



Discinesia escapular: avaliação clínica e análise cinemática tridimensional

Scapular dyskinesia: clinical evaluation and three-dimensional kinematic analysis

Andreia Nogueira Miana

Mestre em Biodinâmica do Movimento Humano. Pesquisadora do Instituto Vita - SP.

Breno Schor

Médico ortopedista do Instituto Vita - SP.

Wagner Castropil

Doutor em Ciências. Médico ortopedista do Instituto Vita - SP.

Alexandre Carneiro Bitar

Mestre em Ciências. Médico do Instituto Vita - SP.

Marcos Duarte

Doutor em Ciências. Professor da Universidade de São Paulo e colaborador do Instituto Vita - SP.

Unitermos: cinemática, biomecânica, escápula, discinesia.

Unterns: kinematics, biomechanics, scapula, dyskinesia.

Summary

The goal of this study is to describe a method of three-dimensional kinematic analysis based on surface markers, which can be combined with a clinical analysis, to evaluate the movements of the scapula. To perform this three-dimensional kinematic analysis, the arms, scapulas, and trunk are modeled as rigid bodies with six degrees of freedom each. The position and attitude of each segment are quantified during specific movements measuring the position of surface markers placed on specific regions of the segments. To illustrate the propose method, we presented the evaluation of one patient with tendonitis and bursitis of the supraspinal and bilateral scapular dyskinesia of type Kibler II. The kinematic evaluation successfully quantified the alterations of the movement of the scapula when compared with the contralateral side and with other subjects without scapular dyskinesia. The conclusion derived from the kinematic evaluation was equivalent to the clinical evaluation however it presented more details. This additional information can be used to prescribe a more specific rehabilitation protocol and can be used as an objective criterion for accompanying the treatment evolution. We conclude suggesting that a quantitative kinematic evaluation can be used as an auxiliary tool for the treatment of subjects with scapular dyskinesia.

Numeração de páginas na revista impressa: **17 à 24**

Resumo

O objetivo deste artigo é descrever um método de análise cinemática tridimensional baseado em marcas superficiais que pode ser combinado com uma análise clínica para avaliar a movimentação da escápula no gradil costal. Para realizar a análise cinemática tridimensional dos membros superiores (braços, escápulas e tronco) cada segmento é modelado como um corpo rígido com seis graus de liberdade. A posição e atitude de cada segmento são quantificadas durante o movimento a partir da mensuração da posição de marcas superficiais sobre locais específicos dos segmentos. Para ilustração do método proposto, é apresentado a avaliação de um paciente que foi diagnosticado com tendinite e bursite do supraespinhal e discinesia escapular Kibler II bilateral. A avaliação cinemática foi capaz de quantificar com sucesso os desvios do movimento da escápula quando comparados à escápula contralateral e a sujeitos sem discinesia escapular. A conclusão a partir do resultado da avaliação cinemática foi equivalente à avaliação clínica, porém apresentou maior detalhe de descrição, o que não seria possível ser feito apenas visualmente. Esta maior riqueza de informação pode ser usada para o desenvolvimento de um protocolo de reabilitação mais específico e individual para cada sujeito, assim como critério de alta ou evolução do tratamento. Dessa forma, a avaliação cinemática tridimensional da escápula pode ser usada como mais uma ferramenta auxiliar para o tratamento do ombro de indivíduos com discinesia escapular.

Introdução

O movimento adequado da escápula é considerado crucial para a função normal do ombro. Ela serve como uma base estável para a função do membro superior, através da articulação glenoumeral, mas, em contrapartida, deve permitir uma grande amplitude de movimento do ombro (McClure et al., 2001). A eficiência na geração e transferência de força pelo ombro requer um posicionamento adequado da escápula para minimizar as cargas nas articulações glenoumeral e acromioclavicular (Dome et al., 2006).

Alterações da posição da escápula em repouso ou durante o movimento são chamadas de discinesia escapular. Esse termo é usado para descrever a falta de controle do movimento e da posição da escápula em relação ao gradil costal vista clinicamente (Kibler et al., 2003). A discinesia escapular pode ser causada por vários fatores entre eles podemos citar a má postura corporal como excessiva cifose torácica ou lordose cervical, lesões nervosas, disfunções proprioceptivas, fraturas da clavícula ou lesões acromioclaviculares. Porém, as causas mais comuns são resultado da alteração da ativação e coordenação dos músculos estabilizadores da escápula, assim como a falta de flexibilidade, fraqueza ou contratura dos músculos e/ou ligamentos do ombro (Burkhart et al., 2003).

A disfunção escapulotorácica vem sendo reconhecida, recentemente, como um importante fator de diagnóstico e tratamento de muitas lesões comuns do ombro (Dome et al., 2006). Devido a sua importância no complexo do ombro, o movimento anormal da escápula tem sido associado a patologias como síndrome do impacto, ombro congelado e instabilidade glenoumeral (van Andel et al., 2009). Segundo Kibler et al. (2003), 68% dos pacientes que apresentam síndrome do impacto, 94% dos que apresentam lesão labral e 100% dos que apresentam instabilidade glenoumeral possuem discinesia escapular. Este tema vem sendo estudado nas últimas duas décadas, Warner et al. (1992) avaliaram a assimetria escapular em pacientes com instabilidade glenoumeral e síndrome do impacto através de uma análise topográfica e encontraram associação entre disfunção escapulotorácica e lesões que geram disfunções clínicas no ombro. A questão que não foi respondida e permanece até os dias de hoje é se esta disfunção representa um fenômeno primário ou secundário nas lesões do ombro. Devido às discussões como esta, o entendimento mais detalhado do movimento escapulotorácico vem crescendo consideravelmente (Amasay et al., 2009 Reinold et al., 2009).

Os movimentos da escápula e possíveis anomalias nestes movimentos são comumente avaliados clinicamente por meio de uma escala subjetiva conhecida como escala de Kibler (Kibler et al., 2003), em que os padrões de discinesia escapular foram classificados em três categorias que correspondem aos três planos de movimento da escápula em relação ao tórax. Tipo I é caracterizado pela proeminência do ângulo inferior da borda medial da escápula. Tipo II pela proeminência de toda a borda medial da escápula e tipo III pela translação superior da escápula e proeminência da borda medial superior da escápula (Kibler et al., 2003). A escala de Kibler é hoje considerada como de facto standard para avaliação dos movimentos da escápula. As classificações tipo I e II estão comumente associadas a lesões labrais e a tipo III a lesões de manguito e síndrome do impacto. Geralmente esta avaliação clínica da escápula é feita pelo aspecto posterior do tronco. O examinador deve observar a escápula em repouso e durante a abdução do ombro no plano da escápula. Dessa forma, podem ser observadas anormalidades como rotação, alongamento e/ou elevação das escápulas em relação ao gradil costal, assim como assimetrias e ritmo durante o movimento ascendente e descendente do ombro (Kibler et al., 2003). Apesar deste método de avaliação ser considerado clinicamente simples e de fácil execução, ele possui algumas limitações devido ao seu aspecto qualitativo e a dificuldade de classificação da escápula nos três planos de movimento apenas visualmente.

Uma forma mais objetiva e acurada, mas muito mais complexa, para avaliar os movimentos da escápula é a análise biomecânica tridimensional que é capaz de mostrar que a escápula normalmente se move ao redor de três eixos de movimento simultaneamente nas tarefas comuns do dia-a-dia (McClure et al., 2001). É importante ressaltar que neste tipo de análise, em que é necessário o posicionamento de marcadores na escápula, existe a dificuldade de rastrear o movimento desta porque ocorre um deslizamento significativa da escápula em relação à pele (Karduna et al., 2001). Dessa forma, alguns métodos têm sido desenvolvidos para uma melhor acurácia da análise da

movimentação da escápula. A inserção de pinos intracorticais associados a um dispositivo eletromagnético é obviamente o mais acurado (McClure et al., 2001), porém é um método invasivo e inviável clinicamente. Outros métodos não invasivos, baseados em dispositivos de rastreamento ópticos ou eletromagnéticos, têm sido desenvolvidos para analisar o movimento da escápula e usados para fins de diagnóstico e de avaliação (Meskers et al., 2007 Talkhani et al., 2001). A partir dos métodos citados anteriormente, um método usando um cluster posicionado no acrómio baseado em marcadores retro-refletivos foi desenvolvido e validado para rastrear o movimento tridimensional da escápula (Salvia et al., 2009). Este método, clinicamente viável, pode auxiliar no entendimento da contribuição dos movimentos da escápula para o movimento global do ombro. Dessa forma, pode gerar benefícios na área clínica como durante um exame físico, numa reconstrução cirúrgica ou em programas de reabilitação do ombro (van Andel et al., 2009).

O objetivo deste artigo é descrever um método de análise cinemática tridimensional baseado em marcas superficiais que possa ser combinado com uma análise clínica para avaliar a movimentação da escápula no gradil costal. O método de avaliação cinemática além de ser mais objetivo, preciso e acurado do que uma avaliação visual tradicional, é viável clinicamente e tem sido empregado no Instituto Vita tanto como protocolo de avaliação de pacientes como em pesquisa.

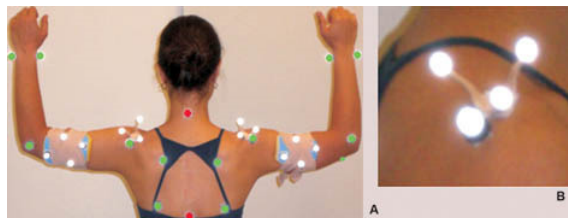


Figura 1 - A. Protocolo de marcadores usado na análise cinemática escapular. Marcadores anatômicos: verdes (tomada estática) e vermelhos (tomadas estática e dinâmica). Marcadores técnicos: brancos. B. cluster da escápula.

Materiais e métodos

1. População-alvo

A avaliação do movimento tridimensional da escápula é indicada para sujeitos que apresentam qualquer disfunção escapulotorácica. Porém, pode também ser realizada em pacientes que tenham histórico de lesões associadas ao ombro como, por exemplo, lesão labral, instabilidade glenoumeral, síndrome do impacto ou lesão do manguito rotador. Adicionalmente, também pode ser aplicada em situações pré ou pós-operatórias, envolvendo o complexo do ombro.

2. Protocolo da avaliação

A avaliação do movimento tridimensional da escápula é realizada no Laboratório de Biomecânica do Instituto Vita, localizado em São Paulo, SP. O exame é dividido em quatro etapas. A primeira consiste na colocação de 23 marcadores retrorrefletivos (classificados como anatômicos ou técnicos, como descrito a seguir) em proeminências anatômicas na superfície dos membros superiores e tronco e 4 conjuntos rígidos de marcas posicionados nas escápulas e braços (Figura 1). Na segunda e terceira etapas são realizadas coletas de tarefas que auxiliarão na avaliação do movimento: uma coleta com o sujeito parado (calibração ou tomada estática) e uma coleta (tomada dinâmica) em que o sujeito realiza alguns movimentos de rotação com o úmero para o cálculo do centro articular da articulação glenoumeral, explicado posteriormente. Finalmente, o sujeito realiza as tarefas para avaliação em si (tomada dinâmica), que são realizados 10 movimentos de abdução do ombro até 120° no plano da escápula com e sem a utilização de um peso de 1 kg para as mulheres e 2 kg para os homens. Estes movimentos serão utilizados para a análise do comportamento tridimensional das escápulas no gradil costal. A avaliação dura em média de 30 a 40 minutos.

3. Análise cinemática escapular

Para realizar a análise cinemática tridimensional dos membros superiores (braços, escápulas e tronco) cada segmento é modelado como um corpo rígido com seis graus de liberdade (Cappozzo et al., 1995 Grood & Suntay, 1983 Zatsiorsky, 1998). A posição e atitude de cada segmento são quantificadas durante o movimento a partir da mensuração da posição de marcas superficiais sobre locais específicos dos segmentos. A localização das marcas e a orientação dos segmentos são feitas de acordo com a recomendação da Sociedade Internacional de Biomecânica (Wu et al., 2005). Para minimizar os erros experimentais relacionados a artefatos de movimento nas medidas cinemáticas que utilizam marcas superficiais se utiliza um protocolo chamado "Técnica de Calibração do Sistema Anatômico" proposto por Cappozzo et al. (1995). Neste protocolo, em vez de mensurar a posição das marcas anatômicas diretamente sobre a pele durante o movimento, é mensurada a posição de um conjunto de marcas superficiais (denominadas marcas técnicas) dispostas em uma superfície rígida (cluster) que serão acoplados aos braços e escápulas. Os clusters da escápula foram baseados no trabalho de Salvia et al. (2009) e Karduna et al. (2001). Antes, porém, é realizada uma aquisição com o sujeito parado (denominada calibração estática) que as posições de ambos os conjuntos de marcas anatômicas e marcas técnicas são mensuradas. Considerando que cada segmento é rígido, as posições relativas das marcas anatômicas e das marcas técnicas não variam para cada segmento. Portanto, para cada segmento é possível descrever matematicamente a posição de cada marca anatômica em um sistema de referência derivado somente das marcas técnicas (cluster).

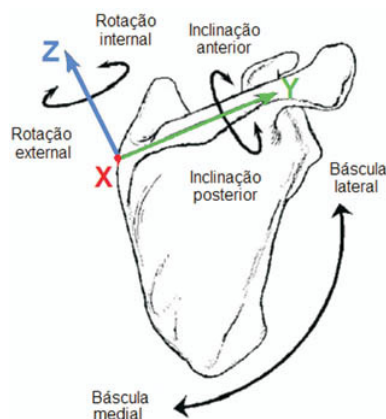


Figura 2 - Sistema de coordenadas e convenção dos movimentos angulares da escápula.

Dessa forma, após a calibração estática as marcas anatômicas podem ser removidas dos segmentos e as tentativas dinâmicas poderão ser realizadas sem estas marcas. Para a determinação dos sistemas de referência dos segmentos é necessário conhecer o centro articular de cada articulação. Os centros articulares são definidos através de um método funcional que consiste em realizar movimentos de rotação com o úmero e estimar matematicamente o ponto (centro articular da glenoumeral) em torno do qual as marcas sobre o braço giraram (Stokdijk et al., 2000).

A partir da definição dos sistemas de referência para os segmentos e articulações sob estudo, as rotações nos três planos de movimento da articulação escapulotorácica direita e esquerda são calculadas utilizando-se a representação de ângulos de Euler, adotando-se a seguinte convenção: a primeira rotação é descrita ao redor do eixo médio-lateral (eixo Y, perpendicular ao plano sagital) que define movimentos de inclinação anterior/posterior da escápula a terceira rotação é descrita ao redor do eixo longitudinal (eixo Z, perpendicular ao plano transversal) que define movimentos de rotação interna/externa da escápula e a segunda rotação é descrita ao redor de um eixo perpendicular aos dois

eixos anteriores, que na posição neutra (anatômica) corresponderia ao eixo ântero-posterior (eixo X, perpendicular ao plano frontal) que define movimentos de báscula lateral/medial da escápula (Figura 2). Esta conveno  denominada simplesmente de Y-X-Z (Cappozzo et al., 1995 Grood & Suntay, 1983 Zatsiorsky, 1998). Este tipo de conveno  atraente por definir rotaes com maior interpretao anatmica/clínica.

Um sistema de análise do movimento composto por câmeras de vídeo que operam no infravermelho e com frequência de aquisio de 120 Hz (Vicon, EUA)  utilizado para medir a posio dos marcadores no espaço tridimensional durante as tarefas. Todas as análises da posio das marcas e os cálculos dos ângulos articulares são realizados em um programa computacional chamado Visual 3D (C-Motion, EUA), que permite processamento e visualizao dos dados (Figura 3).

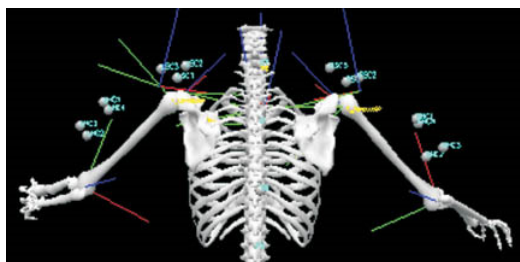


Figura 3 - Exemplo de tela do programa computacional Visual 3D (C-Motion, EUA) que permite processamento e visualizao dos dados cinemáticos.

Resultados

Como o intuito de esclarecer ainda mais a avaliao cinemática da escápula, realizada no laboratório de biomecânica do Instituto Vita, será apresentado um laudo de um paciente do sexo feminino (28 anos, 1.65 m e 52 kg) em que foi diagnosticado tendinose e bursite do supraespinhal e discinesia escapular Kibler II bilateral, por um ortopedista especialista em cirurgia do ombro.

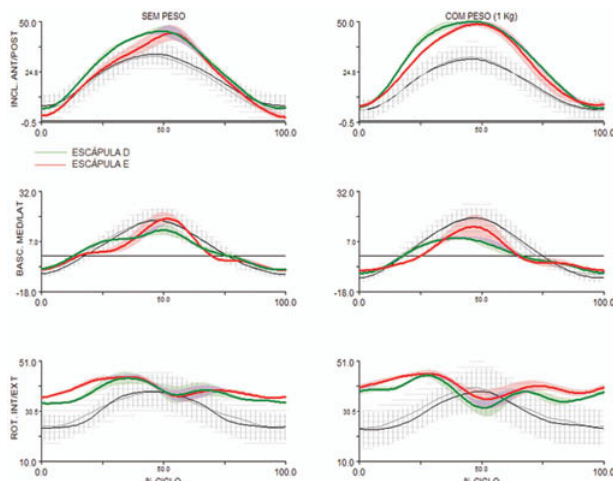


Figura 4 - Média e desvio padrão do ângulo (em graus) das escápulas no gradil costal nos três planos de movimento durante abduo dos ombros no plano da escápula sem e com peso de 1 kg versus o instante do ciclo de movimento. As linhas em verde e vermelho representam os lados direito e esquerdo, respectivamente. As linhas preta e cinza representam média e desvio padrão de cinco sujeitos sem discinesia escapular.

Laudo da avaliao cinemática

Um laudo tpico de avaliao cinemática da discinesia escapular apresenta duas figuras e duas tabelas, além de uma descrio detalhada dos resultados e conclusão final.

Na Figura 4 (primeira figura do laudo) são apresentados seis gráficos representando o movimento das escápulas nos três planos de movimento durante a abduo dos ombros no plano da escápula até 120. Na ordenada (eixo vertical do gráfico) podemos observar os ângulos em graus e na abscissa (eixo horizontal do gráfico) a porcentagem do ciclo do movimento (0% e 100% representam os instantes em que o membro superior está próximo ao tronco e aproximadamente 50% representa o instante em que o membro superior está mais elevado). Estes seis gráficos estão dispostos em duas colunas e três linhas, onde a primeira linha corresponde ao movimento de inclinao ântero-posterior da escápula, a segunda linha ao movimento de báscula lateral/medial e a terceira linha ao movimento de rotao das escápulas. A primeira coluna corresponde ao movimento sem peso e a segunda coluna ao movimento realizado com um peso de 1 kg. As curvas mais grossas em verde e vermelho representam, respectivamente, o movimento da escápula direita e esquerda do paciente analisado. As outras curvas mais finas em preto e cinza representam a média e desvio padrão do movimento da escápula direita e esquerda, respectivamente, de cinco sujeitos que não possuem discinesia escapular.

Na Figura 5 (segunda figura do laudo) são apresentados gráficos semelhantes aos da Figura 4, porém no eixo das abscissas (horizontal) pode observar-se o movimento de abduo do ombro no plano da escápula. Dessa forma podemos relacionar os ângulos escapulares durante todo o movimento ascendente e descendente dos braços.

Na Tabela 1 (primeira tabela do laudo) são apresentados valores da média dos ângulos das escápulas do paciente nos três eixos de movimento relacionados com os graus de movimento ascendentes e descendentes dos ombros (20, 60 e 100). Quando os valores estiverem destacados em amarelo significa que estão fora dos valores padrões. Ainda pode ser observada a amplitude de movimento da escápula nos três planos de movimento. E, finalmente, a Tabela 2 (segunda tabela do laudo) apresenta a mesma estrutura da tabela anterior, porém com os valores da média e desvio padrão de cinco sujeitos que não possuem discinesia escapular para serem usados como valores padrões.

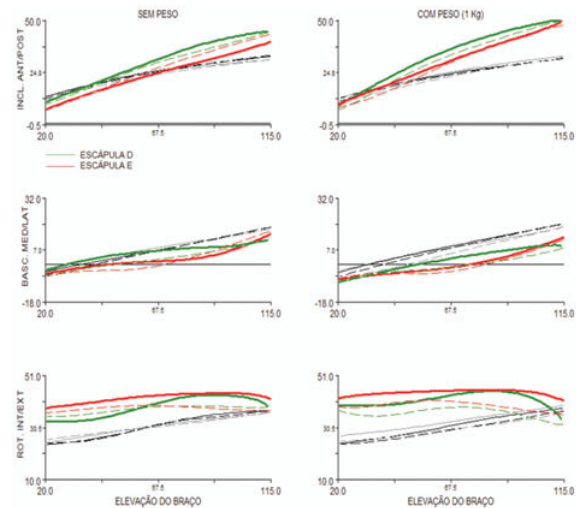


Figura 5 - Média e desvio padrão do ângulo (em graus) das escápulas no gradil costal nos três planos de movimento durante abdução dos ombros no plano da escápula sem e com peso de 1 kg versus o ângulo de elevação do braço. As linhas em verde e vermelho representam os lados direito e esquerdo, respectivamente. As linhas preta e cinza representam média e desvio padrão de cinco sujeitos sem discinesia escapular.

Discussão

A partir dos resultados podemos observar que, em relação aos movimentos de inclinação anterior e posterior, a paciente apresentou curvas aproximadamente 10 graus acima dos valores padrão. Dessa forma, a paciente apresentou uma maior inclinação posterior da escápula, podendo ser explicada pela extensão da coluna torácica realizada pela paciente durante o movimento de elevação dos braços. Esse comportamento pode ser motivo de compensação, possivelmente devido à fraqueza dos músculos periescapulares. Esta maior inclinação posterior também foi representada na Tabela 1, na qual os valores em amarelo apresentam-se fora dos valores padrão. Podemos observar que isso ocorre próximo ao ângulo máximo de elevação do braço no plano da escápula.

Em relação aos movimentos de báscula da escápula, podemos observar que aproximadamente na metade do movimento de elevação dos braços ocorre uma diminuição da báscula lateral da escápula esquerda seguida de um aumento deste movimento até a máxima elevação, enquanto que neste mesmo instante observamos um aumento da báscula lateral da escápula direita seguida de uma diminuição deste movimento que permanece constante até o fim da elevação. Este comportamento sugere uma discreta disritmia no movimento de báscula das escápulas, sugerindo falta de controle dos músculos periescapulares.

Tabela 1 - Análise do movimento das escápulas do paciente durante abdução dos ombros no plano da escápula. Valores em graus

Elevação dos braços SEM PESO		Inclinação			Báscula			Rotação			
Movimento	Graus	D	E	°	D	E	°	D	E	°	
Ascendente	20	9.8	5.7	4.0	-3.5	-4.8	1.2	33.0	37.8	4.9	
	60	27.8	21.8	6.0	5.3	0.8	4.5	38.1	42.3	4.2	
	100	42.2	34.7	7.5	9.3	6.9	2.4	43.1	43.7	0.5	
Descendente	100	39.2	37.4	1.8	8.0	9.4	1.4	39.1	38.3	0.7	
	60	26.0	22.8	3.2	1.8	-1.7	0.2	37.9	39.9	2.0	
	20	9.3	5.6	3.7	-5.4	-5.6	0.2	34.7	36.4	1.8	
Amplitude das curvas		115*	39.6	42.7	3.1	19.8	25.9	6.1	10.7	9.3	1.4

Elevação dos braços COM PESO		Inclinação			Báscula			Rotação			
Movimento	Graus	D	E	°	D	E	°	D	E	°	
Ascendente	20	8.6	8.9	0.3	-7.8	-7.1	0.7	38.0	40.1	2.0	
	60	31.9	26.3	5.6	0.9	-2.5	1.5	41.6	44.2	2.5	
	100	46.7	41.4	5.3	8.6	6.9	1.7	42.9	44.4	1.5	
Descendente	100	45.4	42.9	2.5	4.9	6.0	1.0	36.0	38.1	2.1	
	60	29.6	25.1	4.5	-1.7	-3.7	1.9	38.2	41.6	3.5	
	20	6.4	7.7	1.2	-8.4	-6.8	1.6	37.6	39.4	1.8	
Amplitude das curvas		115	44.6	41.8	2.8	18.2	22.3	4.1	14.3	10.7	3.6

Valores positivos – báscula lateral da escápula, inclinação posterior da escápula e rotação externa da escápula. Valores negativos – báscula medial da escápula, inclinação anterior da escápula e rotação interna da escápula.

Finalmente, em relação aos movimentos de rotação da escápula, podemos observar as alterações mais importantes, como um movimento irregular de rotação interna/externa das escápulas. Em ambas as escápulas podemos observar um aumento de rotação interna, em relação aos valores padrão, podendo caracterizar um aumento de toda a borda medial das escápulas (Kibler II), principalmente a D e no movimento com peso.

É importante ressaltar algumas limitações existentes neste método cinemático de avaliação da escápula. Uma delas é a colocação correta dos marcadores anatômicos e também dos conjuntos de marcas sobre a escápula. Apesar de trabalhos anteriores terem realizado a validação do conjunto de marcas posicionado no acrómio (Salvia et al., 2009 e Karduna et al., 2001), a posição inadequada deste pode induzir a erros na cinemática escapular. Portanto, é necessário que um profissional treinado realize a colocação dos marcadores. Outra limitação é que este método possui maiores incertezas quando o movimento é realizado acima de 120º (Karduna et al., 2001), principalmente se o sujeito analisado possui massa muscular do deltoide aumentada. Devido a esta limitação, durante a avaliação, os indivíduos realizam a abdução do ombro no plano da escápula até 120º. Apesar destas limitações, este método pode ser considerado mais objetivo, preciso e acurado do que uma avaliação visual tradicional da escápula.

Conclusão

A conclusão a partir do resultado da avaliação cinemática foi equivalente à avaliação clínica, porém apresentou maior detalhe de descrição, o que não seria possível ser feito apenas visualmente. Esta maior riqueza de informação pode ser usada para o desenvolvimento de um protocolo de reabilitação mais específico e individual para cada sujeito, assim como critério de alta ou evolução do tratamento. Dessa forma, a avaliação cinemática tridimensional da escápula pode ser usada como mais uma ferramenta auxiliar para o tratamento do ombro de indivíduos com discinesia escapular. Finalmente, esperamos contribuir para o aperfeiçoamento de uma técnica de diagnóstico utilizada por profissionais de saúde no Brasil.

Tabela 2 - Análise do movimento das escápulas de cinco sujeitos que não apresentam discinesia escapular durante abdução dos ombros no plano da escápula. Valores em graus

Elevação dos braços SEM PESO		Inclinação			Báscula			Rotação		
Movimento	Gráus	D	E	∅	D	E	∅	D	E	∅
Ascendente	20	14.9±4.5	14.2±7.2	3.2±2.2	-3.6±2.5	-3.4±4.3	2.0±1.3	25.6±6.2	25.4±7.9	3.2±1.8
	60	24.1±5.2	23.4±7.1	2.0±1.1	4.1±3.8	4.4±5.3	2.1±1.8	31.6±6.2	31.9±8.8	2.0±1.5
	100	29.6±4.9	29.5±6.1	2.3±1.4	13.8±4.0	13.5±5.2	1.5±1.0	37.1±7.1	36.4±9.6	1.8±1.6
Descendente	100	28.9±4.6	28.8±6.2	2.7±1.8	14.2±4.9	13.5±6.0	1.8±1.3	35.9±9.9	35.4±11.4	1.0±1.0
	60	22.8±4.6	22.0±7.2	2.3±1.6	5.8±6.1	4.6±7.4	2.5±1.6	31.7±1.0	31.1±11.1	1.0±1.0
	20	13.7±4.6	12.0±7.6	3.8±1.8	-3.5±5.3	-3.5±6.7	2.4±1.0	25.9±7.1	26.0±10.1	3.3±1.6
Amplitude das curvas	115*	24.5±5.8	23.7±4.7	3.8±2.6	28.2±5.4	28.2±4.6	2.8±1.6	14.8±2.3	15.9±1.7	2.2±2.0

Elevação dos braços COM PESO		Inclinação			Báscula			Rotação		
Movimento	Gráus	D	E	∅	D	E	∅	D	E	∅
Ascendente	20	13.8±5.4	13.7±6.5	1.8±1.4	-4.7±1.9	-3.3±3.6	1.9±1.4	25.2±6.8	27.6±9.3	2.6±2.4
	60	22.8±5.8	22.7±6.4	1.7±0.8	3.9±4.1	4.7±5.7	2.9±1.7	30.7±7.0	33.4±10.1	3.3±2.0
	100	28.7±5.1	29.5±6.7	2.0±1.5	13.3±4.5	12.1±6.6	2.9±1.8	36.2±8.0	37.4±9.7	2.1±1.4
Descendente	100	28.2±5.2	29.4±7	2.5±1.1	14.7±4.1	12.5±6.3	3.2±1.9	36.0±9.8	36.3±11.7	2.0±1.7
	60	21.9±5.6	21.8±7.4	2.3±1.2	5.9±5.5	4.2±5.6	1.4±1.3	31.0±9.6	32.5±12.4	2.7±1.2
	20	12.4±5.5	11.6±7.4	2.2±1.1	-4.6±5.0	-4.5±5.2	2.5±1.9	26.2±8.7	28.1±11.0	2.4±1.4
Amplitude das curvas	115*	23.2±5.8	24.6±5.4	3.4±2.9	30.5±6.9	28.8±7.1	3.0±1.8	14.9±3.0	17.2±2.3	2.0±1.5

Valores positivos – báscula lateral da escápula, inclinação posterior da escápula e rotação externa da escápula.
 Valores negativos – báscula medial da escápula, inclinação anterior da escápula e rotação interna da escápula.

Bibliografia

1. Amasay T, Karduna AR. Scapular Kinematics in Constrained and Functional Upper Extremity Movements. Journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2009 39 (8):618-627.
2. Burkhart SS, Craig DM, Kibler, WB The Disabled Throwing Shoulder: Spectrum of Pathology Part III: The SICK Scapula, Scapular Dyskinesia, the Kinetic Chain, and Rehabilitation. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery. 200319(6):641-661.
3. Cappozzo A, Catani F, Croce UD, Leardini A. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. Clinical Biomechanics. 1995 10(4): 171-178.
4. Dome DC, Kibler WB. Evaluation and management of scapulothoracic disorders. Current Opinion in Orthopaedics 2006 17:321-324.
5. Graichen H, Stammberger T, Bonel H, et al. Three-dimensional analysis of shoulder girdle and supraspinatus motion patterns in patients with impingement syndrome. J Orthop Res. 200119:1192-1198.
6. Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. J Biomech Eng. 1983 105(2): 136-144.
7. Karduna AR, McClure PW, Michener LA, Sennett B. Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. J Biomech Eng. 2001123:184 -190.
8. Kibler WB, John McMullen ATC. Scapular Dyskinesia and Its Relation to Shoulder Pain. J Am Acad Orthop Surg 200311:142-151.
9. Konrad GG, Jolly JT, Labriola JE, McMahon PJ, Debski RE. Thoracohumeral muscle activity alters glenohumeral joint biomechanics during active abduction. J Orthop Res. 200624:748-756.
10. Laudner KG, Myers JB, Pasquale, MR, Bradley JP, Lephart SM. Scapular dysfunction in throwers with pathologic internal impingement. J Orthop Sports Phys Ther. 200636:485-494.
11. Lin JJ, Hanten WP, Olson SL, et al. Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. J Electromyogr Kinesiol. 200515:576-586.
12. Ludewig PM, Reynolds, JF. The Association of Scapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies. J Orthop SportsPhys Ther 2009 39(2):90-104.
13. McClure PW, Michener LA, Sennett BJ, Karduna AR. Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. J Shoulder Elbow Surg. 200110:269 -277.
14. McClure PW, Bialker J, Neff N, et al. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. Phys Ther. 200484: 832-848.
15. Mell AG, LaScalza S, Guffey P, et al. Effect of rotator cuff pathology on shoulder rhythm. J Shoulder Elbow Surg. 200514:58S-64S.
16. Meskers CG, van de Sande MA, de Groot JH. Comparison between tripod and skin-fixed recording of scapular motion. J Biomech 200740(4):941-6.
17. Reynolds JF, Scamilla R, Wilk, KE. Current Concepts in the Scientific and Clinical Rationale Behind Exercises for Glenohumeral and Scapulothoracic Musculature. J Orthop Sports Phys Ther 2009 9(2):105-117.
18. Salvia P, Van Sint Jan S, Crouan A, Vanderkerken L, Moiseev F, Sholkha V, Mahieu C, Snoeck O, Rooze M. Precision of shoulder anatomical landmark calibration by two approaches: A CAST-like protocol and a new anatomical palpator method. Gait Posture, 2009 23.
19. Stokdijk M, Nagels J, Rozing PM. The glenohumeral joint rotation centre in vivo. J Biomech, 2000 33(12): 1629-36.
20. Talkhani IS, Kelly CP. Movement analysis of asymptomatic normal shoulders: a preliminary study. J Shoulder Elbow Surg 200110(6):580-4.
21. Van Andel C, van Hutten K, Eversdijk M, Veeger DirkJan, Harlaar Jaap. Recording scapular motion using an acromion marker cluster. Gait & Posture. 2009 29:123-128.
22. Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome: A study using Moire opographic analysis. Clin Orthop 1992 285:191-199.
23. Wu G, van der Helm FCT, Veeger HEJ, Makhsous M, Van Roy P, Anglin C, Nagels J, Karduna AR, McQuade K, Wang X, Werner FW, Buchholz B. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion - part II: shoulder, elbow, wrist and hand. Journal of Biomechanics 2005 38: 981-992.
24. Zatsiorsky, VM Kinematics of human motion. Champaign, IL: Human Kinetics 1998.