

Dois métodos diferentes para análise cinemática dos movimentos de cabeça durante a coordenação viso-cefálica de lactentes

Two different methods for kinematic analysis of head movements relating to eye-head coordination in infants

Lima CD¹, Carvalho RP², Barros RML³, Tudella E¹

Resumo

Contextualização: A análise cinemática é um método de avaliação quantitativa empregada em diferentes áreas de estudo. Na área do desenvolvimento motor, essa análise pode proporcionar uma melhor compreensão da aquisição e do desenvolvimento das habilidades motoras. **Objetivos:** Desenvolver e comparar dois arranjos experimentais para análise cinemática dos movimentos de cabeça durante a coordenação viso-cefálica (CVC) em lactentes. **Materiais e métodos:** Foram testados dois arranjos experimentais (A e B) que diferiam quanto ao número e posicionamento das câmeras, bem como quanto ao volume do sistema de calibração. **Resultados:** A acurácia dos dois arranjos experimentais foi de 2,47mm, indicando que ambos podem fornecer uma reconstrução verossímil do movimento. As três câmeras usadas no arranjo B favoreceram a visualização de toda a amplitude do movimento por pelo menos uma das câmeras. Isso levou à melhora da análise qualitativa e à redução do tempo de processamento dos dados quantitativos, reduzindo-o em 33% quando comparado ao arranjo A. Além disso, o arranjo B apresentou melhor relação custo-benefício. **Conclusões:** Ambos os arranjos são adequados para a análise cinemática dos movimentos de cabeça durante a CVC de lactentes, entretanto, o arranjo B é mais vantajoso. A metodologia do arranjo B pode ser empregada em estudos que investigam o movimento de cabeça de lactentes, sejam eles típicos ou atípicos. Os resultados de tais estudos poderão ser empregados para complementar a avaliação de lactentes de risco e, conseqüentemente, auxiliar na intervenção precoce destes.

Palavras-chave: cinemática; coordenação viso-cefálica; movimentos de cabeça; metodologia.

Abstract

Background: Kinematic analysis is a method for quantitative assessment applied in different fields of study. In the field of motor development, this analysis may promote better understanding of the acquisition and development of motor skills. **Objective:** To develop and compare two experimental set-ups for kinematic analysis of head movements relating to eye-head coordination (EHC) in infants. **Methods:** Two experimental set-ups (A and B) were tested. They differed from each other regarding the numbers and locations of the cameras, and regarding the volume of the calibration system. **Results:** The accuracy of the two experimental set-ups was 2.47mm, thus indicating that both can provide realistic reconstructions of the movement. The three cameras used in set-up B made it possible to view the full range of motion with at least one of the cameras. This led to improvement of the qualitative analysis and reduction of the time taken to process quantitative data, which was 33% shorter than seen with set-up A. In addition, set-up B presented a better cost-benefit relationship. **Conclusions:** Although both set-ups were adequate for kinematic analysis of head movements relating to EHC in infants, set-up B is more advantageous. The methodology for set-up B can be used in studies investigating head movements in either typical or atypical infants. The results from such studies could be used to complement assessments on at-risk infants and consequently could assist in implementing early interventions.

Key words: kinematic; eye-head coordination; head movement; methodology.

Recebido: 21/02/2008 – Revisado: 29/04/2008 – Aceito: 12/06/2008

¹Departamento de Fisioterapia, Setor de Neuropediatria, Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos, (SP), Brasil

²Departamento de Ciências da Saúde, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) – Santos, (SP), Brasil

³Faculdade de Educação Física, Laboratório de Instrumentação Biomecânica, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas (SP), Brasil

Correspondência para: Carolina Daniel de Lima, Avenida Américo Brasiliense, 473, Vila Rezende, CEP 13405-244, Piracicaba (SP), Brasil, e-mail: caroldaniellima@yahoo.com.br

Introdução

A análise cinemática do movimento humano tem sido utilizada como método de avaliação quantitativa, a qual, por meio da interpretação dos resultados, permite a inferência sobre detalhes do movimento. Tal análise tem sido amplamente empregada nas diferentes áreas de estudo da motricidade humana, seja para avaliação do desempenho de atletas nos esportes¹ e dos efeitos da reabilitação²⁻⁴, seja para ampliar os conhecimentos sobre desenvolvimento e controle motor em crianças e adultos⁵⁻⁹. Especialmente na área de desenvolvimento motor, estudos utilizam a análise cinemática como ferramenta para compreender a aquisição e o desenvolvimento das habilidades motoras em lactentes, como, por exemplo, as habilidades de alcance e chute¹⁰⁻¹⁵.

Dentre as habilidades motoras importantes para o desenvolvimento motor global do lactente está a movimentação da cabeça¹⁶. Desde o nascimento, o bebê é capaz de mover ativamente sua cabeça, seja para se alimentar, quando procura o seio materno, seja para liberar as vias aéreas, quando colocado em prono. No final do primeiro semestre de vida, o lactente apresenta controle da movimentação ativa da cabeça, uma vez que as coordenações sensório-motoras primárias já estão desenvolvidas, o controle postural de cabeça e tronco estão aprimorados e algumas posturas anti-gravitacionais adquiridas.

A coordenação viso-cefálica (CVC) consiste em fixar o olhar no objeto e acompanhá-lo simultaneamente com os movimentos dos olhos e da cabeça. Essa coordenação está presente de forma insipiente desde os primeiros dias de vida do lactente e desenvolve-se acentuadamente nos primeiros quatro meses, contribuindo consideravelmente para o controle da cabeça e controle postural anti-gravitacional^{16,17}.

Na medida em que a CVC se desenvolve no lactente, o acompanhamento visual é realizado em maior amplitude e eficácia, com aumento da contribuição dos movimentos de cabeça e diminuição dos movimentos dos olhos, bem como com aumento da sincronia entre o deslocamento do objeto e o acompanhamento visual^{18,19}. Além disso, o desenvolvimento da CVC permite ao lactente realizar os ajustes necessários para desenvolvimento do alcance manual²⁰ e exploração das mãos.

Dada a importância dos movimentos da cabeça durante a CVC para o desenvolvimento motor global do lactente e a escassez de protocolos que os mensurem, faz-se necessário desenvolver uma metodologia que permita a quantificação de forma acurada para investigação desses movimentos, especialmente no período de aquisição do controle de cabeça (recém-nascido - RN - a quatro meses), uma vez que os estudos encontrados realizam análise cinemática (utilizando uma ou duas câmeras) apenas da rotação de cabeça, associada a eletro-oculografia dos olhos.

O presente estudo teve por objetivo desenvolver e comparar dois arranjos experimentais para análise cinemática do movimento de cabeça durante a CVC em lactentes.

Materiais e métodos

Participantes

Este estudo contou com uma amostra de três lactentes saudáveis, nascidos a termo (38±1 semanas de idade gestacional), com peso ao nascimento de 3.326,67g (±336,50). Após autorização do Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (n°289/2006) e consentimento dos pais por meio da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, os lactentes foram avaliados mensalmente do nascimento aos quatro meses de idade, próximo à data de seu aniversário (± sete dias). Estabeleceu-se essa faixa etária por ser o período em que, simultaneamente, se desenvolve o controle da cabeça e a CVC em lactente saudáveis.

Procedimentos

Sistema de calibração e disposição dos equipamentos no laboratório

Para descrever o movimento de um ponto, é necessário conhecer sua posição no espaço em relação a um dado referencial e em função do tempo²¹. Esse referencial, chamado de sistema de calibração, é constituído por pontos de coordenadas X, Y e Z conhecidas, as quais serão informadas ao sistema de análise. No presente estudo, tal sistema foi constituído por seis fios de prumo (2,3m). Ao longo dos fios foram fixados 25 marcadores retro-reflexivos de 0,5cm de diâmetro, com distância de 5cm entre eles²². As coordenadas locais X,Y, Z dos marcadores foram aferidas por meio de uma estação total digital (Leica). Os eixos X e Y são coordenadas planas relativas ao ponto "0" (0,0), enquanto o eixo Z é a diferença de altura entre os marcadores e o ponto de origem do sistema, que se localiza junto a porta do laboratório. O volume do sistema de calibração continha toda a movimentação do objeto a ser rastreado, garantindo, assim, a precisão das medidas.

Foram testados dois arranjos experimentais (A e B) a fim de estabelecer o número de câmeras (JVC/GY DV-300), sua disposição no espaço do laboratório (4,5 x 5,0m) e o volume do sistema de calibração mais adequado para a análise dos movimentos de cabeça durante a CVC. No arranjo A²², adotado em pesquisas com chutes espontâneos e alcance^{13-16,22}, quatro câmeras digitais (C1, C2, C3 e C4) sobre tripés a 1,45m do chão foram distribuídas, duas a duas, látero-diagonalmente à cadeira de avaliação infantil (Figura 1A). Nesse experimento, a localização (coordenadas X, Y e Z) das câmeras era: C1 (0,06m, 1,76m, 1,43m), C2 (0,48m, 2,92m,

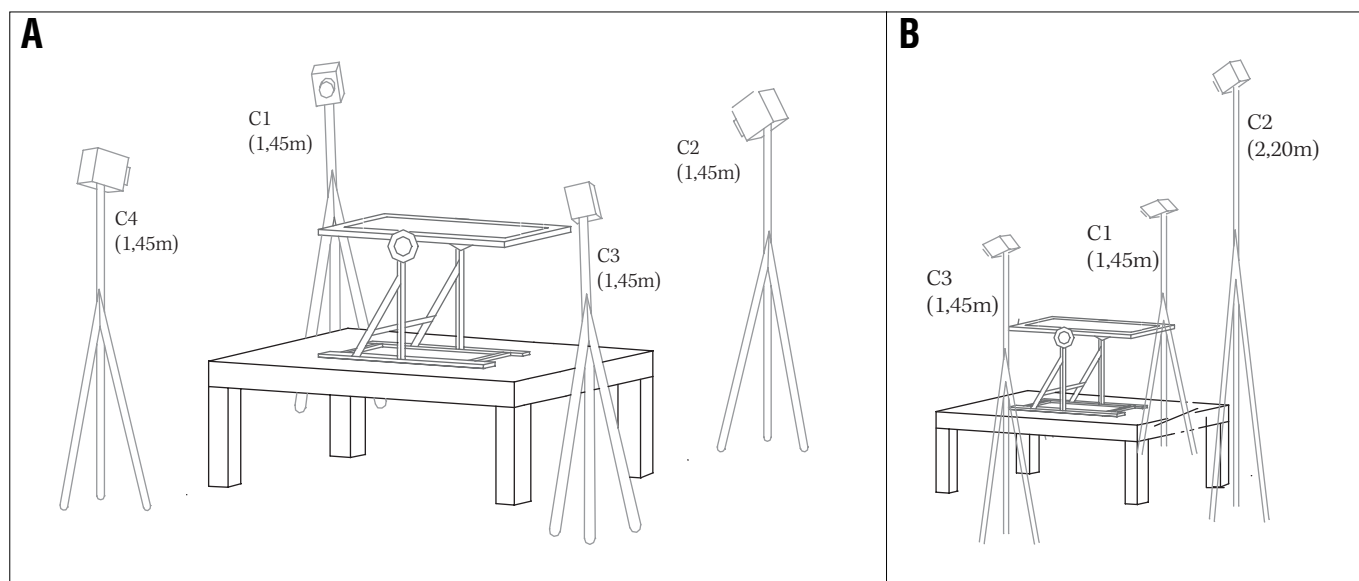


Figura 1. Disposição das câmeras, tablado e cadeira de avaliação nos arranjos experimentais A (Figura 1A – adaptado de Landgraf²²) e B (Figura 1B).

1,45m), C3 (3,76m, 3,02m, 1,46m) e C4 (3,72m, 1,58m, 1,43m), e o sistema de calibração possuía volume de $0,64 \times 0,84 \times 0,35\text{cm}^3$. No arranjo B, três câmeras digitais (C1, C2 e C3) foram colocadas sobre tripés e distribuídas da seguinte forma: uma pósterosuperiormente a 2,20m de altura; e duas lateralmente à cadeira de avaliação infantil a uma altura de 1,45m. A localização das câmeras era C1 (0,84m, 0,24m, 1,10m), C2 (1,45m, 2,39m, 2,13m) e C3 (2,22m, 2,28m, 1,16m) (Figura 1B), e o sistema de calibração possuía volume de $0,64 \times 0,36 \times 0,35\text{cm}^3$. A redução no volume do sistema de calibração foi implementada no arranjo B a fim de restringir a visualização das câmeras à cabeça do lactente, favorecendo o aumento do zoom e, conseqüentemente, a análise qualitativa do movimento.

Durante a aquisição das imagens, os iluminadores foram posicionados na lateral da cadeira, atrás das câmeras, iluminando indiretamente os marcadores para evitar que a luz interferisse no comportamento do lactente.

Após posicionamento das câmeras, estas foram colocadas no modo manual, e os parâmetros de zoom, tempo de abertura do obturador, foco e balanço de branco foram ajustados. A partir desse momento, não deveria ser realizada nenhuma alteração nos parâmetros das câmeras, as quais permaneciam ligadas até o final da avaliação, evitando alterações nos parâmetros de coleta de dados.

O sistema de calibração era filmado por aproximadamente 10 segundos a uma frequência de 60Hz. Após esse período, os fios eram retirados, o lactente posicionado e a avaliação iniciada.

Protocolo experimental

Marcadores são objetos afixados em pontos pré-determinados do corpo para facilitar o rastreamento do movimento nesses

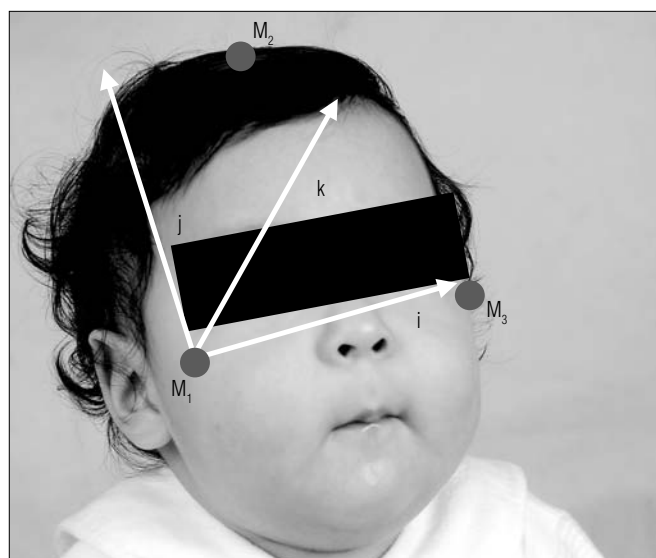


Figura 2. Disposição dos marcadores (M_1 , M_2 , e M_3) e dos vetores i , j e k em M_1 (adaptado de Andrade²⁵).

pontos. No presente estudo, três marcadores passivos, retro-reflexivos, com 0,5cm de diâmetro^{23,24}, foram afixados aos seguintes pontos anatômicos da cabeça do lactente: arcos zigomáticos direito (M_1) e esquerdo (M_3); e vértex do osso parietal (M_2)^{25,26} (Figura 2). A posição dos marcadores foi definida considerando a cabeça do lactente como um corpo rígido. Apesar de todos os corpos serem deformáveis em maior ou menor grau, assumir que um corpo é rígido facilita a análise do movimento²⁵⁻²⁷.

Posicionados os marcadores, o lactente era colocado em supino na cadeira de avaliação (0° com a horizontal). Após 20 segundos de adaptação, era apresentado um cartão de estimulação visual, com o desenho de uma face em branco e preto, a uma distância de 25 a 30cm da face do lactente, na direção de seus olhos.

A fixação do olhar do lactente no cartão foi verificada por meio da reflexão da imagem do cartão na pupila do lactente, método utilizado para verificação de preferência de olhar²⁸. Assim que o lactente fixasse o olhar no cartão, este era movido lentamente no plano transversal a fim de estimular a CVC e, conseqüentemente os movimentos de cabeça. É importante destacar que em ambos os arranjos experimentais, o cartão de estimulação não impediu a visualização dos marcadores pelas câmeras durante o movimento da cabeça. O tempo total de apresentação do cartão era de dois minutos. Para sincronizar as imagens das câmeras, utilizou-se, antes do início da avaliação, um flash de luz, cujo tempo de disparo é equivalente a um quadro de filmagem.

Reconstrução do movimento pelo Dvideow®

Embora existam diversos sistemas de análise disponíveis no mercado, este estudo optou pelo Dvideow® 5.0^{29,30} por ser este um sistema nacional e utilizado em outros estudos¹³⁻¹⁶. Durante a avaliação, as imagens foram armazenadas em fitas de vídeo digitais e, posteriormente, capturadas em arquivos AVI, como requerido pelo sistema. Para tanto, foram utilizados uma placa de captura de imagens e o programa Studio 9®. No sistema Dvideow®, os arquivos eram carregados e sincronizados a partir da identificação do quadro que continha o flash de luz disparado no início da avaliação. Após a sincronização, identificavam-se os quadros de início e fim de cada movimento. Foi definido início do movimento o momento em que o lactente iniciava o movimento de cabeça em direção ao objeto, após fixar o olhar no cartão de estimulação. Foi definido final do movimento, o momento em que o lactente desviava o olhar do cartão de estimulação.

Para a reconstrução tridimensional do movimento é necessário que o marcador seja visualizado por, pelo menos, duas câmeras. Dessa forma, fez-se necessário dividir o rastreamento em duas partes: da direita até a linha média e desta até a esquerda. No arranjo experimental A, os movimentos iniciados na direita eram rastreados pelas câmeras C1 e C2, enquanto os da esquerda, pelas câmeras C3 e C4. No arranjo B, os movimentos iniciados na direita eram rastreados pelas câmeras C1 e C2, enquanto os iniciados na esquerda eram rastreados pelas câmeras C2 e C3. O próximo passo para a reconstrução do movimento foi o rastreamento dos marcadores. O Dvideow® permite a obtenção automática das coordenadas de tela dos marcadores filmados (procedimento conhecido como tracking) e, também, a correção manual, caso estes não sejam reconhecidos pelo procedimento automático em algum momento da trajetória. O tracking é conseguido por meio da integração entre os recursos de segmentação (reconhecimento das características dos marcadores nas imagens capturadas), predição (limitação da região de procura do marcador, re-

duzindo o tempo de execução) e de correspondência entre o marcador reconhecido em dois quadros consecutivos.

Além disso, foi realizada a obtenção das coordenadas de tela dos marcadores contidos no sistema de calibração. De posse dos parâmetros do sistema de calibração e das coordenadas de tela, tanto do sistema de calibração como do movimento rastreado, as coordenadas X,Y, Z dos marcadores localizados na cabeça do lactente foram obtidas a partir do método de transformação linear direta.

Cálculo das variáveis cinemáticas

Após a reconstrução do espaço tridimensional no sistema Dvideow®, obteve-se um arquivo com as coordenadas X,Y, Z da localização dos marcadores durante o movimento de CVC. Posteriormente, os dados foram filtrados no programa Matlab® 6.1 com filtro Butterworth de quarta ordem e frequência de corte de 6Hz, e as variáveis angulares dos movimentos de cabeça durante a CVC (amplitude de movimento de flexo-extensão, inclinação e rotação e velocidade angular instantânea) foram calculadas. Para isso, foi necessária a construção de uma base ortogonal com origem em M1 (Figura 2). Os ângulos de flexo-extensão foram calculados por meio do movimento em torno do eixo i; os ângulos de rotação, em torno do eixo j; e os de inclinação lateral, em torno do eixo k. As amplitudes de flexo-extensão, inclinação e rotação da cabeça foram obtidas por meio da equação 1, e a velocidade instantânea por meio da equação 2:

Equação 1

$$flex(n,1) = \arccos \frac{\langle k(n,\cdot), z \rangle}{\|k(n,\cdot)\| \|z\|} * \frac{180}{\pi} ;$$

$$incl(n,1) = \arccos \frac{\langle k(n,\cdot), y \rangle}{\|k(n,\cdot)\| \|y\|} * \frac{180}{\pi} ;$$

$$rot(n,1) = \arccos \frac{\langle k(n,\cdot), x \rangle}{\|k(n,\cdot)\| \|x\|} * \frac{180}{\pi} ;$$

em que: flex, incl e rot correspondem às amplitudes de flexo-extensão, inclinação e rotação da cabeça, respectivamente; n corresponde ao número de quadros de cada movimento.

Equação 2

$$vel(i) = \sqrt{(dx * dx) + (dy * dy) + (dz * dz)}$$

em que: i corresponde ao instante referente ao movimento; dx, dy e dz correspondem às velocidades instantâneas nas coordenadas X,Y, Z, respectivamente.

As variáveis angulares (amplitude de movimento e velocidade angular instantânea) foram selecionadas devido ao fato de a literatura consultada não relatar como se desenvolvem a

amplitude e a velocidade dos movimentos de cabeça durante a CVC nos primeiros quatro meses de vida.

Cálculo da acurácia

A compatibilidade entre o movimento real e a reconstrução tridimensional das coordenadas espaciais dos marcadores, ou acurácia, pode ser testada avaliando a variação na distância entre dois marcadores fixados sobre uma haste rígida em movimento^{25,26} dentro do volume de calibração. Assim, dois marcadores foram fixados sobre uma haste rígida (31 x 3 x 0,5cm) movida aleatoriamente no interior dos volumes de calibração dos arranjos experimentais A e B, em um intervalo de 300 quadros. A distância real entre os marcadores era de 25,5cm. O cálculo da acurácia (a) é $a^2=(b^2+p^2)$, em que b é o bias das medidas, dado pela diferença entre os valores médios obtidos e valor real, e p^2 é a variância dos valores. Quanto mais próximo de zero for esse resultado, mais precisa é a medida.

Resultados e discussão

Foram comparadas a acurácia, compatibilidade do movimento real com a reconstrução tridimensional e a otimização do tempo de análise entre os arranjos experimentais A e B.

Acurácia

Neste estudo, ambos os sistemas de calibração apresentaram volumes diferentes. De acordo com os cálculos da acurácia, obteve-se o valor de 2,47mm para ambos os arranjos experimentais. Esse valor está dentro dos valores comumente utilizados na literatura^{22,23} e representa a precisão das medidas. Infere-se, dessa forma, que os dois sistemas podem ser utilizados para a reconstrução tridimensional do movimento de cabeça, visto que os valores obtidos foram sensíveis a pequenas variações de movimento, como as observadas nos movimentos de cabeça durante a CVC nos primeiros meses de vida.

Compatibilidade entre o movimento real e a reconstrução tridimensional

As disposições das câmeras dos arranjos experimentais A e B permitiram que a reconstrução dos movimentos de cabeça durante a CVC fosse compatível com o movimento real. Entretanto, o arranjo experimental B (Figura 1B) apresenta as vantagens de se visualizar toda a amplitude do movimento com uma câmera (C2) e gerar um arquivo tridimensional com as coordenadas X,Y, Z dos três marcadores. Além disso, o arranjo experimental B permitiu um sistema de calibração de menor volume, o que favoreceu maior zoom das câmeras

e, conseqüentemente, possibilitou a observação da sincronia dos movimentos dos olhos do lactente no cartão de estimulação. Portanto, esse arranjo experimental favorece a análise tanto quantitativa como qualitativa dos movimentos de cabeça durante a CVC de lactentes no período de RN a quatro meses de idade.

Otimização do tempo de análise

Um aspecto importante a ser considerado na análise cinemática (quantitativa) é o de que para a reconstrução tridimensional é necessário que cada marcador seja visualizado simultaneamente por pelo menos duas câmeras. Neste estudo, os dois arranjos experimentais atenderam a esse pré-requisito. Contudo, o arranjo experimental B demonstrou ser mais vantajoso do que o A no que se refere à otimização do tempo de análise. Devido ao menor número de imagens e ao favorecimento do tracking automático pelo aumento do zoom, o tempo gasto pelo arranjo B para a obtenção dos arquivos tridimensionais foi 33% menor do que o tempo gasto pelo A. Em termos de relação custo-benefício, o arranjo B torna a pesquisa mais rápida e econômica, uma vez que reduz o número de equipamentos e materiais utilizados.

Exemplo da aplicação da metodologia para análise dos movimentos de cabeça durante a CVC

Para ilustrar a metodologia proposta para análise cinemática dos movimentos de cabeça durante a CVC, serão apresentados os resultados longitudinais das amplitudes de movimento de flexo-extensão (Figura 3A), inclinação lateral (Figura 3B) e rotação (Figura 3C) de um dos três participantes deste estudo. A Figura 3 A-C mostra as amplitudes de movimento, obtidas por meio da diferença entre a posição do início e fim da curva.

De acordo com a Figura 3 A-C, nota-se que foram executadas pequenas amplitudes de movimento (flexo-extensão, inclinação e rotação), especialmente no período de RN a dois meses de idade. No entanto, observa-se o aumento dessas amplitudes no decorrer dos meses, as quais foram maiores aos quatro meses de idade (aproximadamente 53° de flexo-extensão, 28° de inclinação lateral e 40° de rotação).

O ganho de amplitude do RN foi pequeno, porém os movimentos de cabeça durante a CVC foram realizados de forma estável, ou seja, com variações sutis de amplitude. Isso provavelmente se deve ao comprimento do pescoço e ao padrão flexor fisiológico, próprio da idade, que aproxima a cintura escapular da cabeça, estabilizando-a apesar da hipotonia de pescoço. Não obstante, do primeiro ao terceiro mês, observou-se maiores amplitudes de movimento. Por outro lado, verificou-se instabilidade (maiores variações de amplitude) na execução nos movimentos de cabeça durante a CVC, possivelmente devido à diminuição do tônus flexor fisiológico, ao crescimento do comprimento do

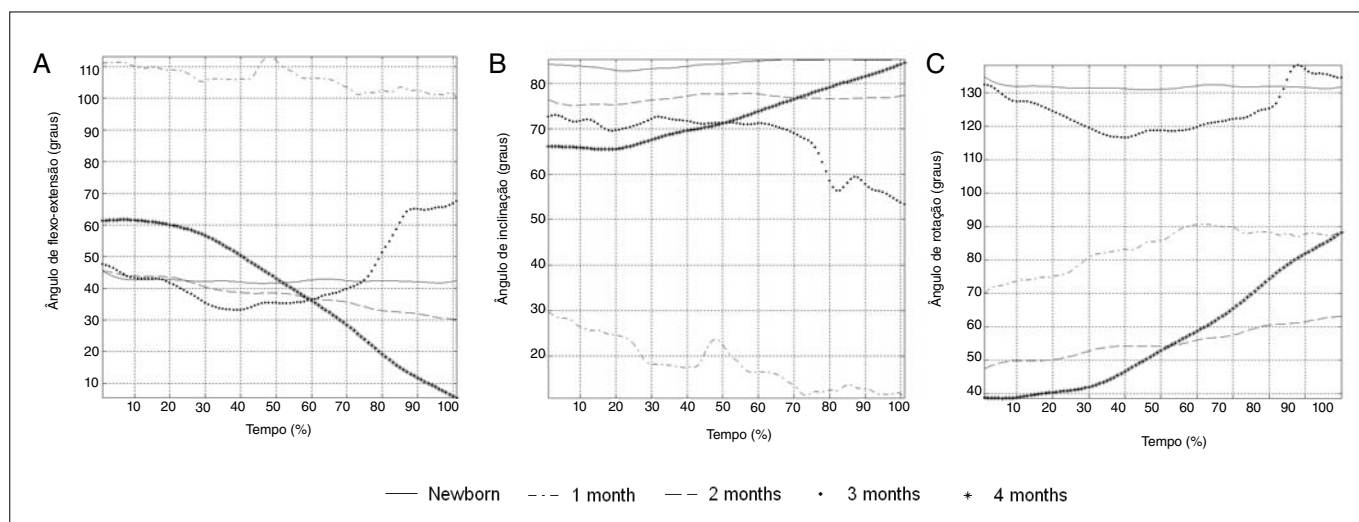


Figura 3. Curvas de amplitude de flexo-extensão (Figura 3A), inclinação (Figura 3B) e rotação (Figura 3C) normalizadas pelo tempo do movimento de cabeça durante a CVC de um lactente nas idades de recém nascido a quatro meses.

pescoço e à falta de sinergia na co-ativação dos músculos do pescoço. No quarto mês, o ganho de amplitude foi maior do que nos meses anteriores, e a curva do movimento foi harmônica e sem irregularidades. Acredita-se que isso se deve ao desenvolvimento do controle de cabeça, resultante da coordenação entre agonistas e antagonistas do pescoço, à diminuição da proporção da cabeça em relação ao tronco e à melhora da acuidade visual.

Conclusão

Conclui-se que ambos os arranjos experimentais são adequados para a análise cinemática dos movimentos de

cabeça durante a CVC em lactentes no período de RN a quatro meses de idade. No entanto, o arranjo experimental B apresenta maiores vantagens devido ao menor tempo gasto para o processamento dos resultados, a melhor relação custo-benefício da pesquisa e ao favorecimento da análise qualitativa. A metodologia do arranjo experimental B poderá ser empregada no estudo de coordenações que envolvam movimento de cabeça (e.g. áudio-cefálica, áudio-viso-cefálica), acompanhamento visual e controle de cabeça, tanto em lactentes típicos como em atípicos. As informações provenientes de estudos com a metodologia sugerida poderão complementar a avaliação e intervenção precoce em lactentes de risco.

Referências bibliográficas

- Besier TF, Lloyd DG, Ackland TR, Cochrane JL. Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(7):1176-81.
- Lindquist ARR, Silva IAB, Barros RML, Mattioli R, Salvini TF. A influência da estimulação elétrica funcional associada ao treinamento em esteira com suporte parcial de peso na marcha de hemiparéticos. *Rev Bras Fisioter.* 2005;9(1):109-12.
- Lindquist ARR, Prado CL, Barros RML, Mattioli R, Costa PHL, Salvini TF. Gait training combining partial body weight support, a treadmill, and functional electrical stimulation: effects on poststroke gait. *Phys Ther.* 2007;87(9):1144-54.
- Pieruccini-Faria F, Menuchi MRTP, Vitorio R, Gobbi LTB, Stella F, Gobbi S. Parâmetros cinemáticos da marcha com obstáculos em idosos com doença de Parkinson, com e sem efeito da levodopa: um estudo piloto. *Rev Bras Fisioter.* 2006;10(2):233-9.
- Silva JBF, Barros RML. Análise quantitativa e qualitativa dos sintomas de antecipação nas ações motoras de crianças. *Rev Bras Cien Mov.* 2000;8(2):19-24.
- Barela JA, Godoi D, Freitas PB, Polastri PF. Visual information and body sway coupling in infants during sitting acquisition. *Infant Behav Dev.* 2000;23(3-4):285-97.
- Barela JA, Jeka JJ, Clark JE. Postural control in children: coupling to dynamic somatosensory information. *Exp Brain Res.* 2003;150(4):434-42.
- Toledo DR, Rinaldi NM, Barela JA. Controle postural em crianças: efeito da manipulação da informação visual discreta. *Revista Brasileira de Comportamento Motor.* 2006;1(1):82-8.
- Godoi D, Barela JA. Body sway and sensory motor coupling adaptation in children: effects of distance manipulation. *Dev Psychobiol.* 2008;50(1):77-87.
- Thelen E, Spencer JP. Postural control during reaching in young infants: a dynamic system approach. *Neurosci Biobehav Rev.* 1998;22(4):507-14.
- Fallang B, Saugstad OD, Hadders-Algra M. Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. *Behav Brain Res.* 2000;115(1):9-18.

12. Rocha NA, Silva FP, Tudella E. The impact of object size and rigidity on infant reaching. *Infant Behav Dev.* 2006;29(2):251-61.
13. Rocha NA, Silva FP, Tudella E. Influência do tamanho e da rigidez dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance de lactentes. *Rev Bras Fisioter.* 2006;10(3):263-9.
14. Carvalho RP, Tudella E, Savelsbergh GJ. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. *Infant Behav Dev.* 2007;30(1):26-35.
15. Carvalho RP, Tudella E, Caljouw SR, Savelsbergh GJ. Early control of reaching: effects of experience and body orientation. *Infant Behav Dev.* 2008;31(1):23-33.
16. Bly L. Motor skills acquisition in the first year. San Antonio, Texas: Therapy Skills Builders; 1994.
17. Erhardt RP. Developmental visual dysfunction. Model for assessment and management. Maplewood, MN: Therapy Skill Builders; 1993.
18. von Hofsten C, Rosander K. The development of gaze control and predictive tracking in young infants. *Vision Res.* 1996;36(1):81-96.
19. von Hofsten C, Rosander K. Development of smooth pursuit tracking in young infants. *Vision Res.* 1997;37(13):1799-810.
20. Bertenthal B, von Hofsten C. Eye, head and trunk control: the foundation for manual development. *Neurosci Biobehav Rev.* 1998;22(4):515-20.
21. Barros RML, Brenzikofer R, Leite NJ, Figueiroa PJ. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. *Rev Bras Eng Biomed.* 1999;15(1-2):79-86.
22. Landgraf JF. Efeitos do acréscimo de peso nos chutes espontâneos de lactentes nos primeiros 2 meses de vida [dissertação de mestrado]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde; 2006.
23. Carvalho RP. A influência da postura corporal no movimento de alcance manual em lactentes de 4 meses de vida [dissertação de mestrado]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde; 2004.
24. Carvalho RP, Tudella E, Barros RML. Utilização do sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. *Rev Bras Fisioter.* 2005;9(1):41-7.
25. Andrade LA. Análise da marcha: protocolo experimental a partir de variáveis cinemáticas e antropométricas [dissertação de mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física; 2002.
26. Andrade LM, Araújo AGN, Barros RML. Análise de marcha: protocolo experimental para posicionamento e orientação dos segmentos do corpo humano baseado em sistemas de marcas técnicas. *Revista Brasileira de Biomecânica.* 2004;5(8):33-40.
27. Keller FJ, Gettys WE, Skove MJ. Física. São Paulo, SP: Makron Books; 1997.
28. Fantz RL. Patterns vision in newborn infants. *Science.* 1963;140(3564):296-7.
29. Figueiroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed.* 2003;72(2):155-65.
30. Barros RM, Russomanno TG, Brenzikofer R, Figueiroa PJ. A method to synchronise video cameras using the audio band. *J Biomech.* 2006;39(4):776-80.