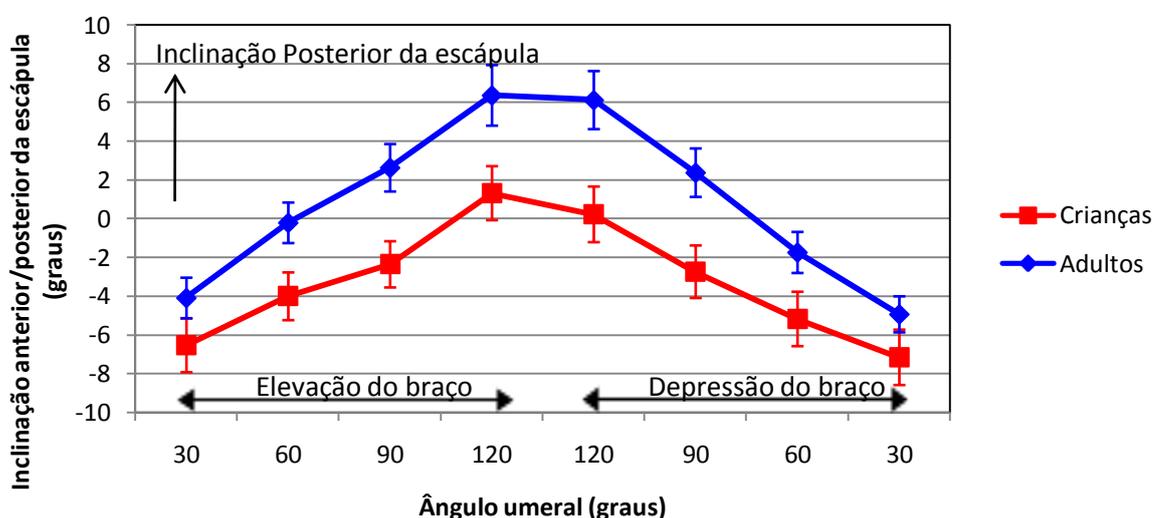


Figura 9 – Média da inclinação anterior e posterior da escápula durante a elevação e depressão do braço. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Tabela 2 – Interação grupo x ângulo da inclinação da escápula em crianças típicas e adultos saudáveis.

Ângulo umeral	Adultos (n=26)	Crianças (n=33)
30°	-4,50 ± 0,69	-6,84 ± 0,99
60°	-0,97 ± 0,74	-4,58 ± 0,93*
90°	2,50 ± 0,86	-2,53 ± 0,89*
120°	6,25 ± 1,07	0,77 ± 0,99*

Dados apresentados em média ± erro padrão da média.
*p<0,05 quando comparado com adultos. Números negativos indicam inclinação anterior.

Tabela 3 – Interação fase x ângulo da inclinação da escápula em crianças típicas e adultos saudáveis.

Ângulo umeral	Elevação	Depressão
30°	-5,30 ± 0,90	-6,04 ± 0,89*
60°	-2,10 ± 0,85	-3,45 ± 0,92*
90°	0,14 ± 0,89	-0,17 ± 0,97
120°	3,85 ± 1,06	3,18 ± 1,08

Dados apresentados em média ± erro padrão da média.
*p<0,05 quando comparado com elevação. Números negativos indicam inclinação anterior.

Para o ritmo escápulo-umeral a interação grupo x fase x intervalo foi significativa ($F=3,38$; $p=0,020$). Ao considerar as análises separadamente para cada fase (elevação e depressão), na depressão do braço a interação grupo x intervalo não foi significativa ($F=2,33$; $p=0,13$), o mesmo ocorrendo com o efeito principal para grupo ($F=0,36$; $p=0,54$). Na elevação do braço a interação grupo x intervalo foi significativa ($F=4,39$; $p=0,04$), observando-se que as crianças apresentaram maior ritmo escápulo-umeral em relação aos adultos de 90° - 60° ($F=7,17$; $p=0,01$). A tabela 4 mostra a razão glenoumeral/escapulotorácica durante a elevação e depressão do braço nos adultos e crianças.

Tabela 4 – Ritmo escápulo-umeral durante elevação e depressão do braço em crianças típicas e adultos saudáveis.

Ângulo umeral	Adultos (n=26)	Crianças (n=33)
Elevação		
30°-60°	1,6 ± 0,10	1,9 ± 0,10
60°-90°	1,4 ± 0,10	1,4 ± 0,10
90°-120°	2,0 ± 0,17	1,6 ± 0,10
30°-120°	1,5 ± 0,08	1,4 ± 0,07
Depressão		
120°-90°	1,8 ± 0,20	1,8 ± 0,10
90°-60°	1,2 ± 0,10	1,7 ± 0,10*
60°-30°	2,7 ± 0,20	2,6 ± 0,20
120°-30°	1,4 ± 0,10	1,7 ± 0,09

Dados apresentados em média ± erro padrão da média.

*Diferença significativa ($p<0.05$) entre os grupos.

5 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram diferenças significativas entre crianças e adultos com relação ao movimento de rotação interna e inclinação da escápula e também com relação ao ritmo escápulo-umeral. Dessa forma, os achados concordam com a hipótese de que crianças e adultos apresentam diferenças na cinemática escapular durante a elevação e depressão do braço no plano da escápula.

Contudo, foram observadas algumas similaridades no padrão da cinemática escapular em crianças e adultos durante a elevação e depressão do braço no plano da escápula. Durante a elevação do braço observou-se em ambos os grupos que houve um aumento da rotação interna e da rotação superior da escápula e também uma progressão da inclinação anterior para inclinação posterior, enquanto na depressão do braço houve um retorno para a posição inicial da escápula.

A rotação superior foi o movimento mais consistente da escápula durante a elevação e a depressão do braço em ambos os grupos e é considerado o movimento escapular com maior amplitude. Foi observado nas crianças uma tendência em apresentar menor rotação superior comparadas aos adultos, porém não alcançou significância. Estes achados discordam dos previamente observados no estudo de Dayanidhi et al. (2005), no qual as crianças apresentaram maior rotação superior de 25° a 125° de elevação do braço no plano da escápula comparadas aos adultos. Uma possível explicação pelo presente estudo não ter observado diferença entre os grupos na rotação superior pode ser devido à faixa etária das crianças incluídas (6 a 12 anos; média de 9,1 anos)

comparada com as do estudo de Dayanidhi et al. (2005) (4 a 9 anos; média 6,7 anos). A literatura já mostra que com o passar da idade observa-se uma redução na rotação superior (Endo et al., 2004), dessa forma acredita-se que devido às crianças do presente estudo serem mais velhas, elas apresentaram um padrão mais próximo dos adultos comparado às crianças mais novas. Embora a diferença entre as médias das faixas etárias aparente ser pequena, acredita-se que isso possa ser o suficiente para influenciar a cinemática, uma vez que a infância é um período de rápido desenvolvimento.

Analisando a rotação interna da escápula, as crianças apresentaram menor rotação interna a 120° durante a elevação do braço comparadas aos adultos. Ao observar a Figura 1, é possível notar que as crianças apresentaram maior rotação externa a 120° de elevação do braço. Este achado concorda com a literatura, a qual mostra que ocorre uma rotação externa próxima ao final da amplitude de movimento na elevação do braço (Borstad e Ludewig, 2002; Ludewig e Cook, 2002; McClure et al., 2001).

O padrão observado com relação à rotação interna é similar também ao descrito por Lempereur et al. (2012) que estudaram crianças com desenvolvimento típico. Contudo, as crianças avaliadas por Dayanidhi et al. (2005) apresentaram uma rotação externa que ocorreu precocemente durante a elevação do braço (a partir de 60°). Deve-se, neste caso, ainda considerar que o envelhecimento pode influenciar o aumento da rotação interna e também que adultos podem apresentar certas influências posturais como, por exemplo a cifose torácica (Crawford e Jull, 1993; Finley e Lee, 2003; Bullock, Foster e Wright, 2005).

Com relação à inclinação da escápula, as crianças apresentaram maior inclinação anterior do que os adultos a 60°, 90° e 120°. A escápula das crianças permaneceu em inclinação anterior durante a maior parte do movimento, exceto a 120°, momento em que ocorreu a inclinação posterior (0,77°). Este padrão difere dos adultos, que atingiram 6,25° de inclinação posterior a 120°. Dayanidhi et al. (2005) observaram um padrão similar de inclinação posterior entre adultos e crianças, exceto por uma pequena inclinação anterior que ocorreu nas crianças ao final do movimento.

Na articulação escapulotorácica há ausência de restrições ligamentares, fazendo com que os músculos que conectam a escápula ao tórax desempenhem um papel importante na sua estabilização. Sabe-se que o serrátil anterior contribui substancialmente para a estabilização da escápula, pois é o único músculo escapulotorácico com a capacidade de rodar superiormente e inclinar posteriormente a escápula no tórax, contribuindo para uma cinemática escapular normal. Dessa forma, sua linha de ação irá propiciar aproximação direta da escápula ao tórax, servindo, portanto como uma base estável para movimentação do úmero (Phadke et al., 2009). Outro fator importante a ser considerado nos resultados do presente estudo é que a musculatura escapulotorácica nas crianças ainda se encontra em desenvolvimento, podendo contribuir, desta maneira, para as diferenças encontradas entre os dois grupos.

A escápula também apresentou maior inclinação anterior durante a depressão do braço comparado com a elevação a 30° e 60°. Isto é interessante, pois, na prática clínica o ângulo inferior e/ou o bordo medial da escápula geralmente tornam-se mais proeminentes no meio da depressão do braço, quando é necessário um controle do movimento excêntrico da escápula.

Yoshizaki et al. (2009) observaram que o deltóide médio, trapézio superior e inferior e fibras inferiores do serrátil anterior apresentam maior atividade durante a elevação comparado à depressão do braço em adultos saudáveis. Como o trapézio e o serrátil anterior desempenham um papel importante no movimento escapular, uma possível redução na atividade da musculatura escapulotorácica durante a depressão do braço pode ter contribuído para a diferença observada na inclinação da escápula durante a elevação e depressão do braço.

Uma recente investigação (Phadke e Ludewig, 2012) avaliou o tempo de ativação e desativação dos músculos escapulotorácicos em indivíduos saudáveis e portadores de síndrome do impacto. As autoras relataram que o serrátil anterior é desativado precocemente em sujeitos com dor no ombro. Esse fato pode afetar o movimento da escápula de maneira negativa durante depressão do braço. Embora a ativação muscular não tenha sido avaliada no presente estudo, é provável que existam diferentes estratégias de controle motor entre adultos e crianças.

Segundo Lephart e Henry (1995), manter uma rotação superior estável e consistente é essencial para o movimento normal do complexo do ombro, principalmente em se tratando do ritmo escápulo-umeral. Essa condição pode favorecer uma estabilidade funcional, ou seja, a habilidade de controlar o movimento da articulação escapulotorácica durante as atividades funcionais dinâmicas.

No presente estudo, maior ritmo escápulo-umeral foi observado nas crianças no intervalo de 90°-60° de depressão do braço, ou seja, foi observada uma maior participação da articulação glenoumeral comparado aos adultos. Como

a média da rotação superior da escápula foi similar entre adultos e crianças, acredita-se que esta diferença possa ser devido a uma menor contribuição da articulação glenoumeral nos adultos durante este intervalo de movimento. Embora tanto a força muscular (Wang et al., 1999) quanto a fadiga (McQuade et al., 1995) influenciem o ritmo escápulo-umeral, não é possível explicar os mecanismos que possam ter desencadeado esse comportamento observado nos sujeitos, devido a escassez na literatura sobre este assunto e também devido a ausência de análise da atividade muscular neste estudo.

Pelo fato de a análise ter sido realizada somente no plano escapular, pode-se argumentar se o ritmo escápulo-umeral seria diferente em outros planos de movimento como, por exemplo, nos planos sagital e frontal. Ludewig et al. (2009) mostraram que indivíduos saudáveis podem apresentar um pequeno aumento na rotação superior da escápula e menor elevação da articulação glenoumeral, ou seja, menor ritmo escápulo-umeral, no plano frontal comparado ao sagital.

Estudos sobre o desenvolvimento anatômico do ombro e da articulação glenoumeral observaram que em crianças, tanto o úmero quanto a escápula e clavícula se encontram completamente formados entre 14 e 22 anos de idade, sendo o acrômio a estrutura que se forma mais tardiamente, aos 22 anos (O'Brien et al., 2009). Isso pode em partes, justificar as diferenças observadas no presente estudo entre os grupos, pois provavelmente as crianças analisadas ainda se encontram nesse processo de desenvolvimento ósseo, contudo, não se sabe ao certo o quanto isso pode realmente influenciar na cinemática escapular devido a escassez de pesquisas nessa área.

Os achados deste estudo apresentam relevância clínica uma vez que fornecem novos conhecimentos sobre a cinemática escapular durante a elevação e depressão do braço em crianças e adultos, pois como já se sabe as habilidades de posicionar e controlar os movimentos da escápula são essenciais para o funcionamento normal do membro superior (Jobe e Pink, 1993).

Além disso, o complexo do ombro, por ser uma das articulações com maior mobilidade, pode apresentar disfunções no movimento com maior frequência, sendo que uma incapacidade de controlar o movimento da escápula geralmente pode desenvolver patologias no complexo do ombro e com isso a dor (Kamkar et al., 1993). Dessa forma, é importante compreender o padrão típico da cinemática escapular em crianças, numa tentativa de melhorar diagnósticos e protocolos de tratamento.

Com base nesses resultados, pode-se desenvolver protocolos diferenciados de adultos e crianças, podendo dessa forma alcançar resultados bem-sucedidos, pois crianças não podem ser consideradas como uma “miniatura” dos adultos. Assim, considera-se que os resultados encontrados no presente estudo podem ser importantes, como já citado anteriormente, na compreensão dos padrões em crianças com alterações no complexo do ombro secundárias a disfunções neurológicas, como por exemplo, nas terapias em crianças com paralisia cerebral, lesão do plexo braquial e lesão medular e, também em crianças com lesão de manguito rotador e patologias associadas (Tarkin et al., 2005; Leonard e Hutchinson, 2012; Eisner et al., 2013).

O presente estudo apresenta algumas limitações, uma delas é a grande variabilidade da faixa etária nos adultos; a ausência de análise da

cinemática clavicular, a qual poderia ter complementado na compreensão dos resultados, uma vez que a elevação da clavícula contribui para 75% da inclinação anterior que ocorre na escápula; a ausência de análise da atividade eletromiográfica dos músculos escapulotorácicos, que também teria auxiliado na compreensão do controle motor escapular como um todo. Além disso, mais pesquisas são necessárias para analisar a cinemática escapular no plano sagital e frontal para resultados mais conclusivos sobre as diferenças entre adultos e crianças.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que apesar do padrão similar observado entre adultos e crianças, foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nos movimentos de rotação interna e inclinação da escápula e também com relação ao ritmo escápulo-umeral, concordando portanto com a hipótese de que crianças e adultos apresentam diferenças na cinemática escapular durante a elevação e depressão do braço no plano da escápula.

Além disso, observou-se maior inclinação anterior da escápula a 30° e 60° durante o movimento de depressão do braço comparado ao de elevação, concordando em partes com a hipótese de que existem diferenças na cinemática escapular e ritmo escápulo-umeral entre o movimento de elevação e depressão do braço.

REFERÊNCIAS*

An KN, Browne, AO, Korinek S, Tanaka S, Morrey BF. Three dimensional kinematics of glenohumeral elevation. *J Orthop Res.* 1991; 9: 143-49.

Borstad JD, Ludewig PM. Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech* 2002; 17: 650-59.

Boublik M, Hawkins RJ. Clinical examination of the shoulder complex. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 1993; 18:379–385.

Braman JP, Engel SC, LaPrade RF, Ludewig PM. In vivo assessment of scapulohumeral rhythm during unconstrained over head reaching in asymptomatic subjects. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009; 18(6): 960e7.

Branta C, Haubenstricker J, Seefeldt E. Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exer Sport Sci Rev.* 1984; 12: 467-520.

Bullock MP, Foster NE, Wright CC. Shoulder impingement: the effect of sitting posture on shoulder pain and range of motion. *Man. Ther.* 2005; 10:28–37.

Crawford HJ, Jull GA. The influence of thoracic posture and movement on range of arm elevation. *Physiotherapy, Theory and Practice.* 1993; 9:143–148.

Coluccini M, Maini ES, Martelloni C, Sgandurra G, Cioni G. Kinematic characterization of functional reach to grasp in normal and in motor disabled children. *Gait Posture.* 2007; 25: 493–501.

Dayandhi S, Orlin M, Kozin S, Duff S, Karduna A. Scapular kinematics during humeral elevation in adults and children. *Clin Biomech.* 2005; 20(6): 600-606.

De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization.* 2007; 85: 660-67.

* Baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors - Grupo de Vancouver; 2005. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

Duff SV, Dayanidhi S, Kozin SH. Asymmetrical shoulder kinematics in children with brachial plexus birth palsy. *Clin Biomech.* 2007; 22(6): 630–38.

Dvir Z, Berme N. The shoulder complex in elevation of the arm: a mechanism approach. *J Biomech.* 1978; 11:219-25.

Ehara Y, Fujimoto H, Miyazaki S, Mochimaru M, Tanaka S, Yamamoto S. Comparison of the performance of 3D camera system II. *Gait Posture.* 1997; 5(3):251-255.

Eisner EA, Roocroft JH, Moor MA, Edmonds EW. Partial Rotator Cuff Tears in Adolescents: Factors Affecting Outcomes. *J Pediatr Orthop.* 2013; 33:2–7.

Endo K, Yukata K, Yasui N. Influence of age on scapulo-thoracic orientation. *Clin. Biomech.* 2004; 19:1009–1013.

Fayad F, Roby-Brami A, Yazbeck C, Hanneton S, Lefevre-Colau MM, Gautheron V, et al. Three-dimensional scapular kinematics and scapulohumeral rhythm in patients with glenohumeral osteoarthritis or frozen shoulder. *J Biomech.* 2008; 41: 326-32.

Finley MA, Lee RY. Effect of sitting posture on 3-dimensional scapular kinematics measured by skin-mounted electromagnetic tracking sensors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84:563-568.

Inman VT, Saunders JB, Abbott LC. Observation on the function of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg.* 1944; 26A: 1-30.

Jaspers E, Feyes H, Bruyninckx H, Harlaar J, Molenaers G, Desloovere K. Upper limb kinematics: development and reliability of a clinical protocol for children. *Gait Posture.* 2011; 33: 279–85.

Jobe FW, Pink M. Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993; 18(2):427-432.

Jobe CM, Phipatanakul WP, Coen MJ. Gross anatomy of the shoulder. In: Rockwood C, Matsen F. *The shoulder.* 4ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 2009. p. 45-112.

Johnson G. et al. Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clin Biomech.*1994; 9:44–50.

Johnson MP, McClure PW, Karduna AR. New method to assess scapular upward rotation in subjects with shoulder pathology. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001; 31(2):81-89.

Kamkar A, Irrang JJ, Whitney SL. Nonoperative management of secondary shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993; 17(5):221-224.

Karduna AR, McClure PW, Michener LA, Sennett B. Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. *J Biomech Engineer.* 2001; 123:184-190.

Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003; 11(2): 142-51.

Lempereur M, Brochard S, Mao L, Rémy-Néris O. Validity and reliability of shoulder kinematics in typically developing children and children with hemiplegic cerebral palsy. *J. Biomech.* 2012; 45:2028-2034.

Leonard J, Hutchinson MR. Shoulder injuries in skeletally immature throwers: review and current thoughts. *Br J Sports Med.* 2010; 44:306–310.

Lephart SM, Henry TJ. Functional rehabilitation for the upper and lower extremity. *Orthop. Clin. North Amer.* 1995; 26(3):579-593.

Limpisvasti O, El Attrache NS, Jobe FW. Understanding shoulder and elbow injuries in baseball. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007; 15:139-47.

Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.*2000; 80(3): 276-91.

Ludewig PM, Cook TM. Translations of the humerus in persons with shoulder impingement symptoms. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002; 32(6): 248-59.

Ludewig PM, Borstad JD. The shoulder complex. In: Levangie PK, Norkin CC. Joint structure and function – A comprehensive analysis. 4ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2005. p.232-67.

Ludewig PM, Phadke V, Braman JP, Hasset DR, Cieminski CJ, LaPrade RF. Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91: 378-89.

Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: Biomechanical considerations in rehabilitation. *ManTher.* 2010; p.1-7.

Mackey AH, Walt SE, Lobb GA, Stott NS. Deficits in upper-limb task performance in children with hemiplegic cerebral palsy as defined by 3-dimensional kinematics. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006; 87(2): 207–15.

McClure PW, Michener LA, Sennett BJ, Karduna AR. Direct 3 dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements during in vivo. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001; 10: 269–277.

McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther.* 2006; 86(6): 1075-1090.

McQuade KJ, Wei SH, Smidt GL. Effects of local muscle fatigue on three-dimensional scapulohumeral rhythm. *Clin Biomech.* 1995; 10: 144–48.

Mosqueda T, James MA, Petuskey K, Bagley A, Abdala E, Rab G. Kinematic assessment of the upper extremity in brachial plexus birth palsy. *J Pediatr Orthop* 2004; 24(6):695–9.

Nijs J, Roussel N, Vermuelen K, Souvereyns G. Scapular positioning in patients with shoulder pain: a study examining the reliability and clinical importance of 3 clinical tests. *Arch Phys Med Rehab.* 2005; 86:1349-1355.

Neiva PD, Kirkwood RN, Godinho R. Orientation and position of head posture, scapula and thoracic spine in mouth-breathing children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2009; 73(2):227-236.

O'Brien SJ, Voos JE, Neviasser AS et al. Developmental anatomy of the shoulder and anatomy of the glenohumeral joint. In: Rockwood CA, Matsen FA, Wirth MA,

et al. The shoulder, vol 1. 4ed. Philadelphia, Pennsylvania, USA: Saunders, 2009. p.1–31.

Ogston JB, Ludewig PM. Differences in 3-dimensional shoulder kinematics between persons with multidirectional instability and asymptomatic controls. *Am J Sports Med.* 2007; 35: 1361-1370.

Oyama S, Myers JB, Wassinger CA, Ricci RD, Lephart SM. Asymmetric resting scapular posture in healthy overhead athletes. *J Athl Train.* 2008; 43: 565-70.

Phadke V, Camargo PR, Ludewig PM. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Rev. Bras.Fisioter.* 2009; 13(1):1-9.

Phadke V, Ludewig PM. Study of the scapular muscle latency and deactivation time in people with and without shoulder impingement. *J Electromyogr Kinesiol.* In press 2012.

Schunke M. et al., 2006. Atlas of anatomy. Thieme, New York.

Sher JS, Uribe JW, Posada A, Murphy BJ, Zlatkin MB. Abnormal findings on magnetic resonance images of asymptomatic shoulders. *J Bone Joint Surg Am.* 1995; 77:10-5.

Struyf F, Nijs J, Horsten S, Mottram S, Truijen S, Meeusen R. Scapular positioning and motor control in children and adults: A laboratory study using clinical measures. *Man Therap.* 2011; 16:155-160.

Tarkin IS, Morganti CM, Zilmer DA. Rotator Cuff Tears in Adolescent Athletes. *The Americ J Sports Med.* 2005; 33(4):596-601.

Teece RM, Lunden JB, Lloyd AS, Kaiser AP, Cieminski CJ, Ludewig PM. Three dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008; 38: 181-90.

Terry CG, Chopp TM. Functional Anatomy of the Shoulder. *J Athlet Train.* 2000; 35(3): 248-55.

Van Andel C, van Hutten K, Eversdijk M, Veeger D, Harlaar J. Recording scapular motion using an acromion marker cluster. *Gait Posture.* 2009; 29:123-128.

Villardi AM, Veiga LT, Franco JS, Cagy M, Silva PJG, Raptopoulos L, D'Angelo MD. Análise da marcha pós-artroplastia total do joelho com e sem preservação do ligamento cruzado posterior. *Rev Bras Ortop.* 2005; 40(6): 316-330.

Wang CH, McClure PW, Pratt NE. Stretching and strengthening exercises: their effects on three-dimensional scapular kinematics. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 1999; 80:923–929.

Warner JJP, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome: A study using Moiré topographic analysis. *Clin. Orthop.* 1992; 285:191–199.

Wu G, Van der Helm FC, Veeger HE, Makhsous M, Van Roy P, Anglin C, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion – Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *J Biomech.* 2005; 38: 981–92.

Yano Y, Hamada J, Tamai K, Yoshizaki K, Sahara R, Fujiwara T, et al. Different scapular kinematics in healthy subjects during arm elevation and lowering: glenohumeral and scapulothoracic patterns. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010; 19(2): 209-15.

Yoshizaki K, Hamada J, Tamai K, Sahara R, Fujiwara T, Fujimoto T. Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *Shoulder Elbow Surg.* 2009; 18:756-763.

ANEXO 1 PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIMEP



CEP-UNIMEP
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



UNIMEP
Universidade Metodista de Piracicaba

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado “**Análise da cinemática 3-D da escápula e eletromiografia durante elevação do braço em adultos saudáveis e crianças típicas**”, sob o protocolo nº **88/11**, da Pesquisadora **Profa. Paula rezende Camargo** está de acordo com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.

We certify that the research project with title “**Analysis of scapular 3-D kinematics and electromyography during arm elevation in healthy adults and typical children**”, protocol nº **88/11**, by Researcher **Profa. Paula rezende Camargo** is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.

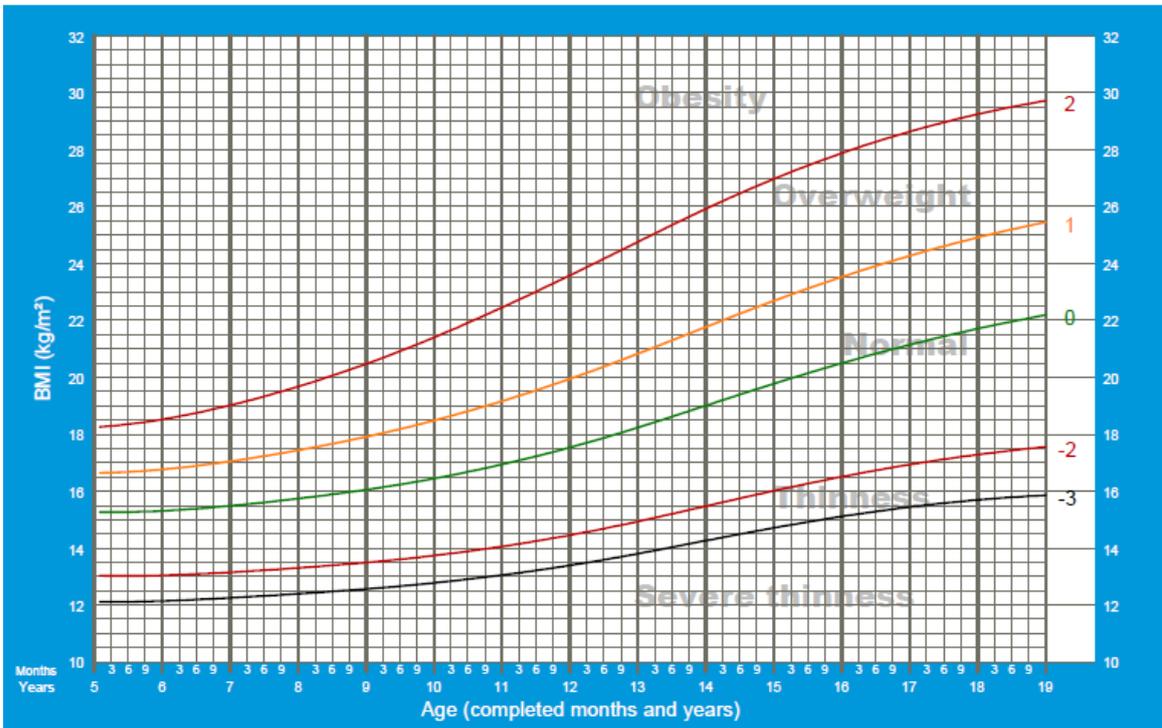
Piracicaba, SP, 29 de novembro de 2011.

Prof. Rodrigo Batagello
Coordenador CEP - UNIMEP

ANEXO 2
CURVA EM Z-SCORE DO ÍNDICE DE MASSA CORPORAL (IMC) PARA
MENINOS E MENINAS DE 5-19 ANOS

BMI-for-age BOYS

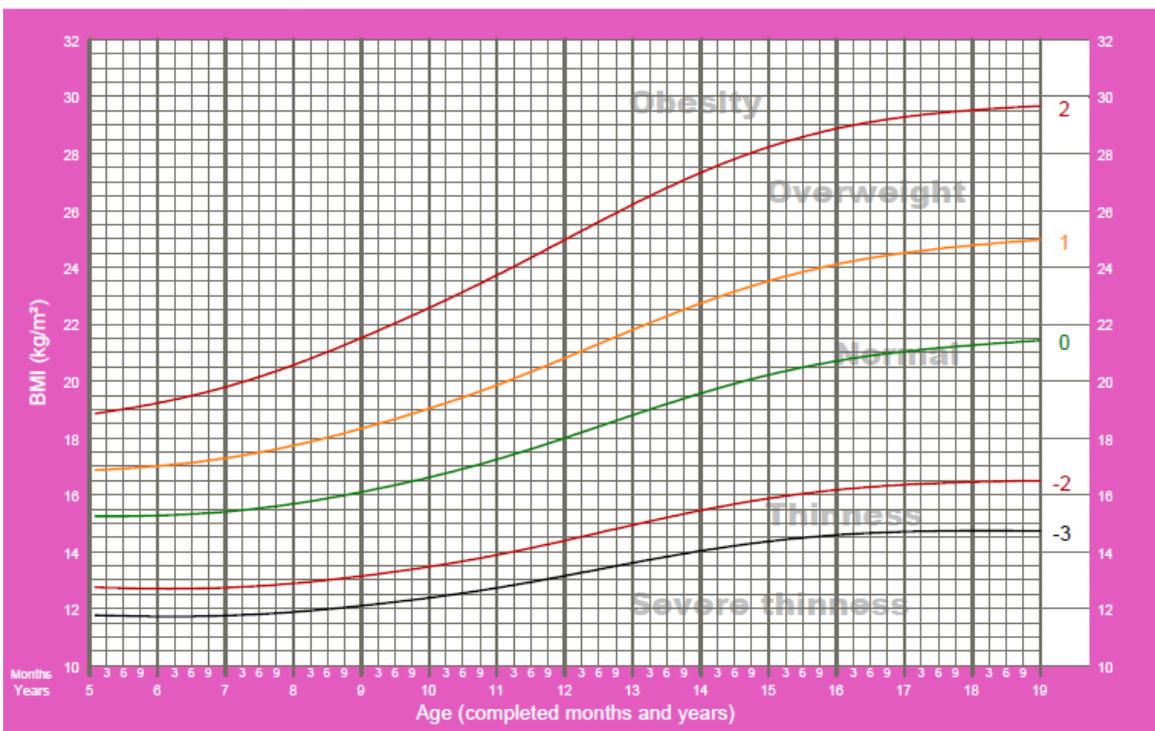
5 to 19 years (z-scores)



2007 WHO Reference

BMI-for-age GIRLS

5 to 19 years (z-scores)



2007 WHO Reference

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1. Você está sendo convidado para participar da pesquisa “Análise da cinemática 3-D da escápula e eletromiografia durante a elevação do braço em adultos saudáveis e crianças típicas”.
2. Você foi selecionado por meio de testes clínicos e por não apresentar sintomas dolorosos no ombro e pescoço.
3. O objetivo deste estudo é comparar a cinemática escapular e a ativação muscular do serrátil anterior, trapézio inferior e superior durante a elevação do braço em adultos saudáveis e crianças típicas.
4. Sua participação nesta pesquisa consistirá em (1) entrevista com o pesquisador para avaliar se você preenche os requisitos previstos nos critérios de inclusão do estudo, (2) fornecer informações tais como: idade, peso, altura, histórico da dor no ombro, ocupação, (3) ter 2 sensores (1,8x0,8x0,8 cm cada) fixados à pele na escápula e manúbrio do esterno com fita dupla face, e um manguito que será fixado no braço, logo acima do cotovelo, com velcro, (5) ter 3 eletrodos de superfície fixados à pele no trapézio superior, trapézio inferior e serrátil anterior, (6) realizar algumas contrações máximas em certas posições do braço, (7) elevar o braço de modo ativo em uma amplitude confortável para registro das variáveis estudadas. Os sensores serão retirados no final da coleta dos dados. A sessão para coleta dos dados pode ter duração de até 1 hora e meia.
5. O procedimento não tem caráter invasivo. Os riscos de sua participação são mínimos pois pode haver uma pequena irritação (vermelhidão) da pele após a remoção da fita dupla face para retirada dos sensores. Esse desconforto será similar a quando se retira um bandage da pele. A avaliação poderá causar um desconforto muscular mínimo devido às contrações máximas. Durante a maior parte da avaliação você ficará em pé, o que poderá causar cansaço ou uma sensação de tontura. No entanto, se necessário, você terá permissão para se sentar para evitar esses riscos. Com este estudo espera-se ajudar o profissional clínico em uma melhor compreensão sobre a cinemática do ombro de crianças.
6. Todos os procedimentos serão realizados pelo pesquisador abaixo identificado.
7. Quaisquer dúvidas a respeito dos procedimentos e da sua participação na pesquisa serão esclarecidas antes e durante o curso de pesquisa pelo pesquisador responsável.
8. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento, sendo que isso não trará nenhuma penalização ou prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.
9. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.
10. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, sendo que os arquivos gerados no processo de avaliação serão identificados a partir de uma numeração.

11. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Paula Rezende Camargo

Rodovia do Açúcar km 156, Piracicaba – SP. Fone: (16) 9101-5076

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

São Carlos _____ de _____ de _____

Participante da pesquisa - Nome _____

Responsável pela criança – Nome _____

Assinatura _____

APÊNDICE 2
FICHA DE AVALIAÇÃO**FICHA DE AVALIAÇÃO**

Data:

Nome:

Data de nascimento:

Idade: Peso: Altura:

Sexo: Estado civil:

Profissão:

Endereço:

E-mail:

Telefone:

Faz alguma atividade física ou esportiva? Se sim, quais?

Há quanto tempo?

Frequência semanal:

Membro dominante:

Membro superior avaliado:

Apresenta dor no ombro? Se sim há quanto tempo?

Qual tipo de mochila utiliza para ir á escola?

Teste de instabilidade e impacto:

Neer

Jobe

Hawkins

Apreensão anterior

Gaveta posterior

	Escala visual analógica (EVA)
Repetição 1	
Repetição2	
Repetição3	

