

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**INFLUÊNCIA DO TAMANHO E RIGIDEZ DOS OBJETOS NO
ALCANCE MANUAL DE CRIANÇAS SAUDÁVEIS DE 6 A 36
MESES DE VIDA**

Fernanda Pereira dos Santos Silva

São Carlos - SP
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**INFLUÊNCIA DO TAMANHO E RIGIDEZ DOS OBJETOS NO
ALCANCE MANUAL DE CRIANÇAS SAUDÁVEIS DE 6 A 36
MESES DE VIDA**

Fernanda Pereira dos Santos Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientadora: Profa. Dra. Eloisa Tudella

São Carlos
2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586it

Silva, Fernanda Pereira dos Santos.

Influência do tamanho e rigidez dos objetos no alcance manual de crianças saudáveis de 6 a 36 meses de vida / Fernanda Pereira dos Santos Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

94 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Lactentes. 2. Alcance manual. 3. Desenvolvimento motor. 4. Propriedade dos objetos. 5. Ajustes distais e proximais. 6. Sistema Dvideow. I. Título.

CDD: 613.0432 (20ª)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA A DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE **Fernanda Pereira dos Santos Silva, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 3 DE MARÇO DE 2008.**

BANCA EXAMINADORA:



Eloísa Tudella
(presidente)

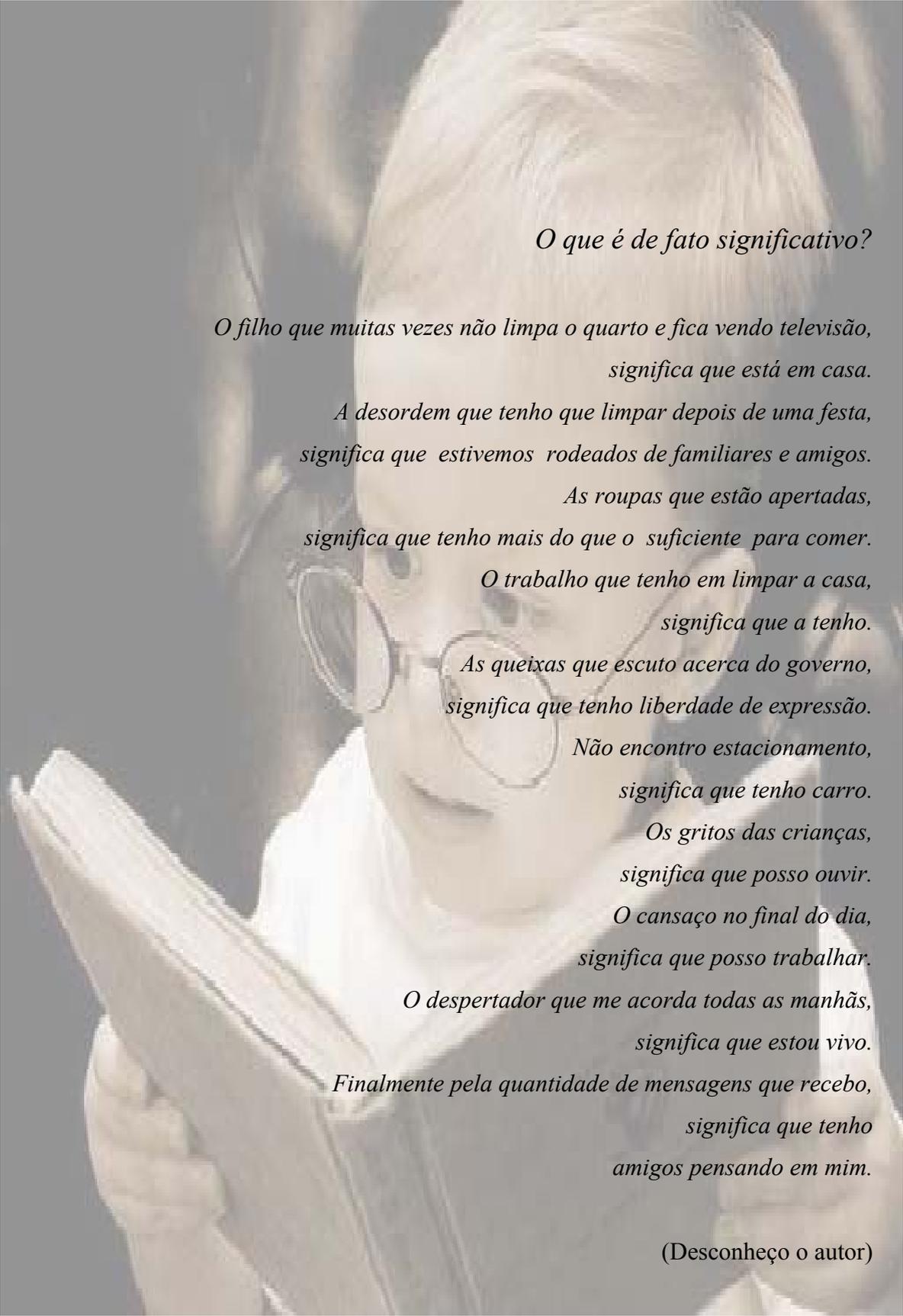


José Angelo Barela
(UNESP)



Eliane Mauerberg de Castro
(UNESP)

Dedico este trabalho a Dra. Eloisa Tudella, a Dra. Nelci Adriana Cicuto F. Rocha e a Dra. Raquel de Paula Carvalho que muito contribuíram para a sua realização.

A young boy with light-colored hair and round glasses is shown from the chest up, looking down at an open book he is holding with both hands. The background is blurred, suggesting an indoor setting. The text is overlaid on the right side of the image.

O que é de fato significativo?

*O filho que muitas vezes não limpa o quarto e fica vendo televisão,
significa que está em casa.*

*A desordem que tenho que limpar depois de uma festa,
significa que estivemos rodeados de familiares e amigos.*

*As roupas que estão apertadas,
significa que tenho mais do que o suficiente para comer.*

*O trabalho que tenho em limpar a casa,
significa que a tenho.*

*As queixas que escuto acerca do governo,
significa que tenho liberdade de expressão.*

*Não encontro estacionamento,
significa que tenho carro.*

*Os gritos das crianças,
significa que posso ouvir.*

*O cansaço no final do dia,
significa que posso trabalhar.*

*O despertador que me acorda todas as manhãs,
significa que estou vivo.*

*Finalmente pela quantidade de mensagens que recebo,
significa que tenho
amigos pensando em mim.*

(Desconheço o autor)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde, serenidade e sabedoria em todo o período do mestrado, por ter iluminado o meu caminho com pessoas que me auxiliaram na concretização deste trabalho e agradeço por permitir que eu possa apresentá-lo de agora em diante aos leitores interessados no assunto.

Agradeço aos meus pais, Nelson e Neusa, pelo empenho na construção de meu conhecimento, pela confiança que depositaram em mim, pelo amor incondicional e pelo incentivo durante todos os momentos de realização deste trabalho.

Agradeço ao meu irmão que, embora distante, sempre esteve presente, obrigada por suas palavras e por seu amor. Valeu Fla!

Agradeço a professora Dra Eloisa Tudella, não somente pela orientação deste trabalho, mas pelo convite para que eu fizesse parte da equipe do NENEM, pelas oportunidades que me proporcionou e que vem me proporcionando tais que me permitem adquirir conhecimentos, crescer tanto profissional quanto pessoalmente, estabelecer e manter relacionamentos com os companheiros de trabalho e com outros profissionais externos a UFSCar. Hoje sei que tudo valeu a pena!

Agradeço a professora Dra Nelci Adriana Cicuto F. Rocha pelo acolhimento e pela parceria na realização deste trabalho. Agradeço por gentilmente me receber em momentos que deveria estar compartilhando da companhia de seu marido e filhos. Agradeço por me acolher nos momentos de angústia, sempre contei contigo e sabia que no final tudo daria certo. Dri... lembra aquela semente que plantamos??? Já é uma árvore e vem rendendo frutos bons! Espero colher muitos mais!!!

Agradeço a equipe do NENEM, pela qual tenho um carinho enorme e um imenso prazer em trabalhar conjuntamente. Vocês são mais do que colegas de trabalho, são amigos para a vida.

Agradeço a Raquel por seu auxílio e amizade durante toda a realização deste trabalho, sei que sempre poderei contar contigo... isto me alegra muito.

Agradeço a Maria Fernanda, Milena, Vanyzia e Aline pelo auxílio na coleta de dados e nas análises. Obrigada, meninas, por compartilharem estes momentos comigo, vocês foram muito importante na realização deste trabalho.

Agradeço aos companheiros de disciplinas, Carolzinha, Jady, Marcus Vinicius, Rosana, Helena, Maria Cristina, Paula e todos os outros que fizeram parte desta caminhada.

Agradeço aos companheiros de viagem, Ana Carolina, Elaine, Silvia e meu primo - Rodolfo, obrigada por ouvirem meus desabafos... Gente para se fazer um mestrado é preciso muita força, dedicação, determinação, disciplina, paciência e amor, e compartilhar isso com vocês me fez muito bem.

Agradeço as secretárias Regislene (NENEM) e Ana Cláudia (PPG-Ft) por todo o apoio.

Quero aproveitar para agradecer os amigos externos ao setor de Fisioterapia em Neuropediatria da UFSCar: Ariane, Del, Marcinha, Erika, Gi, Thomaz, Victor, Fran, Vanessa, Marina, Camila; estes acabaram compartilhando das minhas angústias e alegrias ao longo de todo o trabalho. Obrigada pessoal!!!

Agradeço a Milene que prontamente atendeu ao meu pedido e fez toda a análise estatística deste trabalho.

Agradeço a Solange que passou muitas horas comigo corrigindo o português e traduzindo os artigos para o inglês. Tudo para que este trabalho fosse melhor apresentado a comunidade científica e, para que assim todo o nosso esforço fosse recompensado.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar, especialmente a professora Dra. Aparecida Maria Catai que foi muito atenciosa comigo em todos os momentos.

Agradeço aos Professores que fizeram parte da banca de exame de qualificação: Dr. José Ângelo Barela, Dra. Eliane Mauerberg de Castro, Dr. Luiz Augusto Teixeira e Dra. Raquel de Paula Carvalho. Assim como, aos que fizeram parte da banca de exame de defesa: Dr. José Ângelo Barela, Dra. Eliane Mauerberg de Castro, Dra. Paula Hentschel Lobo da Costa e Dra. Raquel de Paula Carvalho, seus comentários e sugestões foram muito pertinentes e relevantes para a concretização deste trabalho.

Agradeço o apoio financeiro da CAPES, confiando na relevância do nosso trabalho e em nossa competência para desenvolvê-lo.

Agradeço, e não poderia deixar de fazê-lo, as mães dos participantes deste trabalho, por autorizar a avaliação de seus filhos e por confiar em nós e em nosso estudo, tornando possível a realização deste trabalho.

Enfim, muito obrigada!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À professora Eloísa Tudella,

Não sei como descrever o meu agradecimento, respeito e admiração por você. Então resolvi deixar esta mensagem e simplesmente dizer: muito obrigada pela confiança, muito obrigada por me preparar não só “cientificamente”, mas para a vida... isso não tem preço!

A vida está nos olhos...
É preciso a certeza de que tudo vai mudar;
É necessário abrir os olhos e perceber que as coisas boas estão dentro de nós:
onde os sentimentos não precisam de motivos nem os desejos de razão.
O importante é aproveitar o momento e aprender sua duração;
pois a vida está nos olhos de quem sabe ver ...

Se não houve frutos,
valeu a beleza das flores.
Se não houve flores,
valeu a sombra das folhas.
Se não houve folhas,
valeu a intenção da semente.

(Henfil)

RESUMO

Silva, FPS (2008). Influência do tamanho e rigidez dos objetos no alcance manual de crianças saudáveis de 6 a 36 meses de vida. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da São Carlos, São Carlos – Brasil.

Estudos têm identificado que mudanças tanto no organismo quanto no ambiente induzem ajustes no alcance manual; no entanto, poucos verificaram a influência do tamanho e rigidez dos objetos longitudinalmente no período de 6 a 36 meses de vida, principalmente empregando a análise cinemática e análise qualitativa dos movimentos. Deste modo, foram realizados dois estudos principais (Estudos 2 e 3) e um estudo complementar (Estudo 1). O objetivo do Estudo 1 foi o de verificar a sensibilidade, objetividade e confiabilidade do sistema Dvideow na análise cinemática do movimento de alcance manual de crianças saudáveis no período de 4 a 6 meses de vida. Com base nos resultados positivos deste estudo manteve-se a utilização do sistema Dvideow para análise cinemática dos movimentos de alcance no Estudo 2. O objetivo do Estudo 2 foi o de verificar a influência do tamanho e rigidez dos objetos no alcance manual de crianças aos 6, 7, 8 e 36 meses de vida. De acordo com os resultados deste estudo percebeu-se a importância de analisar também qualitativamente os movimentos de alcances, sendo para tanto realizado o Estudo 3. O objetivo do Estudo 3 foi o de analisar a influência do tamanho e rigidez dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance no período de 6 a 36 meses de vida. Para tanto, nove lactentes saudáveis foram posicionados em uma cadeira infantil reclinada a 50°. Quatro objetos foram apresentados, um rígido grande, um rígido pequeno, um maleável grande e um maleável pequeno, por um período de 1 minuto cada. Os movimentos de alcance foram filmados por três câmeras digitais. Constatou-se que dos 6 aos 36 meses de vida o alcance é caracterizado por mudanças tanto nas variáveis cinemáticas e qualitativas do movimento, que se modificam quando necessário em função das propriedades mais relevantes dos objetos apresentados. Sugere-se que este é um período de refinamento do alcance manual, no qual ajustes contínuos do sistema motor são realizados em função da idade (crescimento físico, melhora no controle postural, diferença na percepção dos objetos em cada idade), da experiência e do ambiente, que por sua vez, pode promover mudanças somente nos parâmetros de controle necessários à realização da tarefa.

Palavras-chave: alcance manual, tamanho dos objetos, rigidez dos objetos, criança.

ABSTRACT

Silva, FPS (2008). Influence of object size and rigidity in reaching at 6 to 36 month-old health infants. Master Degree. Federal of Univerty of São Carlos, São Carlos – Brazil.

Studies have been identified both changes in the body and in the environment induce adjustments on the reaching, however few studies verified the influence of the size and rigidity of objects longitudinally in the period of 6 to 36 months, mainly employing the kinematic analysis and qualitative analysis of movements. Thus, two studies were conducted major (Studies 2 and 3) and a complementary study (Study 1). The aim of the Study 1 was to testing whether Dvideow system is a sensitive, objective and reliable instrument in the kinematic analysis of infant's reaching movement in the period of 4 to 6 months. Based on the positive results of this study has been the use of the system for analysis Dvideow kinematics of the reaching movement into Study 2. The aim of Study 2 was to verify the influence of the size and rigidity of the objects in the reach of children at 6, 7, 8 and 36 months. According to the results of this study are realized the importance of also qualitatively analyze the reaching movements, being carried out the Study 3. The aim of Study 3 was to analyze the influence of the size and rigidity of objects in proximal and distal adjustments of reach in the period of 6 to 36 months. Thus, nine healthy infants were positioned in a infant chair with 50° horizontal. Four objects were presented, a large rigid, a small rigid, a large and a small soft for a period of 1 minute each. The movements were filmed by three digital cameras. It was found that reaching from 6 to 36 months is characterized by changes both in cinematic and qualitative variables, which modify when necessary according to the most discrepance properties of the objects presented. It is suggested that this is a period of refinement of reach manual, in which the motor system continuous adjustments are made according to age (physical growth, improvement in postural control, differences in the perception of the objects in each age), the experience and environment, which in turn, can only promote changes in the parameters of the control needed to carry out the task.

Key words: reaching, object size, object rigidity, child.

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO 1

- Figura 1. Média e desvio padrão para a velocidade média (A), índice de retidão (B) e unidades de movimento (C) para cada examinador..... 21
- Figura 2. Correlação para velocidade média entre os examinadores 1 e 3 (A), 1 e 2 (B), e 2 e 3 (C) 22
- Figura 3. Correlação para índice de retidão entre os examinadores 1 e 3 (A), 1 e 2 (B), e 2 e 3 (C)..... 23
- Figura 4. Correlação para unidades de movimento entre os examinadores 1 e 3 (A), 1 e 2 (B), e 2 e 3 (C) 24

ESTUDO 2

- Figura 1. Tempo de ajuste de um alcance, de uma criança aos 36 meses. (A) Tempo de ajuste curto. (B) Tempo de ajuste longo. (C) Tempo de ajuste igual a zero..... 34
- Figura 2. Mediana das variáveis: índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de desaceleração e duração do movimento, de todas as crianças aos 6, 7, 8 e 36 meses. 37
- Figura 3. Mediana, valores mínimos e máximos das variáveis: índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de desaceleração e duração do movimento, de todas as crianças, para os objetos RG (rígido grande), RP (rígido pequeno), MG (maleável grande) e MP (maleável pequeno) 38

ESTUDO 3

- Figura 1. Percentual de alcances uni e bimanuais, realizados pelas crianças. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses. B. Para os objetos RG, RP, MG e MP. 52
- Figura 2. Percentual de alcances com orientação da palma da mão horizontalizada, oblíqua e verticalizada realizados pelas crianças. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses no toque. B. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses na preensão. C. Para os objetos RG, RP, MG e MP no toque. D. Para os objetos RG, RP, MG e MP na preensão. 53
- Figura 3. Percentual de alcances realizados pelas crianças com mão aberta, semi-aberta e fechada. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses no início do movimento. B. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses no final do movimento. C. Para os objetos RG, RP, MG e MP no início do movimento. D. Para os objetos RG, RP, MG e MP no final do movimento 55
- Figura 4. Percentual de alcances com e sem preensão do objeto, realizados pelas crianças. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses. B. Para os objetos RG, RP, MG e MP..... 56

LISTA DE TABELAS

ESTUDO 1

Tabela 1. Resultados do teste Kolmogorov-Smirnov para todas as variáveis e examinadores	20
--	----

ESTUDO 3

Tabela 1. Porcentagem dos tipos de apreensão de cada objeto, das crianças aos 36 meses	56
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

Dvideow – Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits

KS – Teste Kolmogorov-Smirnov

LAPAM - Laboratório de Pesquisa em Análise do Movimento

LED – Light Emitting Diode

MG – objeto maleável grande

MP – objeto maleável pequeno

RG – objeto rígido grande

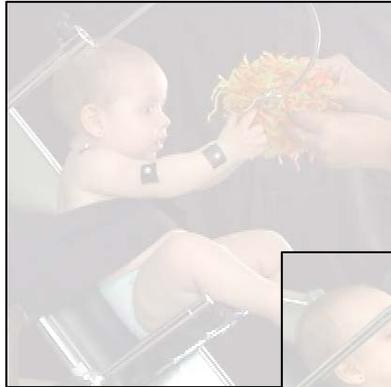
RP – objeto rígido pequeno

Watsmart – Waterloo Spatial Motion Analysis Recording Technique

SUMÁRIO

CONTEXTUALIZAÇÃO	1
Desenvolvimento do alcance manual	3
Influência das propriedades físicas dos objetos.....	5
Motivação para realização do Estudo 1	6
Motivação para realização do Estudo 2.....	7
Motivação para realização do Estudo 3	8
Estudos futuros	9
ESTUDO 1	10
Resumo	10
1. Introdução	10
2. Métodos	15
2.1. Participantes	15
2.2. Materiais e Procedimentos	16
2.3. Sistema de Análise.....	17
3. Resultados.....	19
4. Discussão	25
ESTUDO 2	27
Resumo	27
1. Introdução	27
2. Metodologia	30
2.1. Participantes	30
2.2. Materiais e procedimentos.....	31
2.3. Sistema de análise.....	32
2.4. Variáveis dependentes analisadas.....	33
2.5. Análise de dados	36
3. Resultados.....	36
4. Discussão	40
ESTUDO 3	44
Resumo	44
1. Introdução	44
2. Metodologia	48
2.1. Participantes	48
2.2. Materiais e procedimentos.....	49
2.3. Sistema de análise.....	50
2.4. Descrição da variáveis dependentes	50
2.4.1. Ajustes proximais	50
2.4.2. Ajustes distais	51
2.4.3. Preensão.....	52
2.5. Análise de dados.....	52
3. Resultados.....	53
3.1. Ajustes proximais	53
3.2. Ajustes distais	53
3.3. Preensão.....	56
4. Discussão	58

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
Contextualização	65
Estudo 1	67
Estudo 2	70
Estudo 3	72
APÊNDICE	75
Apêndice A – Versão, em inglês, do Estudo 1 submetida ao Journal of Biomechanics	75
Abstract.....	75
1. Introduction	75
2. Methods	80
2.1. Participants	80
2.2. Materials and Procedures	80
2.3. Analyze System	81
3. Results	83
4. Discussion.....	89
5. Conflict of interest statement.....	90
6. References	91
ANEXO.....	94
Anexo A – Confirmação da submissão do Estudo 1	94



CONTEXTUALIZAÇÃO

O desenvolvimento infantil, principalmente ao longo do primeiro ano de vida, é caracterizado por importantes mudanças nas habilidades motoras. O lactente adquire a habilidade de direcionar e acompanhar com os olhos e cabeça o objeto; de suportar seu corpo contra a gravidade; de alcançar, apreender e manipular objetos; e de se locomover em diferentes ambientes.

O interesse particular deste trabalho foi no desenvolvimento da habilidade de alcançar, que pode ser definida como a trajetória executada pelos membros superiores em direção a um objeto (Newman et al., 2001) com posterior toque das mãos no mesmo (Savelsbergh e van der Kamp, 1994).

O alcance é uma ação perceptuo-motora que envolve o controle neuro-muscular e biomecânico do membro superior, bem como os componentes de percepção e cognição. A partir da percepção é possível detectar quais movimentos estão sendo realizados e saber como executá-los e ajustá-los às demandas da tarefa. Dessa forma, os movimentos dos olhos, mãos e corpo em direção ao objeto são determinados pelas informações perceptuais, que promovem *feedback* sobre as conseqüências do movimento (Adolph et al., 1993). A cognição ajuda os lactentes a descobrir novas soluções para os problemas motores desafiadores e evita que sejam cometidos os mesmos erros do passado. Sendo assim, a ação de alcançar promove, por meio dos sistemas perceptuais, novas informações que incrementam a cognição (Carvalho, 2007).

A habilidade de alcançar, associada à habilidade de apreender, permite a exploração do mundo por meio das mãos (Coelho et al., 2001). Sabe-se que a mão é um importante agente no desenvolvimento, pois é por meio dela que os lactentes formam representações mentais sofisticadas que garantem experiência sensório-motora para toda vida (Coelho et al., 2001). Portanto, o alcance e a preensão fazem parte do processo de

aprendizagem motora e cognitiva e são a base das capacidades motoras finas, como alimentar-se, vestir-se, fazer higiene pessoal e escrever.

Sabe-se que as mudanças qualitativas no movimento de alcance foram por muitos anos entendidas como resultado das influências da maturação do sistema nervoso central (Von Hofsten, 1984). A aquisição de uma habilidade motora pelas crianças era considerada como sendo dependente apenas do aspecto intrínseco do sistema nervoso central, e os fatores externos pouco influenciavam a emergência de habilidades (McGraw, 1945; Gesell, 1946). As explicações das mudanças comportamentais com exclusiva dependência da maturação neural, ou seja, excluindo a ação ambiental, não foram capazes de definir adequadamente a completa variação e a complexidade do desenvolvimento motor (Kamm et al., 1990). Como resultado, reconheceu-se que era impossível compreender o controle neural do movimento sem o conhecimento das características dos sistemas orgânicos ativos e das forças externas e internas que agem sobre o corpo (Berstein, 1967). Dessa forma, o controle motor passou a ser compreendido não apenas considerando-se a influência do sistema nervoso, mas também a contribuição da força da gravidade e inércia, bem como dos sistemas músculo-esquelético e sensoriais (visual, vestibular e somatosensorial), os quais são susceptíveis tanto à maturação quanto à aprendizagem (Gibson, 1988).

Com o desenvolvimento dos sistemas perceptuais e motores, o lactente torna-se cada vez mais apto a captar informação com valor funcional e agir de forma coordenada com seu ambiente, indicando que aprender como coordenar e controlar os movimentos dos membros superiores para alcançar objetos e posteriormente apreendê-los é uma função essencial de integração do sistema orgânico com o ambiente (Van Hof et al., 2002).

As mudanças na habilidade de alcançar sugerem, portanto, uma relação dinâmica entre vários fatores, a saber: as mudanças no organismo, referidas pelo desenvolvimento das estruturas corporais e neurais (Newell et al., 1989); a ação da tarefa, referida pelo tempo do movimento

e intenção (Weir, 1994); e o ambiente, referido pelas propriedades do objeto (Van Hof et al., 2002), pelas condições sócio-culturais (Bee, 2003), pelo estímulo e pelas posturas corporais (Savelsbergh e van der Kamp, 1994; Carvalho et al., 2007). Todos esses fatores são mutuamente influenciáveis ao longo de todo o desenvolvimento do alcance manual.

Desenvolvimento do alcance manual

Ao longo do desenvolvimento, cada lactente apresenta sua própria escala de tempo, sendo esta uma combinação da hereditariedade do indivíduo e das influências ambientais. O lactente possui um sistema perceptual para explorar o mundo, ou seja, para direcionar a atenção aos eventos, aos objetos e suas propriedades e às demais condições ambientais. Segundo Gibson (1988), o desenvolvimento exploratório durante o primeiro ano de vida ocorre como uma seqüência de fases que constroem o conhecimento infantil sobre as características permanentes do mundo, a relação entre eventos e sua própria capacidade de agir sobre objetos e interagir com eventos.

O neonato, embora com alguma limitação nas capacidades motoras, é capaz de focar a atenção apenas em eventos que ocorrem próximos ao seu campo visual, e seu interesse por propriedades básicas dos objetos é descoberto pelo movimento destes e pela exploração oral (Gibson, 1988). Para von Hofsten (1982), von Hofsten e Fazel-Zandy (1984), a capacidade de alcançar ocorre por volta dos 3 meses de idade, quando o lactente estende vigorosamente o braço em direção aos objetos, porém de punho cerrado ou mão fechada, sem realizar a preensão dos mesmos.

Por volta do quarto mês de vida, a visão começa a interferir nos movimentos dos braços e das mãos; no momento em que as mãos entram no campo visual, os dedos se movimentam mais ativamente e o deslocamento dos membros superiores é diminuído para que a mão possa ser observada por mais tempo (Brandão, 1984). Nessa idade, o lactente consegue juntar as mãos na linha média, abrir a mão quando olha fixamente para o objeto e aumentar

consideravelmente o número de tentativas para pegar o objeto. Por volta de 5 meses, o lactente observa com muita atenção os objetos. O desenvolvimento do sistema exploratório manual torna possível o alcance e a preensão de objetos. Após o desenvolvimento desse sistema, os lactentes são capazes de agir sobre os objetos de acordo com suas propriedades físicas.

McDonnell (1975) e von Hofsten (1984) relataram que o modo visualmente orientado do alcance surge entre o quarto e o quinto mês de vida, exatamente durante o aperfeiçoamento do controle de tronco e da coordenação do braço. Out et al. (1998), Thelen et al. (1993), von Hofsten (1984), Newell, McDonald e Baillargeon (1993), e Newell et al. (1989) acreditam que o movimento de alcance se inicia com êxito por volta dos quatro meses de idade e aos seis meses os lactentes adquirem certo controle do movimento de alcance manual. Contudo, a capacidade de fazer correções em uma trajetória com base nas informações visuais atinge seu pico próximo aos sete meses de idade, e um estilo de alcançar mais balístico passa a ser adotado (Von Hofsten, 1984; McDonnell, 1975). Esse estilo é caracterizado por correções no final do movimento, sendo que os possíveis erros entre a posição da mão e do alvo são usados para corrigir a posição da mão no espaço.

Brandão (1984) relata que antes de completar 7 meses, embora exista uma boa coordenação entre a visão e a mão, o lactente não consegue segurar objetos muito pequenos, como, por exemplo, um cordão. Nesse caso, o lactente se interessa pelo objeto, o acompanha visualmente e até o toca, mas não o segura devido à falta do movimento de preensão em pinça, que é indispensável para segurar objetos muito pequenos. Se em uma idade ele apreende os objetos com a mão toda; em idade posterior, ele apreenderá com oposição entre o polegar e o dedo indicador, sugerindo que a diferenciação neural produz especialização da função em um novo comportamento (Geerts et al., 2003). Para Konczak et al. (1995), a arquitetura do sistema nervoso central e sua ontogênese afetam os padrões motores e a forma

como eles são aprendidos, bem como demonstraram que os sistemas motores têm a capacidade para ajustarem-se e melhorarem seus desempenhos com a experiência, o que também foi evidenciado no estudo de Carvalho et al. (2007).

Thelen et al. (1996) e von Hosten (1991) mostraram que por volta dos 8 meses de vida a aceleração e desaceleração de um alcance infantil começam a se assemelhar a um alcance adulto. Nessa idade, há mudança na atenção do lactente e aumento da área de exploração ambiental devido à aquisição da locomoção (Gibson, 1988). Embora aos 8 meses os lactentes tenham adquirido certa experiência, padrões de movimentos não estão completamente estabelecidos até o segundo ano de vida (Konczak e Dichgans, 1997). Contudo, Corbetta e Thelen (1999) sugerem que o controle dos membros superiores desenvolve-se completamente apenas no terceiro ano de vida.

Em suma, com a idade as crianças apresentam mudanças nas habilidades manuais, descobrem novas possibilidades de ação e escolhem a melhor maneira de explorar o ambiente, de controlar e de modular seus padrões de movimento para ajustá-los às propriedades do objeto.

Influência das Propriedades Físicas dos Objetos

As propriedades do objeto, classificadas de acordo com suas características visuais, podem ser divididas em: i) propriedades intrínsecas, referentes aos seus atributos físicos, como tamanho, forma, textura e peso; e ii) propriedades extrínsecas, referentes às condições presentes na relação objeto-sujeito, tais como a distância, a localização e a orientação (Jeannerod, 1981). Jeannerod (1981) sugere que as propriedades intrínsecas devem afetar a orientação da mão e a abertura dos dedos (ajustes distais) frente ao objeto, enquanto as propriedades extrínsecas devem influenciar a trajetória de braço e mão (ajustes proximais) em direção ao objeto.

Mais especificamente para o alcance manual, se o objeto está localizado a uma distância adequada em relação ao comprimento do braço, ele pode ser percebido como alcançável; se o

tamanho do objeto é adequado ao tamanho da mão, ele pode ser considerado como pegável; e se o objeto apresenta dimensões relativamente maiores do que a mão, ele pode ser percebido como carregável (Gibson, 1988; Gibson e Walker, 1984).

Sabendo-se que ocorrem mudanças na cinemática (Rocha et al., 2006a; 2006b) e nas características qualitativas (Rocha et al., 2006c) do alcance de lactentes saudáveis jovens (4 a 6 meses) em função do tamanho e rigidez dos objetos, e desconhecendo se essas mudanças também ocorrem em crianças com mais idade e, conseqüentemente, mais experientes, surgiu o interesse de analisar os parâmetros cinemáticos e as características qualitativas dos movimentos de alcance nas idades de seis meses a três anos, considerando as influências das propriedades físicas dos objetos. A fim de preencher essa lacuna, foram realizados três estudos, os quais compõem este trabalho.

Motivação para a realização do Estudo 1

Muitos pesquisadores do desenvolvimento motor infantil têm desenvolvido e utilizado sistemas de análise tridimensional do movimento com diferentes propósitos. Uma vez que cada sistema tem suas singularidades e limitações, a escolha de um instrumento apropriado é de extrema importância tanto para a prática clínica como para a pesquisa científica.

O objetivo do Estudo 1, intitulado “The use of the Dvideow system in the analysis of infant reaching: sensitivity, objectivity and reliability”, foi o de verificar a sensibilidade, a objetividade e a confiabilidade do sistema Dvideow na análise cinemática do movimento de alcance manual de crianças saudáveis no período de 4 a 6 meses de vida. Essas idades foram escolhidas com base em estudos prévios (Rocha et al., 2006a; 2006b), nos quais foram verificadas mudanças nas variáveis cinemáticas e na linearidade do desenvolvimento do alcance. Dessa forma, acreditou-se que estariam assegurados os resultados esperados para análise do sistema Dvideow.

Este estudo se fez necessário por três principais motivos. Primeiro, pretendeu-se detectar se as características do instrumento eram adequadas ao propósito dos estudos realizados no Laboratório de Pesquisa em Análise do Movimento (LAPAM), pois a maioria dos trabalhos é realizada com lactentes jovens, que apresentam ampla variedade nas respostas aos estímulos. Sendo assim, era necessário um instrumento capaz de detectar mudanças sutis na velocidade, retidão e correção na trajetória da mão em direção ao objeto, as quais são variáveis cinemáticas importantes para a caracterização do controle do movimento de alcançar. Segundo, pretendeu-se verificar se os resultados obtidos eram objetivos, ou seja, se o instrumento produziria resultados similares quando avaliados por diferentes examinadores, visto que o LAPAM é composto por diferentes pesquisadores que possuem objetivos de pesquisa também diferentes, mas que utilizam o mesmo instrumento. Terceiro, pretendeu-se verificar se os resultados obtidos eram consistentes e replicáveis, consolidando, assim, a metodologia desenvolvida para análise do alcance de lactentes jovens.

Motivação para a realização do Estudo 2

Alguns estudos têm evidenciado mudanças cinemáticas ao longo dos meses; contudo, estudos longitudinais extensos verificando a influência das propriedades de tamanho e rigidez ainda não havia sido desenvolvidos. Devido ao longo período de avaliação, dos 6 aos 36 meses, foi possível sugerir que o fator idade influenciaria a trajetória do movimento da mão, tendo em vista as mudanças na prática, no crescimento físico e no cognitivo da criança; e que os fatores tamanho e rigidez dos objetos influenciariam somente as crianças mais jovens (até os 7 meses de vida).

A investigação do Estudo 2 poderia complementar os achados da literatura existente, promovendo uma melhor compreensão do processo de desenvolvimento e dos fatores que influenciam o alcance de crianças saudáveis e permitindo que as informações

obtidas possam ser aplicadas na clínica fisioterapêutica, tanto para detecção de alterações no alcance como para a intervenção em crianças com distúrbios do movimento.

O objetivo do Estudo 2, intitulado “Influência dos objetos no alcance manual de crianças de 6 a 36 meses de vida”, foi o de verificar a influência do tamanho e rigidez dos objetos no alcance manual de crianças aos 6, 7, 8 e 36 meses de vida.

Devidos aos resultados positivos obtidos no Estudo 1, o sistema Dvideow continuou a ser utilizado neste estudo.

A partir dos resultados do Estudo 2, percebeu-se a importância de analisar o alcance ao longo do tempo, considerando não apenas um único parâmetro cinemático, o que poderia conduzir a erros de interpretação. De fato, a relação entre diversos parâmetros permitiu uma interpretação mais consistente do processo de desenvolvimento do alcance. Percebeu-se, também, que associar análise cinemática à qualitativa talvez pudesse contribuir ainda mais nas inferências acerca do processo de desenvolvimento do alcance. Essas observações serviram de motivação para a realização do Estudo 3.

Motivação para a realização do Estudo 3

Após a aquisição do alcance, surgem os processos de refinamento de ajustes tanto proximais (alcances uni e bimanuais) quanto distais (orientação da mão e abertura dos dedos para fazer contato e apreender o objeto). No entanto, há controvérsias na literatura quanto ao período de refinamento desses ajustes, além de haver poucos estudos avaliando a propriedade de rigidez dos objetos (Rocha et al, 2006a; Rocha et al, 2006b; Corbetta et al., 2000). Ademais, os estudos realizados com crianças na faixa etária dos 36 meses (Konzack e Dichgans 1997; Corbetta e Thelen 1999; Fagard e Lockman 2005) não verificaram a influência das propriedades dos objetos no alcance manual.

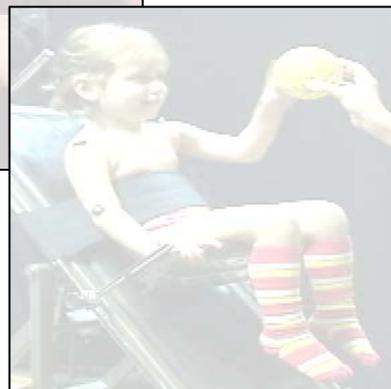
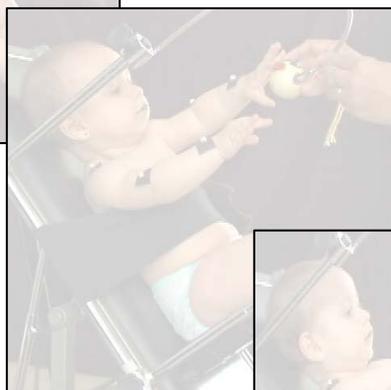
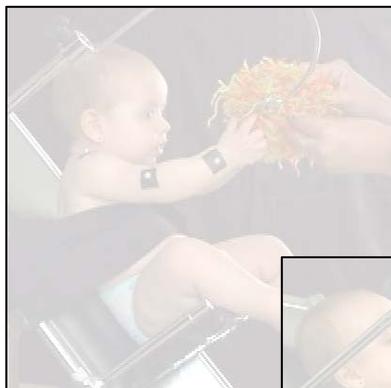
Assim, o objetivo do Estudo 3, intitulado “Influência dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance em crianças de 6 a 36 meses de vida” foi o de analisar a

influência dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance no período de 6 a 36 meses de vida.

Estudos futuros

Com os dados coletados, pretende-se ainda publicar estudos com os seguintes objetivos:

- verificar a preferência manual das crianças aos 4, 6, 8 e 36 meses. A justificativa para esse estudo está no fato de que a preferência em uma das mãos para alcançar, apreender e manipular objetos em crianças é provavelmente precursora da lateralidade na fase adulta.
- verificar o perfil cinemático da coordenação bimanual em lactentes de 4, 6, 8 e 36 meses de vida. A justificativa para esse estudo está no fato de que alguns estudos que avaliaram o alcance bimanual apresentaram carência na definição e caracterização em relação à cinemática da coordenação bimanual em crianças saudáveis. Assim, é necessário verificar cinematicamente se existe ou não sincronia da coordenação bimanual, como sugerido por meio da observação visual. Vale ressaltar que a maioria dos estudos analisou apenas o membro superior que primeiro tocou o objeto apresentado.
- verificar a influência dos objetos na coordenação bimanual de lactentes saudáveis de 4, 6, 8 e 36 meses de vida. Essa terceira proposta foi motivada pela segunda. Uma vez que a coordenação bimanual estiver caracterizada, o próximo passo seria o de verificar se as propriedades de tamanho e rigidez dos objetos influenciam a coordenação bimanual ao longo dos meses.
- verificar a influência das mudanças antropométricas nos parâmetros cinemáticos do alcance ao longo dos meses. Esse estudo se justifica pela necessidade de verificar se parâmetros intrínsecos referentes às mudanças na antropometria dos membros superiores das crianças de 4 a 36 meses de vida podem ou não influenciar os parâmetros cinemáticos do alcance.



ESTUDO 1

Apêndice A – versão, em inglês, submetida ao Journal of Biomechanics.
Anexo A – confirmação da submissão do manuscrito.

USO DO SISTEMA DVIDEOW NA ANÁLISE DO ALCANCE INFANTIL: SENSIBILIDADE, OBJETIVIDADE E CONFIABILIDADE

Fernanda Pereira dos Santos Silva; Maria Fernanda Eichenberger Romani; Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha; Eloísa Tudella.

RESUMO

Muitos pesquisadores do desenvolvimento motor infantil e tem desenvolvido e usado Sistemas de análise tridimensional com diferentes propósitos. Uma vez que cada sistema tem suas particularidades e limitações, a seleção de um instrumento apropriado é enfatizada como importante na prática clínica e pesquisa científica. Este estudo objetivou verificar a sensibilidade, objetividade e confiabilidade de um sistema passivo de vídeo, o sistema Dvideow, na análise cinemática do alcance de lactentes saudáveis. Para testar estas características, três examinadores avaliaram o índice de retidão, velocidade média e unidades de movimento dos mesmos alcances em diferentes momentos. Os dados foram não-normais para todos os examinadores e variáveis. Não houve diferença significativa entre os examinadores para todas as variáveis. A correlação foi forte, positiva e significativa para todas as variáveis. O Dvideow mostrou-se ser um instrumento sensível, objetivo, confiável e fácil de operar para a análise da cinemática do alcance manual.

Palavras-Chave: sistema Dvideow; sensibilidade, objetividade, confiabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Muitos testes formais têm sido desenvolvidos para analisar diversas características do comportamento motor. Entretanto, métodos menos formais e mais naturais têm sido usados para avaliar tais características, embora eles sejam mais subjetivos e menos precisos. Avaliar os diferentes aspectos do comportamento motor é extremamente importante, uma vez que isto permite aos profissionais da saúde monitorar e identificar desordens no desenvolvimento, desta forma favorece a elaboração das possíveis estratégias de tratamento.

Portanto, um desafio enfrentado pelo examinador é identificar o procedimento de avaliação mais apropriado (Gallahue e Ozmun, 2002; Rothstein, 1985).

Nos últimos anos, a análise dos movimentos humanos por meio de seqüências de imagens digitais tem provocado interesse de pesquisadores de diversas áreas, especialmente na medicina e comportamento humano. Além disso, este tipo de análise tem-se tornado cada vez mais necessário, uma vez que ela permite um estudo sistematicamente detalhado do comportamento humano como um fator de investigação científica (Barros et al., 1999).

Neste sentido, alguns pesquisadores têm produzido técnicas de medidas promovendo alta precisão e análise automática do movimento humano, especialmente sistemas baseados em marcadores e câmeras digitais. Estes são divididos em sistemas ativos e passivos. Dentre os sistemas ativos, baseados em marcadores de diodo de emissão de luz (light emitting diode - LED), estão Selspot Motion Analysis System (Stokes et al., 1989; Kolehmainen et al., 1989), OPTOTRACK 3D Motion Measurement System (Ehara et al., 1995) e Watsmart (Waterloo Spatial Motion Analysis Recording Technique) (Sivak e MacKenzie, 1990; Pryde et al., 1998). Entretanto, a aplicabilidade destes sistemas é reduzida devido a limitações mecânicas impostas pela instalação dos LEDs afixados no sujeito, a necessidade de um ambiente controlado, e a limitação do número de marcadores pelo fenômeno estroboscópico (Figuroa et al., 2003).

Há dois tipos de sistemas passivos: infravermelho e vídeo. O primeiro (e.g. ELITE Motion-tracking (Ehara et al., 1995; Newman et al., 2001) e VICON Motion systems (Ehara et al., 1995; Ehara et al., 1997; de Monte et al., 2006; Pomeroy et al., 2006) é baseado em um mecanismo por ondas de radio que registra a luz refletida por marcadores retro-reflexivo, iluminados por luz infravermelha (Figuroa et al., 2003). Este mecanismo tem a vantagem de permitir movimentos irrestritos. Apesar disso, este sistema não é capaz de

avaliar ambos os membros simultaneamente ou de registrar o movimento por um tempo ilimitado, como demonstrado por Out et al. (1998), que usaram o sistema VICON para registrar movimentos infantis. É importante ressaltar que tanto o sistema ativo quanto o sistema passivo infravermelho são caros devido à necessidade de câmeras especiais (Barros et al., 1999; Figueroa et al., 2003; Carvalho et al., 2005).

Por outro lado, o sistema passivo de vídeo é mais flexível na seleção dos movimentos a serem estudados, no uso em diferentes condições ambientais, e no uso de equipamentos alternativos implicando em custos mais baixos. Entre eles, estão o Motion Analysis Inc. (Thelen e Anderson, 2001) e o Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits). Este último consiste basicamente de um *software* que requer equipamentos não-dedicados, ou seja, não é necessário nenhum equipamento padrão ou de marca específica atrelado ao sistema, tais como câmeras, computadores, cabos e outros (Barros et al., 1999; Carvalho et al., 2005).

O Dvideow permite reconstrução tridimensional do movimento por meio de imagens obtidas por um número de câmeras de vídeo que variam de duas a dez, de modo que cada marcador possa ser registrado simultaneamente por pelo menos duas câmeras (Carvalho et al., 2005). Além disso, ele contém ferramentas integradas para o rastreamento dos marcadores, calibração das câmeras e reconstrução tridimensional das coordenadas (Barros et al., 1999). A acurácia deste sistema tem sido recentemente testada em estudos que avaliaram os movimentos de alcances infantis. Uma acurácia de 5 mm foi inicialmente obtida em estudos usando três câmeras e 30 marcadores (Carvalho et al., 2005; Carvalho et al., 2007; Rocha, 2006; Rocha et al., 2006a; Rocha et al., 2006b, Rocha et al., 2006c; Toledo, 2005; Silva, 2005; Carvalho, 2004), e em um estudo posterior, com quatro câmeras e 150 marcadores, a acurácia foi de 2 mm (Toledo e Tudella, submetido 2007).

A habilidade de alcançar pode ser definida como movimento dos braços em direção a um objeto que é subsequentemente tocado ou apreendido por uma ou ambas as mãos (Savelsbergh e van der Kamp, 1994). Nos últimos anos, esta habilidade tem sido amplamente estudada (Newman et al., 2001; Rocha et al., 2006a; van Hof et al., 2002; Fagard e Lockman, 2005), devido a sua importância no desenvolvimento motor infantil, mais especificamente pelo fato de que ela tem papel fundamental no processo de aprendizagem cognitiva e motora.

O desenvolvimento deste comportamento envolve uma série de mudanças. Por volta dos 4-5 meses, os movimentos de alcance emergem de forma imprecisa (Newman et al., 2001; Savelsbergh e van der Kamp, 1994; Thelen e Spencer, 1998; Konzack e Dichgans, 1997; von Hofsten e Rönnqvist, 1988; von Hofsten, 1984), sendo caracterizados por pobre controle da trajetória. Depois de alguns meses, os lactentes tornam-se mais habilidosos no alcançar, desta forma seus movimentos são ajustados de acordo com as condições ambientais e demandas da tarefa (Rocha, 2006). Estas mudanças também têm sido evidenciadas na cinemática deste movimento ao longo da idade. Na fase de aquisição, o alcançar assemelha-se a um movimento atáxico, isto é, caracterizado por trajetórias irregulares e fragmentadas, múltiplos picos de velocidade (Konzack e Dichgans, 1997; Thelen et al., 1996), e várias unidades de movimentos (Berthier et al., 1999; Ennouri e Bloch, 1996; von Hofsten, 1991; Mathew e Cook, 1990; Fetters e Todd, 1987). Utilizando-se de análise tridimensional do movimento para avaliar lactentes de 4-7 meses de idade, Von Hofsten (1991) demonstrou que os movimentos de alcance tornam-se gradualmente mais retilíneos e com poucas unidades de movimentos ao longo da idade. Similarmente, Rocha (2006), e Rocha et al. (2006a), que estudaram lactentes de 4-6 meses usando o sistema Dvideow, verificaram que ao longo do tempo lactentes realizam movimentos mais rápidos e retilíneos, com poucas unidades de movimentos.

Entretanto, as mudanças que o ocorrem durante o refinamento do alcance são algumas vezes muito sutis para serem detectadas por avaliações qualitativas ou observadas diretamente (sem registro de imagem). Assim, muitas metodologias diferentes têm sido empregadas na análise dos movimentos de alcance infantil.

Newman et al. (2001) usaram duas câmeras de 50-Hz e o sistema ELITE para conduzir uma análise bidimensional da trajetória do braço de lactentes de 5-15 meses de vida, durante a realização do alcance para três objetos de diferentes tamanhos. Rocha et al. (2006a) fizeram uso de três câmeras digitais de 60-Hz e do sistema Dvideow em uma análise tridimensional da trajetória dos braços de lactentes de 4-6 meses durante o alcance de objetos de diferentes tamanhos e rigidez. Van Hof et al. (2002) aplicaram quatro câmeras VHS de 50-Hz e o *software Observer program* para conduzir uma análise visual de lactentes de 3, 4 e 6 meses durante o alcance para objetos de diferentes tamanhos. Fagard e Lockman (2005) usaram uma única câmera e nenhum sistema de análise automático para conduzir uma análise quadro-a-quadro de três grupos de lactentes em diferentes períodos (6 a 12, 18 a 24, e 30 a 36 meses) durante o alcance de objetos de diferentes tamanhos.

Quatro importantes diferenças podem ser observadas nos estudos acima. A primeira é que o número de câmeras depende do propósito do estudo. Pelo menos duas câmeras foram requeridas para os estudos que empregaram análise bi-ou tridimensional do movimento (Newman et al., 2001; Rocha et al., 2006a), enquanto somente uma câmera foi o suficiente para conduzir uma análise qualitativa do movimento (Fagard e Lockman 2005). A segunda diferença diz respeito à frequência de captura de imagem. De acordo com Fetters e Todd (1987), a frequência de quadros da câmera pode levar a um número absoluto de unidades de movimento impreciso; entretanto, para análise observacional, esta frequência não tem influência. A terceira diferença refere-se a dimensão da análise. A retidão do movimento tende a ser alterada se o movimento é codificado em três dimensões (Thelen e Spencer, 1998),

o que é desnecessário em uma análise qualitativa. A última diferença consiste no *software*, que também depende do propósito do estudo.

Portanto, acredita-se ser necessário um instrumento mais sensível, objetivo e confiável para avaliar o desenvolvimento o desenvolvimento motor infantil. Um instrumento sensível é aquele capaz de detectar diferenças sutis relacionadas tanto à variabilidade do movimento intra- quanto inter-participante Um instrumento objetivo permite a produção de resultados similares quando diferentes examinadores avaliam os mesmo dados. Finalmente, um instrumento confiável fornece medidas consistentes e replicáveis.

À luz destas observações, o presente estudo verificou os movimentos de alcance de lactentes saudáveis de 4 a 6 meses utilizando-se do sistema Dvideow com o objetivo de testar se este instrumento é sensível, objetivo e confiável na análise cinemática de movimentos de alcance infantil.

2. MÉTODOS

2.1. Participantes

Participaram deste estudo quatro lactentes saudáveis nascidos a termo (um menino e três meninas) com média gestacional de 39 semanas (38-41 semanas) e índice de Apgar de pelo menos 9 no quinto minuto. Os lactentes nasceram com peso adequado à idade gestacional (M= 3.501g; $\pm 0,27$). Os lactentes foram avaliados longitudinalmente nas idades de 4 (M= 4 meses e 1 dia; ± 4 dias), 5 (M= 5 meses e 1 dia; ± 1 dia), e 6 meses (M= 5 meses e 29 dias; ± 4 dias). Os pais ou responsáveis pelo lactente assinaram previamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (processo nº 040/03).

2.2. *Materiais e Procedimentos*

Um calibrador foi utilizado como referência para medir as variáveis cinemáticas do alcance. O calibrador foi afixado no teto do laboratório, e era composto por quatro fios de prumo (comprimento: 2,30m) com uma esfera de chumbo (diâmetro: 3cm; peso: 50g) na extremidade inferior. Os fios de prumo foram arranjados de modo a formar um retângulo no centro da sala. O volume deste retângulo (0,48m largura, 0,32m comprimento, 2,3m altura) era apropriado para analisar os movimentos de alcance. Cada fio de prumo continha 10 marcadores esféricos do tipo “pérola” (diâmetro: 1cm) distantes 10 centímetros um do outro. A posição espacial dos marcadores foi mensurada por um teodolito de precisão de 1' e por uma fita metálica graduada em milímetros de 3 metros de comprimento.

O calibrador era filmado antes da coleta dos dados e sua imagem era utilizada como coordenada especial, a qual mais tarde era igualada a coordenada do respectivo marcador apresentado na tela do computador.

Para a coleta de dados, foram afixados marcadores esféricos do tipo “pérola” com fita dupla-face hipoalérgica nos punhos dos lactentes (região dorsal do carpo) (Out et al., 1998). Os lactentes foram posicionados em uma cadeira infantil (Carvalho et al., 2005) com inclinação de 50° com a horizontal (von Hofsten, 1984). Um intervalo de 10 segundos foi permitido para que o lactente se adaptasse na postura. Quatro objetos esféricos e atrativos de diferentes propriedades físicas foram utilizados neste estudo: dois objetos maleáveis (pompom de lã anti-alérgica) e dois rígidos (bolas de isopor), os quais eram pequenos (5cm de diâmetro) ou grandes (12,5cm de diâmetro). Portanto, eles foram classificados em quatro tipos: rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG), e maleável pequeno (MP). Os objetos foram apresentados em diferentes seqüências predeterminadas, para que a ordem de apresentação não

influenciasse os resultados. Cada objeto foi apresentado a uma distância correspondente ao comprimento do membro superior do lactente, na linha média do corpo e na altura dos ombros (Thelen e Spencer, 1998; Corbetta et al., 2000; van der Fits e Hadders-Algra, 1998) por um período de 1 minuto ou até o lactente realizar sete alcances (Rocha, 2006). Um intervalo de 5 segundos foi permitido após cada apresentação, totalizando o tempo do procedimento em aproximadamente 4 minutos e 25 segundos.

Toda a fase experimental foi filmada por três câmeras filmadoras digitais (60Hz), uma posicionada póstero-superiormente à cadeira onde estava o lactente e as outras duas localizadas anterior e diagonalmente, estando uma à direita e a outra à esquerda (Carvalho et al., 2005), de modo que os marcadores do punho do lactente fossem visualizados por pelo menos duas câmeras ao longo de toda a trajetória do movimento de alcance.

2.3. Sistema de Análise

As imagens foram capturadas por uma placa de captura de imagens, utilizando o *software* Adobe Premier 6.3 em arquivos com formato AVI. As imagens desses arquivos foram abertas no sistema Dvideow 5.0* (Figuerola et al., 2003) por meio do qual foi realizada a identificação do início e final do alcance do membro superior que primeiro tocou o objeto. Por exemplo, para analisar o movimento do membro superior esquerdo, as imagens das câmeras situadas acima e à esquerda do lactente eram utilizadas. Para os alcances bimanuais, foi analisado o membro superior que primeiro

* O Dvideow não é um sistema comercial e foi fornecido a nós sem custos por cooperação acadêmica; ele foi desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação Biomecânica do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas (Brasil).

tocou o objeto (Rocha, 2006). Quando alguma parte da trajetória do movimento não pode ser rastreada automaticamente, por exemplo, pelo baixo contraste entre o marcador e a pele do lactente, o rastreamento era continuado manualmente. Esta medição semi-automática é uma alternativa para minimizar erros na dimensão, bem como para facilitar o processo de medida em comparação com a medição manual apenas.

Depois do rastreamento do marcador, o sistema Dvideow fornece as coordenadas X, Y e Z do marcador afixado no punho para cada quadro do movimento (arquivos em formato 3d) a fim de que estes arquivos possam ser carregados no Matlab 6.0. O programa Matlab 6.0 foi aplicado para filtrar os resultados, sendo utilizado um filtro Butterworth de 4ª ordem com frequência de corte de 6 Hz e para calcular as variáveis índice de retidão, velocidade média e unidades de movimento por meio de rotinas.

O índice de retidão foi obtido pelo cálculo da razão entre a menor distância que poderia ser percorrida (distância entre a posição inicial da mão e o objeto) na trajetória e a distância percorrida pela mão (trajetória total). Quanto mais próximo de 1 for o índice, mais próximo de um segmento de reta terá sido a trajetória. O índice de retidão igual a 1 indica que o lactente realizou o alcance na menor trajetória possível (Thelen et al., 1996).

A velocidade média foi obtida pelo cálculo da razão entre a distância percorrida e o tempo gasto ao longo do movimento (Mathew e Cook, 1990).

A unidade de movimento foi definida como um pico de velocidade máxima entre dois picos de velocidades mínimas, para os quais a diferença deve ser superior a 1cm/s (Thelen et al., 1996). Dessa forma, uma curva com vários picos de velocidade máxima e mínima ilustra várias unidades de movimentos. A velocidade foi obtida pela norma do vetor velocidade, que é dada pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos componentes X, Y e Z (Rocha et al., 2006a).

O início do alcance foi determinado como o primeiro movimento direcionado e ininterrupto do braço em direção ao objeto. O final do alcance foi determinado como o primeiro quadro no qual a mão tocou o objeto. Este *frame* foi estabelecido pelo primeiro deslocamento dos objetos rígidos ou a deformação dos objetos maleáveis (Rocha, 2006). O alcance foi excluído quando os marcadores não eram visualizados por mais de 10% do movimento.

Para assegurar a objetividade e confiabilidade, três examinadores avaliaram os mesmos alcances em diferentes momentos. Os examinadores tinham diferentes tempos de prática (2 anos, 1 ano, e 15 dias) no uso do sistema Dvideow.

O teste Kolmogorov-Smirnov ($p < 0.05$) identificou os dados como sendo não-normais. Assim, o teste Kruskal-Wallis foi proposto para analisar se as amostras foram diferentes na comparação da variável espaço-temporal entre os examinadores. A correlação de Spearman foi usada para verificar a relação entre as medidas obtidas pelos examinadores. Um nível de significância de 0,05 foi considerado para todas as análises.

3. RESULTADOS

Um total de 203 alcances foi analisado. Os resultados do teste de normalidade estão apresentados na Tabela 1. Os dados mostraram-se não-normais para todos os examinadores e variáveis.

Tabela 1. Resultados do teste Kolmogorov-Smirnov para as variáveis e examinadores.

Variável	Examinador	Z	p-value
Velocidade Média	1	1.644	0.009
	2	1.451	0.030
	3	1.570	0.014
Índice de Retidão	1	1.768	0.004
	2	1.739	0.005
	3	1.724	0.005
Unidades de Movimento	1	2.015	0.001
	2	1.812	0.003
	3	2.002	0.001

Z=valor do teste Kolmogorov-Smirnov

Figura 1A-C mostra a variável velocidade média ($H(2)=0.037$; $p=0.982$), índice de retidão ($H(2)=0.060$; $p=0.970$) e unidades de movimentos ($H(2)=0.409$; $p=0.815$), respectivamente, para cada examinador. Não houve diferença significativa entre os examinadores para todas as variáveis.

Os resultados da correlação de Spearman foram fortes, positivos e significativos ($r>0,91$; $p<0,001$) para velocidade média (Figura 2A-C), índice de retidão (Figura 3A-C), e unidades de movimentos (Figura 4A-C).

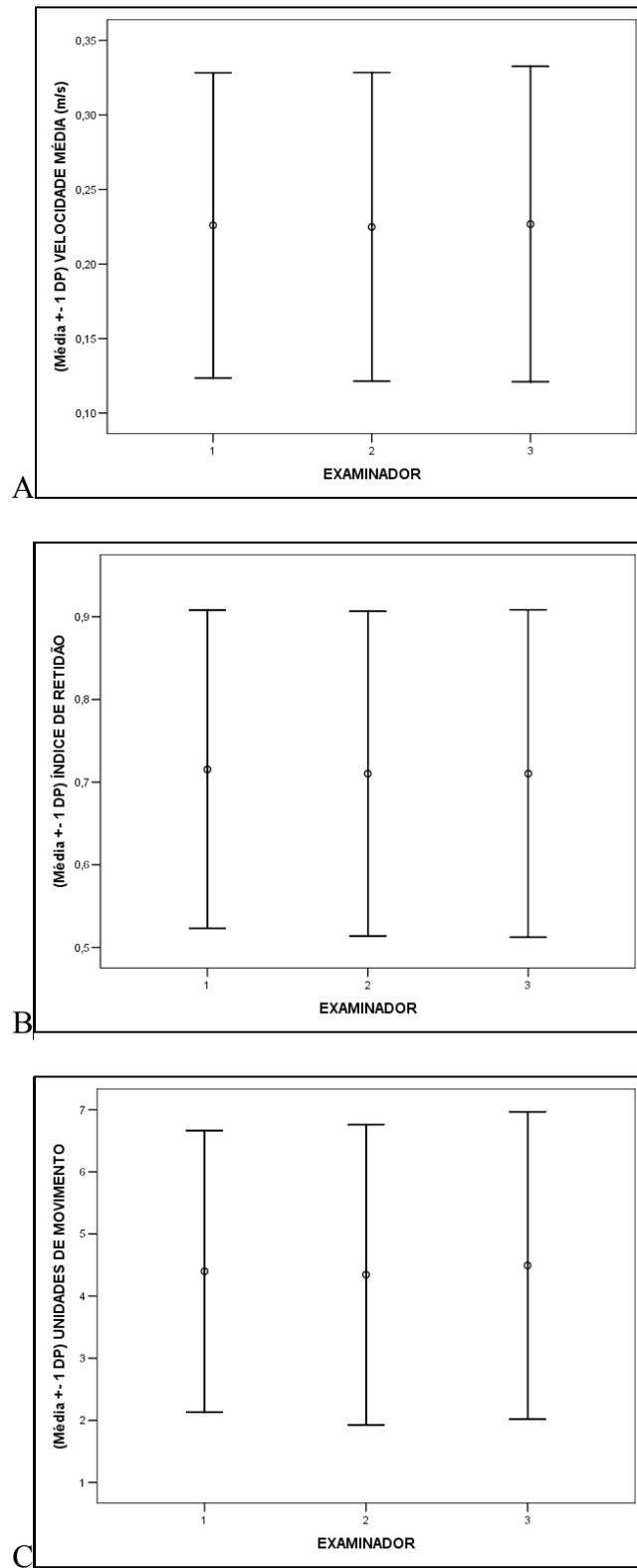


Figura 1. Média e desvio padrão da velocidade média (A), índice de retidão (B) e unidades de movimentos (C) para cada examinador.

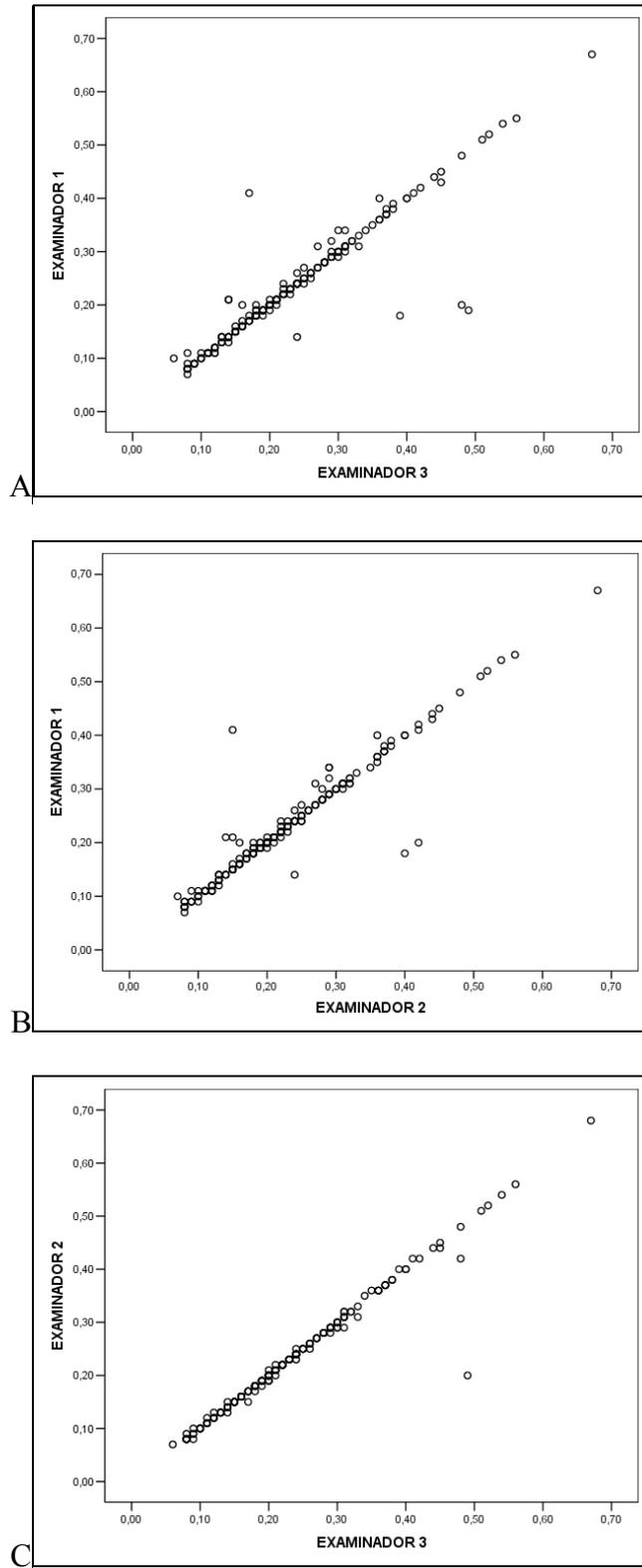


Figura 2. Correlação para velocidade média entre os examinadores 1 e 3 (A), 1 e 2 (B), e 2 e 3 (C).

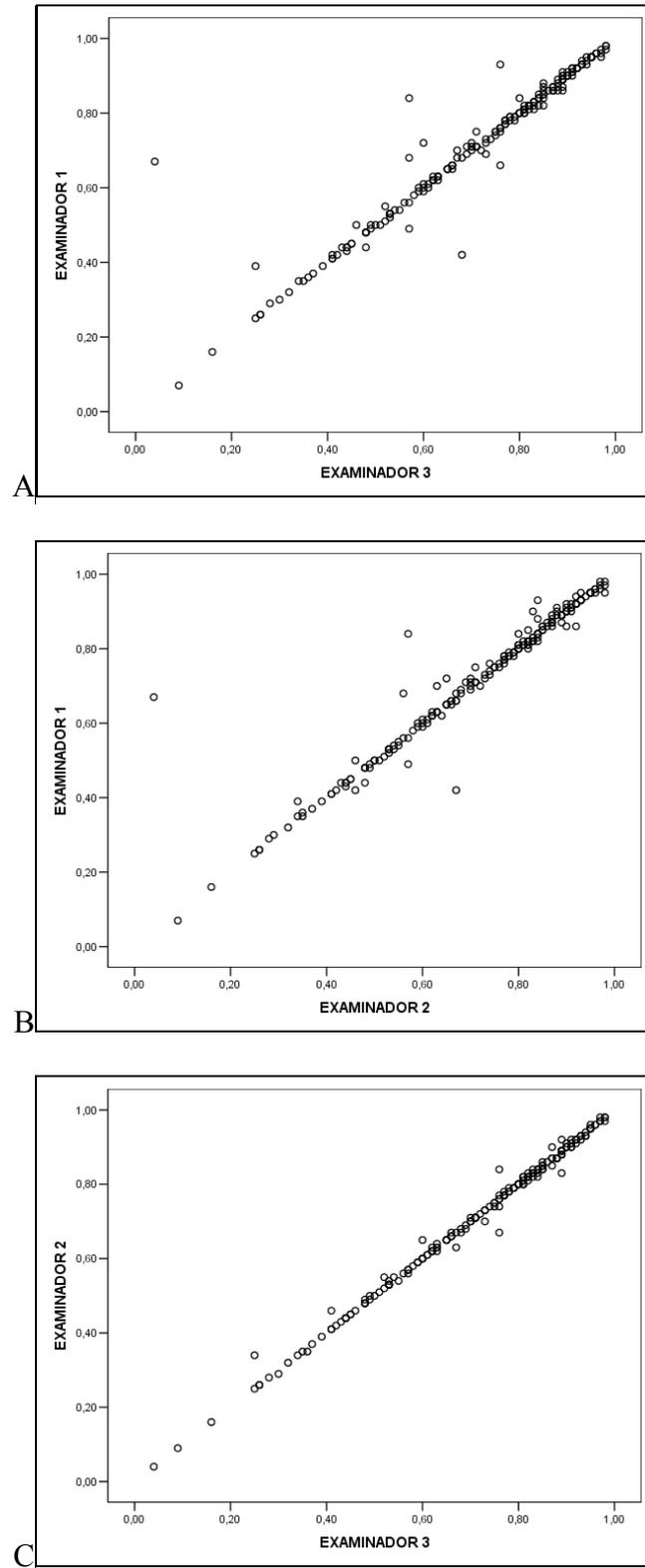


Figura 3. Correlação para índice de retidão entre os examinadores 1 e 3 (A), 1 e 2 (B), e 2 e 3 (C).

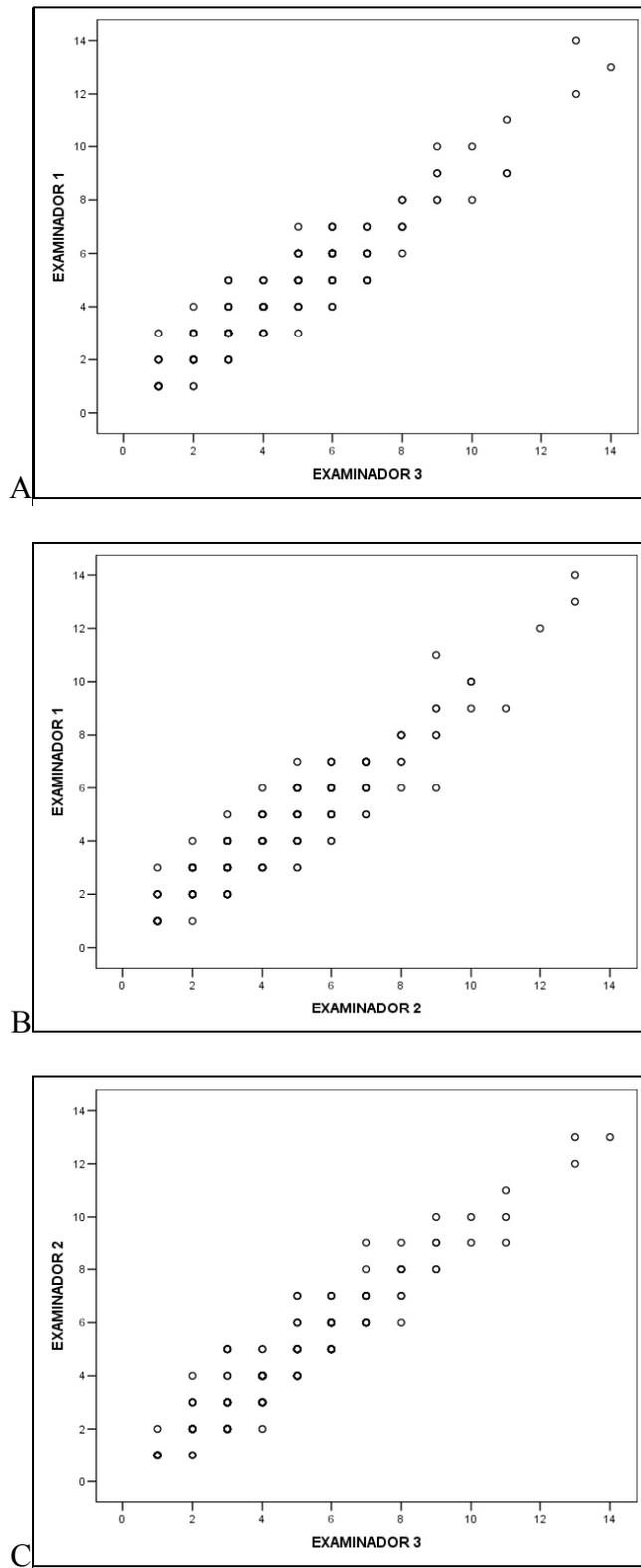


Figura 4. Correlação para unidades de movimentos entre os examinadores 1 e 3 (A), 1 e 2 (B), e 2 e 3 (C).

4. DISCUSSÃO

Na seleção de um instrumento de avaliação apropriado, é necessário refletir sobre as seguintes questões: 1) As características do instrumento são adequadas ao propósito do estudo?; 2) O instrumento é apropriado aos recursos disponíveis?; e 3) O examinador usa o instrumento corretamente? (Gallahue e. Ozmun, 2002).

No presente estudo, o sistema Dvideow foi escolhido dado o interesse em avaliar o alcance de lactentes jovens. Uma vez que este sistema fornece análises tridimensionais, ele é adequado para detectar mudanças sutis na velocidade, retidão e suavidade dos movimentos de alcance. A identificação de cada mudança pode, por sua vez, contribuir para o melhor entendimento da complexidade e adaptabilidade dos movimentos infantis no que diz respeito à manipulação de diferentes objetos.

A flexibilidade do Dvideow permitiu o uso de somente três câmeras na análise dos movimentos de alcance de ambos os braços dos lactentes. Além disso, este sistema não exigiu melhora nas instalações do laboratório para conduzir os procedimentos propostos. A flexibilidade deste sistema é especialmente importante por implicar em baixos custos com a pesquisa quando comparado com outros sistemas utilizados na análise cinemática.

O Dvideow é fácil de operar e não requer nenhum treinamento ou qualificação específica do examinador (Carvalho et al., 2005). Esta característica pode ser confirmada pelos resultados deste estudo, visto que concordância inter-examinador foi obtida mesmo para eles que tinham diferentes tempos de prática.

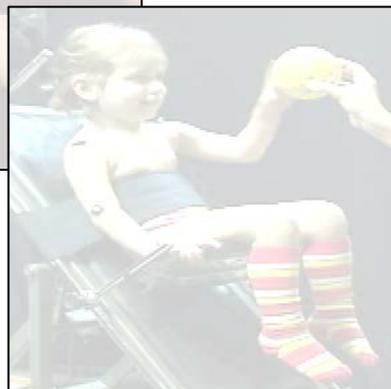
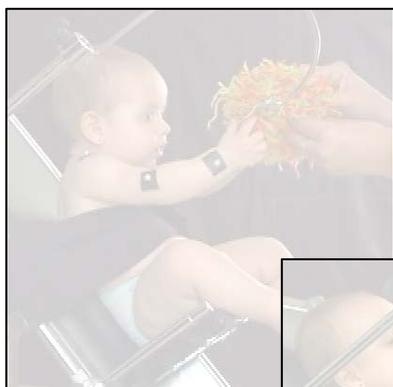
Os resultados do presente estudo demonstraram que o Dvideow é também sensível, objetivo e confiável. A sensibilidade do Dvideow pode ser evidenciada pela não-normalidade dos dados observada para todas as variáveis analisadas. De fato, este sistema mostrou-se capaz de apresentar a variabilidade entre os alcances realizados pelo lactente

individualmente, assim como a variabilidade entre os alcances realizados pelos diferentes lactentes.

A falta de diferença entre os examinadores na análise das variáveis cinemáticas é indicativa de objetividade do Dvideow. O instrumento mostrou-se capaz de produzir resultados similares quando diferentes examinadores analisaram os mesmos dados. Este resultado é particularmente importante para a pesquisa científica uma vez que sugere que o sistema Dvideow pode ser certamente utilizado por auxiliares de pesquisa e apoio técnico treinados. Desta forma, os dados podem ser analisados por diferentes examinadores, consequentemente tornando o processo de análise mais eficiente.

A forte correlação entre os examinadores para todas as variáveis analisadas é uma clara evidência de confiabilidades do Dvideow. Três aspectos positivos podem ser enfatizados do resultado de confiabilidade. Primeiro, se o sistema é confiável, a taxa de erro é reduzida de modo que as variações dos dados podem ser interpretadas como variabilidade real da amostra. Segundo, um instrumento confiável permite análises de diferentes amostras, tarefas ou condições, bem como a análise dos mesmos dados em momentos diferentes. Terceiro, a confiabilidade é clinicamente relevante, uma vez que os dados coletados por um instrumento confiável podem ser analisados por diferentes terapeutas sem implicar em diferentes diagnósticos.

Em resumo, este estudo forneceu evidências de que o sistema Dvideow é um instrumento sensível, objetivo, confiável e fácil de operar para a análise cinemática do alcance de lactentes saudáveis de 4-6 meses de vida.



ESTUDO 2

INFLUÊNCIA DOS OBJETOS NO ALCANCE MANUAL DE CRIANÇAS DE 6 A 36 MESES DE VIDA

Fernanda Pereira dos Santos Silva; Nelci Adriana Cicuto F. Rocha; Eloísa Tudella

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência do tamanho e rigidez dos objetos no alcance manual de crianças aos 6, 7, 8 e 36 meses de vida. Para tanto foram avaliados nove lactentes saudáveis, posicionados em uma cadeira infantil reclinada a 50°. Quatro objetos foram apresentados, um rígido grande (RG), um rígido pequeno (RP), um maleável grande (MG) e um maleável pequeno (MP), por um período de 1 minuto cada. Os alcances foram filmados por três câmeras digitais e as imagens reconstruídas tridimensionalmente pelo sistema Dvideow. Um total de 656 movimentos de alcance foi analisado por meio das variáveis cinemáticas – índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de desaceleração e duração do movimento. Constatou-se que, ao longo dos meses, as crianças realizam alcances manuais com trajetórias mais retilíneas, mais rápidas, com menos unidades de movimento e menor duração. Entre os objetos, a única variável alterada foi a duração do movimento, a qual foi maior para o objeto MP do que para o objeto MG. Infere-se que o desenvolvimento motor é um processo de ajustes contínuos do sistema motor em função da idade e do ambiente, que por sua vez pode promover mudanças somente nos parâmetros de controle necessários à realização da tarefa.

Palavras-chave: alcance manual, propriedades dos objetos, criança.

1. INTRODUÇÃO

O alcance é uma habilidade que pode ser definida como a trajetória executada pelas mãos em direção a um objeto (Newman et al., 2001) e posterior toque neste (Savelsbergh e van der Kamp, 1994). Considerando que a mão possibilita aos lactentes fazer representações mentais, fornecendo, assim, experiências sensorio-motoras que serão utilizadas por toda vida (Coelho et al., 2001), é possível dizer que o desenvolvimento do alcance está envolvido no processo de aprendizagem motora e cognitiva. Dessa forma, estudar como as crianças refinam esta habilidade é relevante (Corbetta et al., 2000; van Hof et al., 2002, Carvalho et al., 2007), entre outras coisas, para entender a origem do processo pelo qual um adulto controla seus movimentos de alcançar e apreender objetos (Berthier e Keen, 2006).

A habilidade de alcançar emerge por volta dos 4-5 meses (Newman et al., 2001; Carvalho et al., 2007; Konzack e Dichgans, 1997, Thelen e Spencer, 1998; Rocha et al.,

2006a), período em que os movimentos são de aparência atáxica, com trajetórias irregulares, fragmentadas e com várias unidades de movimentos (Konzack e Dichgans, 1997; Rocha et al., 2006a; Thelen et al., 1996; Fetters e Todd, 1987; Mathew e Cook, 1990; von Hofsten, 1991; Ennouri e Block, 1996; Berthier et al., 1999). Aos 6 meses os lactentes típicos já são capazes de alcançar e apreender os objetos; porém, o processo de refinamento continuará por meses. Esse processo é promovido por alterações biomecânicas (Konzack e Dichgans, 1997), bem como pelo desenvolvimento da visão binocular (Graziano, 2002), que fornece melhor informação sobre tamanho e localização espacial dos objetos e permite uma configuração mais eficiente da mão ao apreendê-los (Servos e Goodale, 1994).

Von Hofsten (1991) demonstrou que a trajetória do alcance de lactentes de 4 a 7 meses tornou-se mais retilínea e com menor número de unidades de movimentos ao longo dos meses. Rocha, Silva e Tudella (2006a, 2006b), ao estudarem o desenvolvimento do alcance em lactentes de 4 a 6 meses, similarmente verificaram aumento no índice de retidão e na velocidade média, bem como diminuição das unidades de movimento. Em um estudo longitudinal, Konzack et al. (1995) identificaram duas fases no desenvolvimento do alcance de lactentes de 4 a 16 meses de idade. Na primeira fase, dos 4 aos 6 meses, há um rápido aumento no tempo de início do alcance e uma substancial diminuição tanto no número de unidades de movimento quanto na duração do movimento. Na segunda fase, dos 7 aos 16 meses, as mudanças ocorrem de forma mais lenta e gradual, os padrões motores grosseiros são refinados e a variabilidade dos parâmetros cinemáticos, reduzida. Dessa forma, o perfil de aceleração e desaceleração do alcance começa a se assemelhar ao de um adulto, por volta dos 8 meses de vida (Thelen et al., 1996; von Hofsten, 1991). Contudo, padrões estáveis de movimento são estabelecidos apenas por volta dos 36 meses (Corbetta e Thelen, 1999), idade em que a coordenação temporal dos segmentos dos braços está completamente desenvolvida (Konzack e Dichgans, 1997).

Diante do exposto, nota-se que o refinamento do alcance pode ser constatado por meio de uma série de transformações cinemáticas que certamente estão sob a influência do organismo (crescimento físico, melhora no controle postural, diferença na percepção dos objetos em cada idade) e da experiência adquirida pela criança tanto no ambiente em que ela está inserida (Konczak et al., 1995; Carvalho et al., 2007) quanto na realização da tarefa (Rocha et al., 2006b), como, por exemplo, o alcance de objetos.

Alguns autores verificaram a influência das propriedades dos objetos sobre os parâmetros cinemáticos do alcance manual de lactentes. Rocha et al. (2006a), ao estudarem o alcance para objetos de diferentes tamanhos e rigidez em lactentes de 4 a 6 meses, verificaram que o número de unidades de movimento foi maior para os objetos pequenos e que a rigidez do objeto parece não ter afetado a trajetória do movimento. Rocha (2006) verificou que lactentes de 4 a 6 meses realizaram alcances mais retilíneos, com menor tempo de ajuste e menor número de unidades de movimento para o objeto maleável grande; enquanto que para os objetos pequenos apenas o número de unidades de movimento foi maior. Isso indica que as propriedades físicas dos objetos influenciam na cinemática do movimento de alcançar. Pryde, Roy e Campbell (1998) também demonstraram que objetos pequenos requerem mais correções no final da trajetória em crianças de 9-10 anos de idade. Ambos os estudos sugerem que a idade é um fator importante por estar envolvida com a experiência e com o tempo de prática de cada criança. Assim, dependendo da capacidade percepto-motora da criança, as características dos ajustes dos movimentos de alcance de objetos de propriedades físicas distintas são diferentes.

Como ainda não está claro em que fase do desenvolvimento os alcances tornam-se cinematicamente controlados, a pergunta que surge é: as crianças refinarão de modo crescente os parâmetros cinemáticos dos alcances dos 6 até os 36 meses de vida? Neste estudo, espera-se que aos 36 meses os alcances em direção aos objetos sejam controlados, ou

seja, apresentem trajetórias mais retilíneas, com poucas correções, movimentos mais rápidos, com menor gasto de tempo para ajustar as mãos antes de tocar o objeto e menor gasto de tempo para realizar o movimento total.

Em relação aos objetos, também não está claro na literatura se o tamanho e rigidez dos objetos apresentados às crianças influenciarão nos parâmetros cinemáticos do alcance. Portanto, a pergunta que surge é: como as crianças utilizarão as informações disponibilizadas pelo tamanho e rigidez dos objetos para ajustar os parâmetros cinemáticos dos alcances? Tendo em vista que aos 36 meses os alcances são mais controlados, espera-se não encontrar diferenças entre os objetos apresentados.

Vale ressaltar que a maioria dos estudos empregando análise cinemática para avaliar a influência das propriedades dos objetos é realizada em adultos (Soetching, 1984; Materniuk et al., 1987; Paulignan et al., 1997; Jakobson e Goodale, 1991), e foram poucos os que enfatizaram a propriedade de rigidez dos objetos (Rochat et al., 2006a; 2006b), especialmente após os 6 meses de vida. Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo identificar as possíveis alterações no alcance manual de crianças ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses de vida, bem como verificar o efeito das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos no alcance dessas crianças. Estudos em crianças são necessários para explicar o processo que conduz à eficiência de um alcance adulto, e a investigação da influência da rigidez sobre o movimento deverá contribuir para um melhor entendimento das ações sobre o ambiente.

2. METODOLOGIA

2.1. Participantes

Participaram do estudo nove lactentes saudáveis, três meninos e seis meninas, nascidos a termo com idade gestacional média de 39 semanas ($\pm 1,11$), com índice de Apgar de 8,44 ($\pm 0,72$) no primeiro minuto e de 10 ($\pm 0,0$) no quinto minuto. Os

lactentes nasceram com peso adequado ao nascimento, com média de 3410g ($\pm 0,52$). Estes foram avaliados longitudinalmente nas idades de 6 (M = 6 meses e 1 dia ± 3 dias), 7 (M = 6 meses e 28 dias; ± 2 dias) e 8 meses (M = 8 meses e 2 dias; ± 3 dias), com tolerância de 5 dias anteriores ou posteriores à data do aniversário e aos 3 anos de idade (M = 3 anos e 18 dias; ± 14 dias). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (processo nº 040/03) e os pais ou responsáveis pelo lactente assinaram previamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.2. Materiais e procedimentos

Foram afixados marcadores esféricos com fita dupla-face hipoalérgica nos punhos das crianças (região dorsal do carpo) (Carvalho et al., 2007; Rocha et al., 2006a; 2006b; Out et al., 1998). Em seguida, as crianças foram posicionadas em uma cadeira infantil (Carvalho et al., 2005) com inclinação de 50° com a horizontal (von Hofsten, 1984). Esta cadeira possuía uma faixa que proporcionava estabilidade para tronco e quadril, permitindo movimentos livres dos membros superiores e inferiores e; uma haste para o posicionamento correto do objeto, permitindo sua apresentação sempre no mesmo lugar. Um intervalo de 10 segundos foi permitido para que a criança se adaptasse na postura e então, iniciavam-se os testes.

Foram apresentados quatro objetos esféricos e atrativos de propriedades distintas: dois maleáveis (lã antialérgica) e dois rígidos (bolas de isopor), sendo dois pequenos (5cm de diâmetro) e dois grandes (12,5cm de diâmetro) (Rocha et al., 2006a; 2006b; 2006c). Estes foram assim denominados: rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP). Os objetos foram apresentados em diferentes seqüências predeterminadas para que a ordem de apresentação não influenciasse os resultados. Cada

objeto foi apresentado a uma distância correspondente ao comprimento do membro superior da criança, na linha média do corpo e na altura dos ombros (Corbetta et al., 2000; Rocha et al., 2006a; 2006b; 2006c), por um período de 1 minuto. Caso a criança não demonstrasse interesse pelo objeto, este foi agitado e deslocado no seu campo visual, porém quando a criança fixava o olhar e direcionava a mão para o objeto, o mesmo permanecia imóvel. Após cada alcance realizado, o objeto foi gentilmente retirado e em seguida reapresentado. Um intervalo de 5 segundos foi permitido após cada apresentação, totalizando o tempo do procedimento em aproximadamente 4 minutos e 25 segundos (Rocha, 2006).

Toda a fase experimental foi filmada por três câmeras filmadoras digitais (60Hz), uma posicionada pósterio-superiormente à cadeira e as outras duas localizadas anterior e diagonalmente, estando uma à direita e a outra à esquerda (Carvalho et al., 2005), de modo que os marcadores do punho da criança fossem visualizados por pelo menos duas câmeras ao longo de toda a trajetória do movimento de alcance.

2.3. Sistema de análise

As imagens foram capturadas, em arquivos com formato AVI, por uma placa de captura de imagens utilizando o software Adobe Premier 6.3. As imagens desses arquivos foram abertas no sistema Dvideow 5.0 (Figueroa et al., 2003), por meio do qual foi realizada a identificação do início e final do alcance do membro superior que primeiro tocou o objeto, tanto das imagens referentes à câmera situadas acima quanto das laterais à cadeira (Rocha et al., 2006a; 2006b; 2006c). Desta forma, os alcances foram determinados e analisados cinematicamente pelo sistema Dvideow, que fornece as coordenadas X, Y e Z do marcador afixado no punho para cada *frame* do movimento.

O início do alcance foi determinado como o primeiro movimento ininterrupto do braço direcionado ao objeto. Vale ressaltar que a velocidade no início do

alcance não precisava ser igual a zero, uma vez que não foi padronizada a posição do membro superior da criança quando o objeto era apresentado. O final do alcance foi determinado quando a mão tocou o objeto, observado pelo deslocamento dos objetos rígidos e pela deformação dos objetos maleáveis.

Os alcances foram excluídos quando a criança apresentava falta de interesse, desatenção, choro ou irritação durante a realização do movimento, quando iniciou o movimento com a mão próxima (trajetória inferior a 10 *frames*- Rocha, 2006) ao objeto ou quando o marcador não foi visualizado por mais de 10% da trajetória (Rocha et al, 2006a).

De posse dos arquivos 3d lançados pelo sistema Dvideow, estes eram carregados no programa Matlab 6.0, que foi utilizado para filtrar os resultados, com um filtro Butterworth de quarta ordem e frequência de corte de 6 Hz; e para calcular as variáveis índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de desaceleração e duração do movimento. O filtro Butterworth foi escolhido por melhor analisar sinais de deslocamento, no que diz respeito a remoção dos ruídos acima da frequência de corte (Robertson et al., 2003) e mostrou-se adequado para análise de alcances em lactentes (Carvalho et al., 2005).

2.4. Variáveis dependentes analisadas

- Índice de retidão: indica o quão retilínea foi a trajetória da mão na direção do objeto. Esse índice foi obtido pelo cálculo da razão entre a menor distância que poderia ser percorrida (distância entre a posição inicial da mão e o objeto) na trajetória e a distância percorrida pela mão (trajetória total). Quanto mais próximo de 1 for o índice, mais próximo de um segmento de reta terá sido a trajetória (Rocha et al., 2006a; 2006b; Thelen et al., 1996).

- Velocidade média: indica a velocidade média do marcador do punho ao longo do movimento de alcance. Foi obtida pelo cálculo da razão entre a distância percorrida e o tempo gasto ao longo do movimento (Rocha et al., 2006a; 2006b; Mathew e Cook, 1990), com base nas coordenadas X, Y, e Z do marcador do punho.
- Unidades de movimento: indica quantas vezes a criança corrigiu o movimento, acelerando e desacelerando a mão ao longo da trajetória. Cada unidade é definida como um pico de velocidade máxima entre dois picos de velocidades mínimas para os quais a diferença deve ser superior a 1cm/(Rocha et al., 2006a; 2006b; Thelen et al., 1996).
- Tempo de desaceleração: indica o tempo necessário para desacelerar o movimento da mão⁶, após o pico máximo de velocidade, para que a mão toque o objeto. O tempo de desaceleração é obtido a partir da diferença entre o *frame* final do alcance e o *frame* em que o lactente conseguiu a máxima velocidade. Um menor tempo de desaceleração indica que a criança precisou de menor tempo para fazer ajustes na trajetória da mão antes de tocar o objeto (Rocha. 2006). A Figura 1 ilustra o tempo de ajuste de três alcances de uma criança aos 36 meses, sendo um alcance com tempo de ajuste curto (Figura 1A), um alcance com tempo de ajuste longo (Figura 1B) e outro alcance com tempo de ajuste igual a zero (Figura 1C).
- Duração do movimento: indica o tempo necessário para realizar o alcance do objeto. A duração do alcance é calculada pela diferença no tempo entre o início do movimento da mão em direção ao objeto e o toque no mesmo (Carvalho et al., 2007).

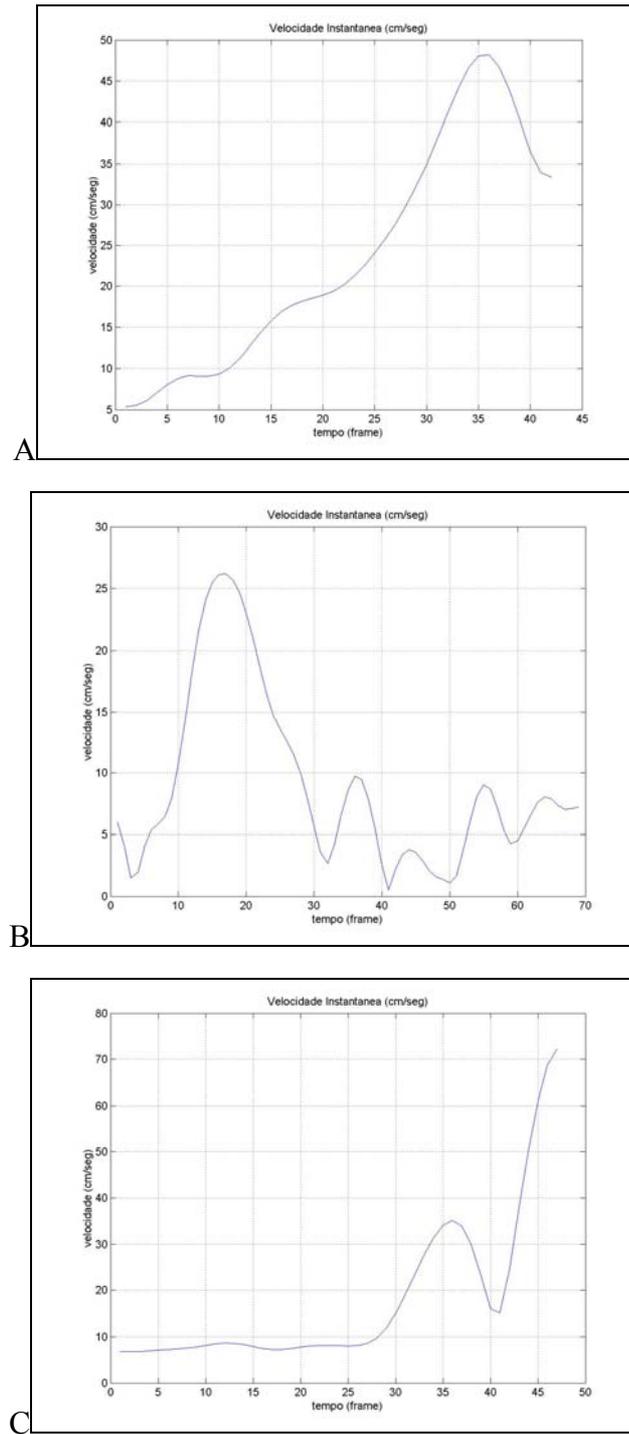


Figura 1. Tempo de ajuste de um alcance, de uma criança aos 36 meses. (A) Tempo de ajuste curto. (B) Tempo de ajuste longo. (C) Tempo de ajuste igual a zero.

2.5. Análise dos dados

Nas análises dos movimentos de alcance, foi aplicada a técnica não-paramétrica, visto que os dados não são homogêneos (Teste de Levene de Homogeneidade de Variância, $p > 0,05$) e normais (Teste KS – normalidade, $p > 0,05$).

O Teste de Friedman foi aplicado para verificar a diferença entre os fatores idade (6, 7, 8 e 36 meses) e objetos (RG, RP, MG e MP), quando a diferença entre as idades ou entre os objetos foi significativa, os dados foram submetidos a comparações múltiplas de Dunn.

A correlação de Spearman foi aplicada para verificar a relação entre as variáveis: idade, índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de desaceleração e duração do movimento.

Para todas as análises considerou-se um nível de significância de 0,05.

Os softwares SPSS 13.0 e GraphPad foram utilizados para análise estatística.

3. RESULTADOS

Foram analisados 656 movimentos das crianças selecionadas, sendo 167 alcances para o objeto rígido grande (RG), 163 para o rígido pequeno (RP), 165 para o objeto maleável grande (MG) e 161 para o objeto maleável pequeno (MP). Dos 656 movimentos, 174 foram realizados aos 6 meses, 160 aos 7 meses, 162 aos 8 meses e 160 aos 36 meses.

Houve diferença significativa no Índice de Retidão ($Fr(3)=18,411$; $p < 0,00001$) entre as idades. Observa-se, na Figura 2 que, os valores aos 6 meses foram inferiores aos 7 ($p < 0,05$), 8 ($p < 0,001$) e 36 meses ($p < 0,05$), indicando que aos 6 meses as trajetórias foram menos retilíneas dos que nos demais meses.

Houve diferença significativa na Velocidade Média ($Fr(3)=44,654$; $p<0,0001$) entre as idades. Observa-se, na Figura 2 que, os valores aos 36 meses ($p<0,001$) foram superiores aos encontrados nos demais meses, indicando que nesta idade as trajetórias foram mais rápidas do que nos meses anteriores avaliados.

Houve diferença significativa nas Unidades de Movimento ($Fr(3)=26,061$; $p<0,0001$) entre as idades. Observa-se, na Figura 2 que, os valores aos 6 meses foram superiores a 7 ($p<0,05$), 8 ($p<0,05$) e 36 meses ($p<0,001$), indicando que aos 6 meses foram realizadas mais correções (acelerações e desacelerações) nas trajetórias dos que nos demais meses.

Não houve diferença significativa no Tempo de Desaceleração ($Fr(3)=4,834$; $p=0,184$) entre as idades. No entanto, observa-se, na Figura 2 que, os valores aos 6, 7 e 8 meses foram similares e superiores aos encontrados aos 36 meses, indicando que nesta idade as crianças precisaram de um tempo de ajuste menor para tocar os objetos do que nos demais meses.

Houve diferença significativa na Duração do Movimento ($Fr(3)=16,280$; $p=0,001$) entre as idades. Observa-se, na Figura 2 que, os valores aos 6 e 7 meses foram superiores àqueles encontrados aos 8 ($p>0,05$) e 36 meses ($p<0,05$), indicando que as crianças com 36 meses gastam menos tempo realizando o alcance do que com 6 e 7 meses.

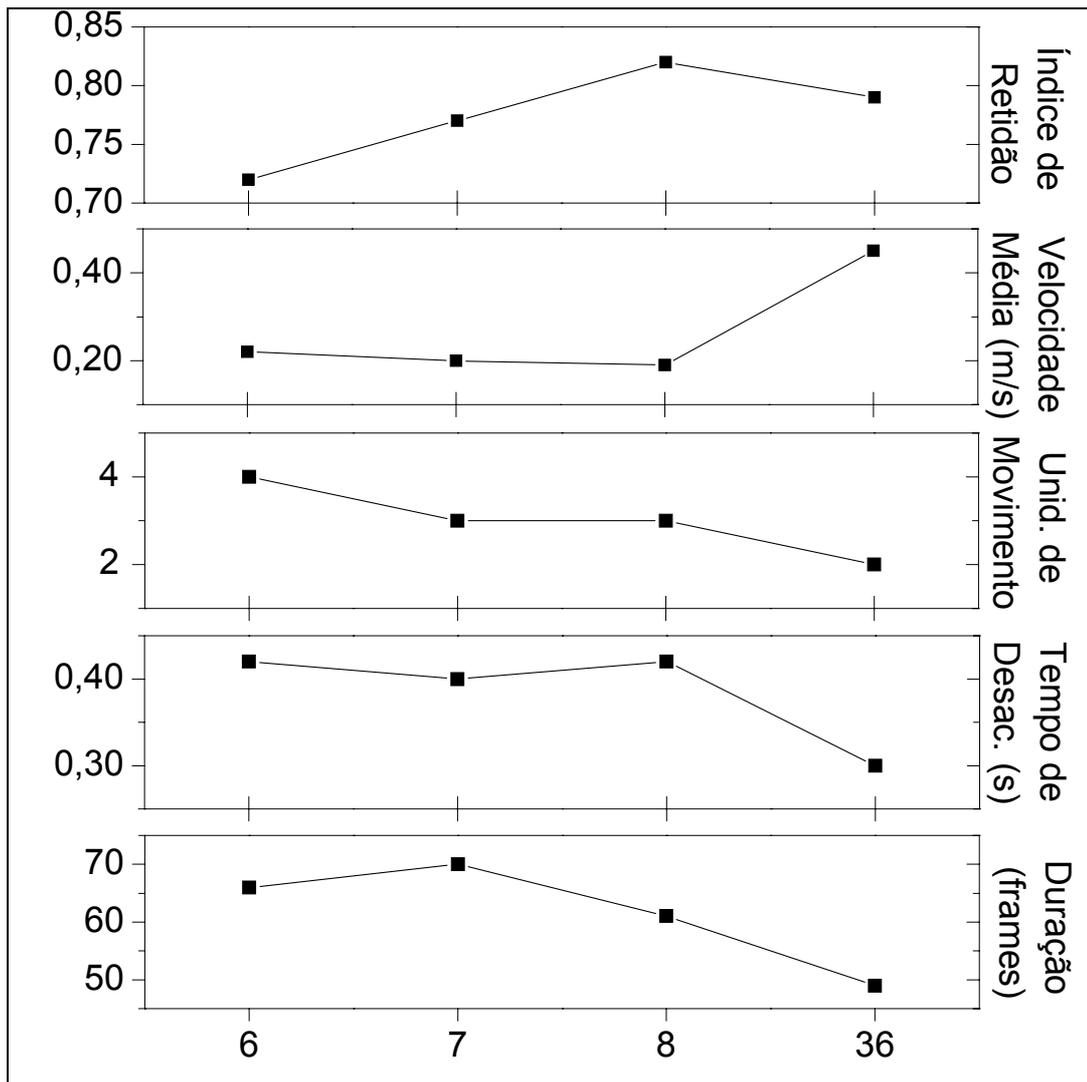


Figura 2. Mediana das variáveis: índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de desaceleração e duração do movimento, de todas as crianças aos 6, 7, 8 e 36 meses.

Em relação aos objetos, houve diferença significativa apenas para a Duração do Movimento ($Fr(3)=13,694$; $p=0,003$). Observa-se, na Figura 3 que, os valores para o objeto MP foram superiores aos valores encontrados para o objeto MG, indicando que foi gasto mais tempo para alcançar o objeto MP ($p<0,01$).

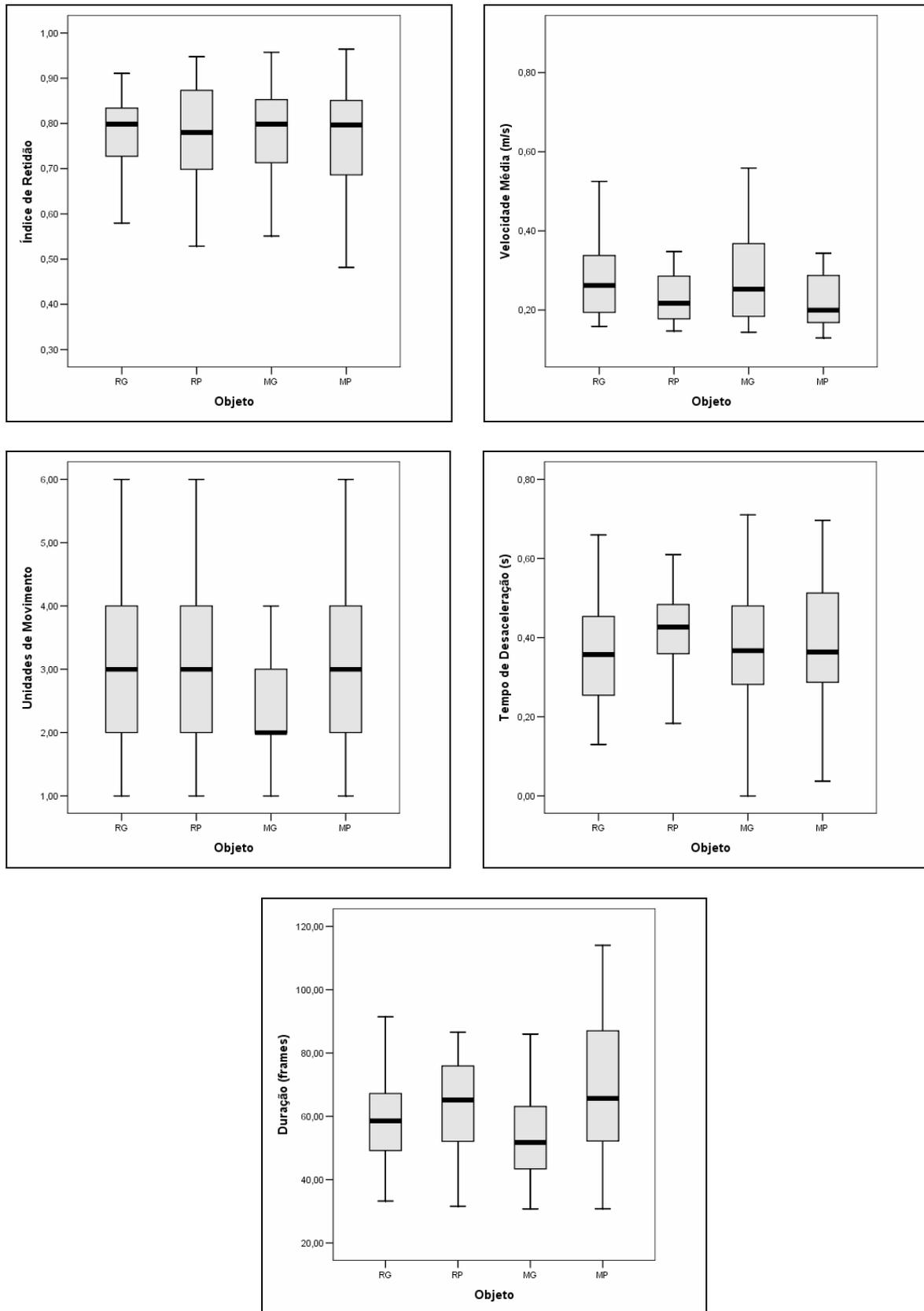


Figura 3. Mediana, valores mínimos e máximos das variáveis: índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de desaceleração e duração do movimento, de todas as crianças, para os objetos RG (rígido grande), RP (rígido pequeno), MG (maleável grande) e MP (maleável pequeno).

Os coeficientes de correlação, entre as idades e as variáveis, embora significativos ($p < 0,001$) foram fracos ($r^2 < 0,40$).

4. DISCUSSÃO

O presente estudo promove evidências de que, as crianças realizaram alcances manuais com trajetórias cada vez mais retilíneas, mais rápidas, com menos unidades de movimento e menor duração, indicando, assim, refinamento nos parâmetros cinemáticos dos alcances no período de 6 a 36 meses de vida. Essas mudanças observadas nas variáveis cinemáticas refletem maior controle dos movimentos e conseqüente melhora no desempenho do alcance. Acredita-se que estas mudanças ocorreram devido à complexidade de influências orgânicas-ambientais e à maior interação dos sistemas perceptuais e motores (Rocha et al., 2006b), bem como em função da prática na realização da tarefa e da experiência (Carvalho et al., 2008) que as crianças foram adquirindo ao longo do tempo.

Dentre as influências orgânicas, vale ressaltar o crescimento físico, visto que este estudo avalia os movimentos em vários meses do desenvolvimento e, conseqüentemente, ocorrem mudanças nos dados antropométricos. Contudo, tais dados não foram analisados, neste estudo, assim, sugere-se que em estudos futuros os dados antropométricos sejam considerados ao se estudar os parâmetros cinemáticos do alcance ao longo dos meses.

Em relação a variável índice de retidão, constatou-se que a partir dos 7 meses de vida os alcances tornaram-se mais retilíneos. Acredita-se que esta mudança se deva à experiência das crianças na realização deste movimento com aproveitamento das vantagens biomecânicas nele incorporadas ao longo do tempo. A interpretação deste resultado corrobora com Berthier e Keen (2006), cujo estudo também verificou que ao longo dos meses as trajetórias dos alcances tornaram-se mais retilíneas. Uma vez que após os 7 meses as trajetórias são retilíneas (estáveis) sugere-se que orientações aos cuidadores de crianças

típicas e atípicas, bem como, intervenções fisioterapêuticas devam ocorrer antes deste período, favorecendo o controle mais direcionado da trajetória do alcance. Estudos anteriores confirmam que no período de 4 a 6 meses (Carvalho et al., 2007; Rocha et al., 2006a; 2006b) a trajetória do alcance ainda está instável, portanto, é um período ideal para se obter modificações nesta variável. Além disso, tal resultado deve ser considerado no planejamento experimental de estudos futuros.

Quanto a variável velocidade média, observou-se que aos 36 meses as crianças foram mais rápidas do que nos meses anteriores. Sugere-se que este aumento na velocidade ocorreu devido a prática na realização do alcance (Carvalho et al., 2008), ao desenvolvimento de ativação neuro-muscular mais rápida (Corbetta e Thelen, 1999) e ao crescimento físico (Konzack e Dichgans, 1997) e pela melhora nas capacidades perceptuais da criança (visual, tátil e proprioceptiva). Este resultado está de acordo com os de Newman et al. (2001) que verificou que aos 8½ e 12 meses as crianças exibem alcances mais lentos com maior tempo gasto para apreender o objeto do que aos 15 meses.

Referente a variável unidades de movimento, tal como os estudos de Von Hofsten (1991; 2004), Mathew e Cook (1990), Konzack et al. (1995) constatou-se uma diminuição do número das unidades de movimento com o aumento da idade. Devido a prática, os alcances tornam-se mais organizados, favorecendo a realização de trajetórias mais suaves e sem muitas correções. Portanto, conclui-se que a partir do sétimo mês de vida o alcance da criança é mais maduro do que no sexto mês, idade na qual as crianças realizaram várias correções (acelerações e desacelerações do movimento) durante a trajetória do alcance, o que caracteriza um controle motor imaturo. Pelo fato da criança aos 36 meses ser capaz de detectar erros na trajetória do movimento e os mecanismos de correção do sistema motor estarem desenvolvidos, observa-se um alcance maduro constatado não só pela diminuição nas unidades de movimento como também pelo aumento do índice de retidão e velocidade média.

Apesar de não ter encontrado diferença significativa na variável tempo de desaceleração, aos 36 meses este foi menor do que nas outras idades. Este dado ilustra melhor desempenho do alcance, semelhantemente as variáveis anteriormente citadas. De acordo com Jeannerod (1984), Carvalho et al. (2007), Rocha (2006) o tempo de desaceleração é o momento no qual a criança realiza ajustes para tocar o objeto apresentado. Tal como os autores citados, acredita-se que esse ajuste é feito com base no processamento da informação visual, uma vez que o objeto e a mão da criança estão simultaneamente no campo visual central, para que o toque e/ou prensão do objeto sejam realizados com maior precisão. Estudos com lactentes saudáveis de 4 a 6 meses também não observaram diferenças nesta variável entre as idades, mas sim em relação aos objetos. No presente estudo, não foi observado diferença também entre os objetos, indicando que dos 6 aos 36 meses as crianças não precisaram usar esta estratégia de ajuste dos movimentos para tocar nos diferentes objetos. No entanto, lactentes prematuros saudáveis aos 6 e 7 meses (idade corrigida) apresentaram um tempo de desaceleração maior para tocar os objetos do que os lactentes a termo³⁸. Toledo e Tudella (2008) sugerem que esta estratégia foi necessária devido as características intrínsecas desta população.

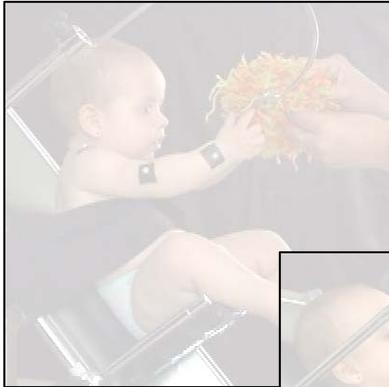
Referente a variável duração do movimento, as crianças aos 36 meses gastaram menos tempo para realizar os alcances, principalmente para alcançar o objeto MG. Sugere-se que isto se deva a capacidade das crianças nesta faixa etária de perceber as propriedades dos objetos e selecionar parâmetros que devem ser modificados a partir da capacidade motora que eles têm disponível para responder às exigências da tarefa, o que está de acordo com Rocha et al. (2006b). Estes resultados confirmam a idéia de que objeto pequeno e maleável exige maior precisão e controle dos movimentos, neste caso, observado pelo gasto maior de tempo para o objeto MP.

As crianças mantiveram as respostas motoras e alcançaram os diferentes objetos com o mesmo padrão, o que não significa que não perceberam as diferentes propriedades dos objetos, mas sim que as propriedades podem não ter sido tão relevantes para provocar modificações nos padrões motores e conseqüentemente nos parâmetros cinemáticos avaliados. Talvez se os objetos pequenos tivessem características mais discrepantes, alterações nos parâmetros cinemáticos entre eles seriam encontradas.

Os resultados do presente estudo demonstraram que embora os lactentes mais jovens consigam alcançar e apreender o objeto apresentado, todos parâmetros cinemáticos estudados foram mais eficientes e consistentes em crianças aos 36 meses.

Vale ressaltar a importância de se estudar o alcance ao longo do tempo, considerando não apenas um único parâmetro cinemático, o que poderia conduzir a erros de interpretação, visto que a relação entre eles permitiu uma interpretação mais consistente do processo de desenvolvimento do alcance. Além disso, associar a análise quantitativa (análise cinemática) à qualitativa poderá contribuir ainda mais nas inferências acerca do processo de desenvolvimento do alcance.

Os achados do presente estudo promovem evidências de que o desenvolvimento motor é um processo de ajustes contínuos do sistema motor em função da idade e do ambiente, que por sua vez, pode promover mudanças somente nos parâmetros de controle necessários à realização da tarefa.



ESTUDO 3

INFLUÊNCIA DO TAMANHO E RIGIDEZ DOS OBJETOS NOS AJUSTES PROXIMAIS E DISTAIS DO ALCANCE EM CRIANÇAS DE 6 A 36 MESES DE IDADE

Fernanda Pereira dos Santos Silva; Nelci Adriana Cicuto F. Rocha; Eloísa Tudella

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo verificar a influência de objetos de diferentes tamanhos e rigidez nos ajustes proximais e distais do alcance no período de 6 a 36 meses de vida. Para tanto foram avaliados nove lactentes saudáveis, posicionados em uma cadeira inclinada a 50°. Quatro objetos foram apresentados, um rígido grande (RG), um rígido pequeno (RP), um maleável grande (MG) e um maleável pequeno (MP), por um 1 minuto cada. De um total de 656 movimentos de alcance foram analisados os ajustes proximais (alcance uni e bimanual) e distais (orientação da mão horizontalizada, verticalizada e oblíqua; mão aberta, semi-aberta e fechada) e a preensão (com e sem) dos objetos. Constatou-se que as crianças aos 36 meses realizaram mais alcances unimanuais do que nas idades anteriores e em todas as idades estudadas os alcances unimanuais foram realizados principalmente para os objetos pequenos. Aos 36 meses as crianças orientam a mão de forma horizontalizada para tocar e apreender os objetos apresentados, enquanto que aos 6 e 7 meses a orientação da mão foi oblíqua para tocar e verticalizada para apreender os objetos, independentemente das propriedades dos objetos. No decorrer dos meses, tanto no início quanto no final do alcance as mãos tornam-se mais abertas, principalmente para tocar o objeto rígido grande. Ao longo dos meses, as crianças realizaram cada vez mais alcances com preensão, principalmente para os objetos maleáveis ou objetos pequenos. No período de 6 a 36 meses de idade os alcances tornaram-se mais refinados e ajustados às propriedades mais discrepantes dos objetos apresentados, observado pelas modificações nos ajustes proximais e distais do alcance.

Palavras-chave: ajustes proximais, ajustes distais, preensão, alcance manual, crianças.

1. INTRODUÇÃO

As propriedades físicas dos objetos e a sensação que elas causam (Corbetta et al., 2000) têm papel importante na configuração das nossas ações motoras (Bushnell e Boudreau, 1993; Newell et al., 1989; Rocha et al, 2006a). Segundo Sann e Streri (2007), podem-se distinguir dois tipos de propriedades: as microgeométricas (materiais) e as macrogeométricas (geométricas). As propriedades microgeométricas são representadas, por exemplo, pela textura e rigidez dos objetos. As propriedades macrogeométricas são representadas, por exemplo, pelo tamanho e forma dos objetos.

De acordo com as propriedades físicas dos objetos que são apresentadas, as crianças irão realizar ações motoras como o alcançar, tocar e apreender que, por sua vez, geram experiências perceptuo-motoras. Experiências perceptuo-motoras que envolvem a visão e tato, como nessas ações, continuamente promovem melhoras e atualizações do nosso entendimento e conhecimento sobre o ambiente, não somente para agir e perceber sobre ele, mas também para saber como modificar, antecipar e organizar nossas ações futuras em situações similares (Corbetta et al, 2000).

Referente ao alcance manual, estudos têm demonstrado que sua aquisição ocorre por volta dos 4-5 meses de idade (Von Hofsten, 1984; Savelsbergh e van der Kamp, 1994; Newman, Atkinson e Braddick, 2001; Von Hofsten e Rönnqvist, 1988; Konzack e Dichgans, 1997; Thelen e Spencer, 1998; Rocha et al., 2006a; Carvalho et al., 2007). Após a sua aquisição surgem os processos de refinamento em ajustes tanto proximais, alcances uni e bimanuais; quanto distais, orientação da mão e abertura dos dedos para fazer contato e apreender o objeto (Rocha et al, 2006a). Os ajustes proximais são predominantemente bimanuais por volta dos 5-6 meses, independentemente das propriedades do objeto (Fagard, 2000; Corbetta e Thelen, 1996) e, a partir dos 8-9 meses, os ajustes passam a ser realizados em função dessas. Quanto aos ajustes distais, Newell et al. (1989) e Lockman et al. (1984) verificaram que aos 4-5 meses os lactentes ajustam o posicionamento das mãos no momento em que tocam o objeto e por volta dos 7-9 meses, esses ajustes passam a ser realizados em antecipação ao toque no objeto.

Nota-se que as mudanças nos ajustes proximais e distais dos movimentos de alcances em lactentes no período de 4 a 9 meses estão bem definidas na literatura pesquisada. No entanto, é notório que para se compreender a capacidade de adaptação dos lactentes é necessário também manipular as condições de tarefa (Rocha et al., 2006a). Assim, alguns estudos promoveram evidências de que lactentes tão jovens quanto os de 4 a 6 meses realizam

alcances bimanuais para objetos grandes e, alcances unimanuais para objetos pequenos (Rocha et al., 2006a; Newell et al., 1989; Newell et al., 1993), porém quando o objeto é maleável independentemente do seu tamanho os alcances são unimanuais (Rocha et al., 2006a). Siddiqui (1995) constatou que lactentes aos 5 meses são capazes de realizar ajustes distais de acordo com o tamanho do objeto, sugerindo que o comportamento de lactentes jovens é funcionalmente adaptado à restrição de tarefa. Contrariamente a esses estudos, Corbetta et al. (2000) verificaram que somente aos 8 e 9 meses os lactentes são capazes de usar efetivamente as informações visuais e táteis para planejar e para realizar ajustes proximais e distais, enquanto que Fagard (2000) verificou que somente em idade posterior, 11-12 meses de idade, os lactentes são capazes de realizar ajustes proximais em função do tamanho dos objetos, sendo alcances unimanuais para a apreensão de objetos pequenos e bimanuais para objetos grandes.

Thelen et al. (1996) relataram que entre 8 e 12 meses os lactentes adquirem controle sobre seus braços de tal maneira que seus alcances se estabilizam e tornam-se mais direcionados, harmônicos e realizados em menor tempo. Além disso, aos 8 meses, o lactente é capaz de sentar sem apoio, de realizar ajustes distais em antecipação ao objeto a ser alcançado e provocar diferentes ações em objetos de diferentes propriedades, tais como apertar brinquedos macios e bater nos brinquedos sonoros. Ainda nesse período, o lactente começa a incorporar ações manuais com a locomoção tais como, engatinhar e caminhar. Esse é um período de exploração ativa das propriedades dos objetos pela ação sobre eles e de ativa exploração do espaço por movimentar-se por meio dele (Diedrich et al., 2001). Vale ressaltar que após os 12 meses de idade, encontram-se na literatura estudos sobre as capacidades manipulativas das crianças sobre os diferentes objetos e escassos estudos sobre o direcionamento do braço, o alcance, para os diferentes objetos.

Referente aos ajustes distais, Von Hofsten e Fazel-Zandy (1984) verificaram que lactentes de 4 meses e meio iniciaram os ajustes de orientação das mãos antes de tocar nas barras cilíndricas apresentadas na horizontal e vertical, a mão foi orientada de acordo com a disposição do objeto. Por outro lado, Rocha et al (2006a) apresentando objetos esféricos e analisando separadamente o toque da preensão do objeto, verificaram que lactentes de 4 a 6 meses de idade, no momento do toque realizaram a orientação da mão de forma predominantemente oblíqua e no momento da preensão a orientação foi vertical. Nesse mesmo estudo, em relação à abertura da mão, os autores verificaram que os lactentes apresentaram mão aberta para tocar principalmente o objeto rígido e grande. Von Hofsten e Rönnqvist (1988) compararam a relação entre a abertura da mão e o tamanho do objeto em adultos e em lactentes com 5, 6, 9 e 13 meses de idade e constataram que somente aos 9 e 13 meses os lactentes ajustaram a abertura da mão em função do tamanho do objeto de forma similar à dos adultos.

Diante do exposto, constata-se que são raros os estudos que verificaram o efeito da propriedade de rigidez dos objetos no alcance de crianças. Além disso, estudos realizados com crianças na faixa etária de 36 meses (Konzack e Dichgans, 1997; Corbetta e Thelen, 1999; Fagard e Lockman, 2005) não verificaram a influência das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos no alcance manual e nos tipos de preensão.

Desta forma, a pergunta que surge é: em qual idade as crianças ajustam seus braços para realizarem o alcance de acordo com as propriedades físicas dos objetos?

A primeira hipótese deste estudo é a de que as crianças aos 36 meses irão realizar ajustes proximais e distais do alcance em função das propriedades físicas dos objetos diferentemente das crianças aos 6, 7 e 8 meses, pois no decorrer dos meses as crianças praticam tarefas diversificadas e desenvolvem suas capacidades perceptuo-motoras, que irão favorecer alcances mais refinados e ajustados ao contexto.

Outra pergunta que surge é: as crianças irão ajustar o alcance com base na informação disponibilizada pelo tamanho e rigidez dos objetos?

A segunda hipótese deste estudo é a de que crianças, aos 36 meses de idade, não apresentarão diferenças em relação aos tamanhos e rigidez dos objetos apresentados, uma vez que nesta idade elas controlam melhor seus movimentos de alcance e tiveram um período maior de prática e experiência, pois existe uma relação entre a complexidade da tarefa provocada pelas propriedades dos objetos e, a capacidade sensório-motora da criança.

Assim, o presente estudo tem por objetivo verificar a influência dos objetos de diferentes tamanhos e rigidez nos ajustes proximais e distais do alcance, no período de 6 a 36 meses de idade.

2. METODOLOGIA

2.1. Participantes

Participaram do estudo nove crianças saudáveis, três meninos e seis meninas, nascidos a termo com idade gestacional média de 39 semanas ($\pm 1,11$), com índice de Apgar de 8,44 ($\pm 0,72$) no primeiro minuto e de 10 ($\pm 0,0$) no quinto minuto. As crianças nasceram com peso médio adequado (3410g; $\pm 0,52$). Estas foram avaliadas longitudinalmente nas idades de 6 (M = 6 meses e 1 dia ± 3 dias), 7 (M = 6 meses e 28 dias; ± 2 dias) e 8 meses (M = 8 meses e 2 dias; ± 3 dias), com tolerância de 5 dias anteriores ou posteriores à data do aniversário e aos 3 anos de idade (M = 3 anos e 18 dias; ± 14 dias). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (processo nº 040/03) e os pais ou responsáveis pela criança assinaram previamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.2. *Materiais e Procedimentos*

Para a realização deste estudo foram utilizados quatro objetos esféricos e atrativos de propriedades distintas: dois maleáveis (“pom-pom” de lã antialérgica) e dois rígidos (bolas de isopor), sendo dois pequenos (5cm de diâmetro) e dois grandes (12,5cm de diâmetro) (Corbetta e Thelen, 1996; Fagard e Pezé, 1997; Fagard, 2000; von Hof et al., 2002). Em suma, foram apresentados às crianças: um objeto rígido grande (RG), um rígido pequeno (RP), um maleável grande (MG) e um maleável pequeno (MP) (Rocha et al., 2006a).

As crianças foram posicionadas em uma cadeira infantil (Carvalho et al., 2005; Rocha et al., 2006a) com inclinação de 50° com a horizontal (von Hofsten, 1984). Um intervalo de 10 segundos foi permitido para que a criança se adaptasse na postura e, então, iniciava-se o teste. Os objetos foram apresentados em diferentes seqüências pré-determinadas para que a ordem de apresentação não influenciasse nos resultados. Cada objeto foi apresentado a uma distância correspondente ao comprimento do membro superior da criança, na linha média do corpo e na altura dos ombros (Corbetta et al., 2000; Thelen e Spenser, 1998; Fits e Hadders-Algra, 1998), por um período de 1 minuto ou até a criança realizar sete alcances (Rocha et al. 2006a; 2006b). Após cada alcance realizado o objeto era gentilmente retirado e reapresentado a criança. Um intervalo de 5 segundos foi permitido após a apresentação de cada objeto, totalizando o tempo do procedimento em aproximadamente 4 minutos e 25 segundos (Rocha et al., 2006a; 2006b).

Toda a fase experimental foi filmada por três câmeras filmadoras digitais, uma posicionada pósterio-superiormente à cadeira e as outras duas localizadas anterior e diagonalmente à cadeira, estando uma à direita e a outra à esquerda (Carvalho et al., 2005; Rocha et al., 2006a; Rocha et al., 2006b).

2.3. Sistema de Análise

As imagens foram capturadas em arquivos com formato AVI, utilizando o software Adobe Premier 6.3. De posse desses arquivos, as imagens foram abertas no sistema Dvideow 5.0 (Figuroa et al., 2003), por meio do qual foi realizada a identificação do início e final do alcance do membro superior que primeiro tocou o objeto, tanto das imagens referentes às câmeras situadas superior quanto lateralmente à cadeira. Para análise do movimento do membro superior esquerdo, por exemplo, foram analisadas as imagens das câmeras situadas superior e à esquerda da cadeira. Para análise dos ajustes distais foi analisado o membro superior que primeiro tocou o objeto (Rocha et al. 2006a).

A análise dos dados foi concentrada nos movimentos de alcance, dos quais o início foi determinado como o primeiro movimento direcionado e ininterrupto do braço ao objeto. O final do alcance foi determinado pelo toque da mão no objeto. Não foi estabelecida a posição inicial do membro superior, portanto este poderia estar em movimento, porém não próximo ao objeto (trajetória inferior a 10 *frames*) (Rocha et al., 2006a; Rocha et al., 2006b). Os alcances foram excluídos quando o lactente apresentava falta de interesse, choro ou irritação e desatenção durante a realização do movimento ou quando iniciou o movimento com a mão próxima ao objeto.

2.4. Descrição das variáveis dependentes

2.4.1. Ajustes proximais

Foram considerados como ajustes proximais o direcionamento de um ou ambos os membros superiores ao objeto apresentado. Foi considerado ajuste unimanual quando: a) a criança deslocou somente um dos membros superiores em direção ao objeto (Corbetta et al., 2000); b) ambos os membros se deslocaram em direção ao objeto, entretanto, com um atraso entre os membros, no início do movimento, superior a 20 *frames* (0,33seg) (Rocha et al.,

2006a); c) um dos membros superiores realizou o alcance do objeto enquanto o outro ficou produzindo pequenos movimentos que não fossem orientados ao objeto (Corbetta e Thelen, 1996). Foi considerado alcance bimanual quando: a) a criança deslocou simultaneamente os membros superiores em direção ao objeto (Corbetta et al., 2000); b) os membros superiores deslocaram-se da posição inicial com atraso igual ou inferior a 20 *frames* de uma mão em relação à outra. Neste caso, as mãos deveriam deslocar simultaneamente até pelo menos a metade do arco de movimento (50% da trajetória), sendo que o toque poderia ser feito com ambas as mãos, ou inicialmente com uma delas (Rocha et al., 2006a).

2.4.2. *Ajustes distais*

Foram considerados como ajustes distais a orientação da mão e abertura dos dedos em relação aos objetos.

Foi avaliada a orientação da mão considerando as seguintes posições: horizontalizada – quando o antebraço estava em pronação e a palma da mão voltada para baixo; verticalizada – quando o antebraço estava em posição neutra e a palma da mão orientada para a linha média do corpo da criança; e oblíqua – quando a mão estava em posição intermediária em relação às outras duas supracitadas (Rocha et al., 2006a). A orientação da mão foi avaliada no momento em que a criança tocou o objeto e quando realizou a preensão do mesmo.

Referente à abertura dos dedos foi considerada: mão aberta - quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estavam estendidas; mão fechada - quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estavam fletidas; e mão semi-aberta - quando as articulações metacarpofalangeanas estavam fletidas (independentemente do grau de flexão) e as interfalangeanas estendidas, ou ainda, quando as metacarpofalangeanas estavam estendidas e as interfalangeanas fletidas (Rocha et al., 2006a). A abertura dos dedos foi avaliada no início e no final do alcance.

2.4.3. Preensão

Alcance com preensão foi considerado quando a criança conseguia apreender o objeto ou parte dele com uma ou ambas as mãos. Alcance sem preensão foi determinado por movimentos direcionados ao objeto, seguido de toque; porém, que não resultassem em apreensão do mesmo.

Aos 36 meses foi também analisado o tipo de preensão: em pinça - preensão com a polpa digital terminal dos dedos polegar e indicador; tridigital - preensão com a polpa terminal dos dedos polegar, indicador e médio; tetradigital - preensão com a polpa terminal dos dedos polegar, indicador, médio e anelar; pentadigital - preensão com a polpa terminal dos dedos polegar, indicador, médio, anelar e mínimo e pentadigital da polpa lateral - preensão com a polpa das três falanges de todos os dedos contra a superfície palmar.

Para maior confiabilidade da análise dessas variáveis, foi realizado um Estudo de Fidedignidade inter-observadores (3 observadores) e obtida concordância de 97,9% entre eles.

2.5. Análise dos Dados

Nas análises dos movimentos de alcance, foi aplicada a técnica não-paramétrica, visto que os dados não são homogêneos (Teste de Levene de Homogeneidade de Variância, $p < 0,05$) e normais (Teste Kolmogorov-Smirnov – normalidade, $p < 0,05$).

O Teste de Friedman foi aplicado para verificar a diferença entre os fatores idade (6, 7, 8 e 36 meses) e objetos (RG, RP, MG e MP), quando a diferença entre as idades ou entre os objetos foi significativa, os dados foram submetidos a comparações múltiplas de Dunn.

Para todas as análises considerou-se um nível de significância de 0,05. Os softwares SPSS 13.0 e Bioestat 4.0 foram utilizados para análise estatística.

Para os tipos de preensão, aos 36 meses, foi realizada apenas análise descritiva.

3. RESULTADOS

Foram analisados 656 movimentos das crianças selecionadas, sendo 167 alcances para o objeto rígido grande (RG), 163 para o rígido pequeno (RP), 165 para o objeto maleável grande (MG) e 161 para o objeto maleável pequeno (MP). Dos 656 movimentos, 174 foram realizados aos 6 meses, 160 aos 7 meses, 162 aos 8 meses e 160 aos 36 meses.

3.1. Ajustes proximais

Houve diferença significativa, entre as idades, nos alcances realizados uni ou bimanualmente ($Fr(3)=16,933$; $p=0,0007$). Constatou-se que aos 7 ($p<0,05$) e 8 meses ($p<0,01$) as crianças realizam mais alcances bimanuais do que aos 36 meses (Figura 1A).

Houve diferença significativa, entre os objetos, nos alcances realizados uni ou bimanualmente ($Fr(3)=31,043$; $p<0,0001$). Observa-se, na Figura 1B, que para o objeto RG foram realizados mais alcances bimanuais do que para os objetos RP ($p<0,001$) e MP ($p<0,01$) e para o objeto MG foram realizados mais alcances bimanuais do que o RP ($p<0,01$).

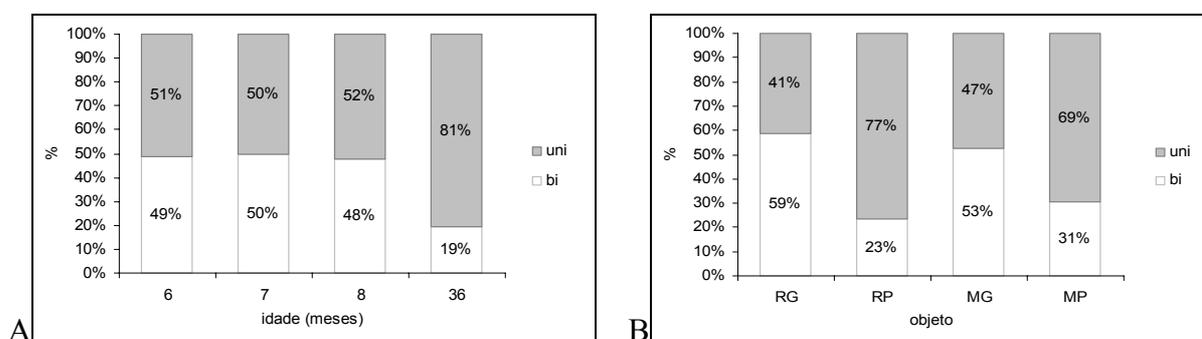


Figura 1. Percentual de alcances uni e bimanuais, realizados pelas crianças. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses. B. Para os objetos RG, RP, MG e MP.

3.2. Ajustes distais

Para os ajustes realizados ao **tocar o objeto**, constatou-se diferença significativa entre as idades. Verificou-se que no momento do toque a orientação da mão foi mais horizontalizada ($Fr(3)=13,088$; $p=0,0045$) e oblíqua ($Fr(3)=24,011$; $p<0,0001$). As crianças

aos 6 ($p<0,05$) e 7 meses ($p<0,05$) realizaram menos orientações da mão horizontalizada do que aos 36 meses e, portanto, aos 6 ($p<0,001$) e 7 meses ($p<0,001$) realizaram mais orientações da mão oblíqua do que aos 36 meses para **tocar no objeto** (Figura 2A).

Na **preensão do objeto** constatou-se diferença significativa entre as idades tanto para a orientação da mão verticalizada (Fr(3)=21,756; $p<0,0001$); horizontalizada (Fr(3)=26,100; $p<0,001$) quanto para oblíqua (Fr(3)=14,084; $p=0,0028$). Observa-se, na Figura 2B, que a orientação da mão verticalizada foi mais observada aos 7 meses do que aos 8 ($p<0,01$) e 36 meses ($p<0,0001$). A orientação da mão horizontalizada foi mais observada aos 36 meses do que aos 6 ($p<0,01$), 7 ($p<0,001$) e 8 meses ($p<0,05$). A orientação da mão oblíqua foi mais observada aos 8 meses do que aos 36 meses ($p<0,05$) para **apreender o objeto**.

Em relação aos objetos, tanto para tocar (Figura 2C) quanto para apreender o objeto (Figura 2D), não houve diferença significativa em nenhuma das orientações da mão.

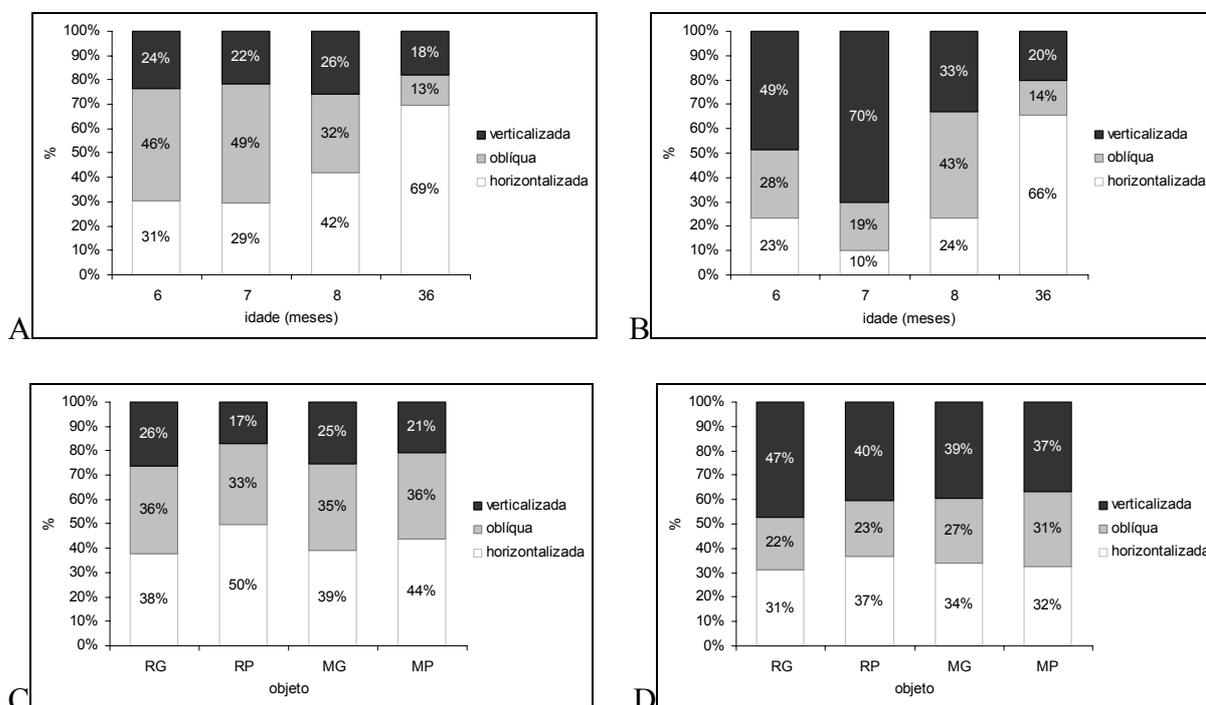


Figura 2. Percentual de alcances com orientação da palma da mão horizontalizada, oblíqua e verticalizada realizados pelas crianças. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses no toque. B. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses na preensão. C. Para os objetos RG, RP, MG e MP no toque. D. Para os objetos RG, RP, MG e MP na preensão.

Referente à abertura dos dedos no **início do movimento**, houve diferença significativa entre as idades nos alcances realizados com mão aberta ($Fr(3)=29,866$; $p<0,0001$) e semi-aberta ($Fr(3)=37,089$; $p<0,0001$). Observa-se, na Figura 3A, que as crianças aos 6 ($p<0,01$) e 7 meses ($p<0,001$) iniciaram os movimentos de alcance com menor percentual de alcances com mão aberta do que aos 36 meses e, aos 7 meses com menor percentual de alcances com mão aberta do que aos 8 meses ($p<0,05$). Aos 6 e 7 meses as crianças iniciaram os movimentos de alcance com maior percentual de alcances com mão semi-aberta do que aos 8 ($p<0,05$) e 36 meses ($p<0,001$).

Referente à abertura dos dedos no **final do movimento** houve diferença significativa entre as idades nos toques dos objetos realizados com mão aberta ($Fr(3)=36,794$; $p<0,0001$) e semi-aberta ($Fr(3)= 36,794$; $p<0,0001$). Observa-se, na Figura 3B, que as crianças aos 6 ($p<0,01$) meses tocaram nos objetos com menor percentual de alcances com mão aberta do que aos 36 meses e, aos 6 ($p<0,001$) e 7 meses ($p<0,01$) com menor percentual de alcances com mão aberta do que aos 8. Aos 6 meses as crianças tocaram com maior percentual de alcances com mão semi-aberta do que aos 8 ($p<0,001$) e 36 meses ($p<0,01$) e maior percentual de semi-aberta aos 7 do que aos 8 meses ($p<0,01$).

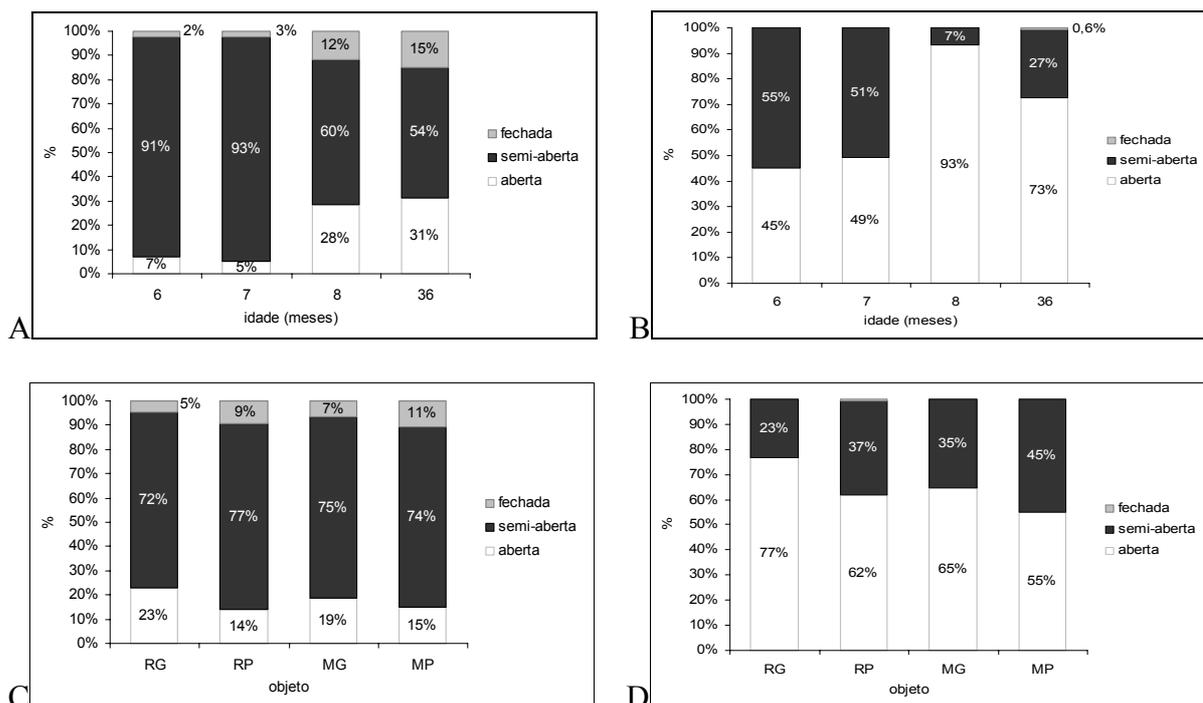


Figura 3. Percentual de alcances realizados pelas crianças com mão aberta, semi-aberta e fechada. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses no início do movimento. B. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses no final do movimento. C. Para os objetos RG, RP, MG e MP no início do movimento. D. Para os objetos RG, RP, MG e MP no final do movimento.

Em relação aos objetos, no **início do movimento** não houve diferença significativa entre mão aberta; semi-aberta e fechada (Figura 3C). No **final do movimento** houve diferença significativa nos toques com a mão aberta ($Fr(3)=14,031$; $p=0,003$) e semi-aberta ($Fr(3)=14,135$; $p=0,003$). Observa-se, na Figura 3D, que o objeto RG foi tocado com maior percentual de alcances com mão aberta do que o MP ($p<0,05$) que por sua vez foi tocado com maior percentual de alcances com mão semi-aberta do que o RG.

3.3. Preensão

Houve diferença significativa, entre as idades, nos alcances com e sem preensão do objeto ($Fr(3)=25,996$; $p<0,0001$). Observa-se na Figura 4A que as crianças aos 36 meses realizam mais alcances com preensão do que aos 7 meses ($p<0,001$).

Houve diferença significativa, entre os objetos, nos alcances realizados com e sem preensão do objeto ($F(3) = 20,850$; $p < 0,0001$). Os objetos MG ($p < 0,01$) e MP ($p < 0,05$) são mais apreendidos do que o objeto RG (Figura 4B).

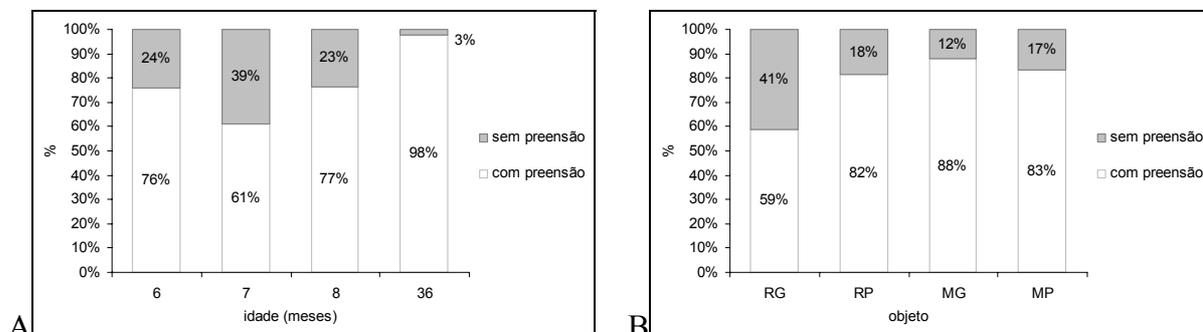


Figura 4. Percentual de alcances com e sem preensão do objeto, realizados pelas crianças. A. Ao longo dos 6, 7, 8 e 36 meses. B. Para os objetos RG, RP, MG e MP.

A Tabela 1 apresenta as porcentagens dos tipos de preensão encontrados aos 36 meses. Observa-se que o tipo de preensão em pinça foi observado somente para os objetos pequenos (RP e MP), contudo para estes objetos predominou o tipo de preensão tetradigital. Para os objetos grandes (RG e MG) predominou o tipo pentadigital, porém para o objeto MG as crianças apreenderam contra a superfície palmar, caracterizando o tipo de preensão pentadigital da polpa lateral.

Tabela 1. Porcentagem dos tipos de preensão de cada objeto, das crianças aos 36 meses.

Tipos de Preensão	Objetos			
	RG	RP	MG	MP
Pinça	0%	2,5%	0%	2,5%
Tridigital	0%	17,5%	7,5%	10%
Tetradigital	5%	65%	2,5%	62,5%
Pentadigital	75%	7,5%	7,5%	10%
Pentadigital da polpa lateral	20%	7,5%	82,5%	15%

4. DISCUSSÃO

O presente estudo disponibiliza evidências de que as propriedades de tamanho e rigidez dos objetos influenciam tanto os ajustes proximais quanto os distais do alcance de crianças de 6 a 36 meses de idade.

Em relação aos ajustes proximais, para as crianças aos 7 e 8 meses o tamanho dos objetos foi mais relevante do que rigidez, dada a realização de mais alcances bimanuais para os objetos grandes (RG e MG) e mais alcances unimanuais para os objetos pequenos (RP e MP). Acredita-se que nesse período as crianças ainda estão em processo de refinamento, explorando e adquirindo experiências em ações variadas, pois aos 36 meses as crianças realizaram alcances predominantemente alcances unimanuais, independentemente do tamanho e rigidez dos objetos, confirmando a segunda hipótese previamente levantada. Aos 36 meses sugere-se que a criança seja capaz de processar as informações perceptuo-motoras e de perceber que os objetos não eram suficientemente grandes, em relação ao tamanho da sua mão, para serem apreendidos bimanualmente. Sendo assim, acredita-se que as crianças selecionaram o alcance unimanual com base nas suas experiências em habilidades manuais, nas mudanças da biomecânica do membro superior, no controle postural e na possível dominância lateral que está se estabelecendo nesse período, conduzindo a criança à realização da tarefa com o membro mais habilidoso. Isto favorece a preensão do objeto com o menor gasto energético, de acordo com suas capacidades biomecânicas e intenção na realização da tarefa. Resultado este também encontrado por Rocha et al. (2006a) e Corbetta et al. (2000).

As constatações do presente estudo permitiram verificar que com o refinamento dos movimentos de alcance há aumento na complexidade, adaptabilidade e seletividade nas respostas motoras, corroborando o estudo de Corbetta e Thelen (1999) de que alcances bimanuais são padrões motores sincrônicos, enquanto que alcances unimanuais são padrões motores assincrônicos, ou seja, respostas motoras mais seletivas.

Referente aos ajustes distais, sugere-se que nas idades de 6 e 7 meses as crianças tiveram uma orientação antecipatória da mão determinada pela visão do objeto e pela propriocepção do membro superior durante o seu deslocamento no espaço em direção ao objeto, o que gerou uma orientação oblíqua da mão no momento do toque. Ressalta-se que nessas idades, após a informação tátil adicional do objeto, houve a necessidade de um novo ajuste da orientação da mão para verticalizada, para que a criança conseguisse apreender o objeto, independentemente das propriedades físicas dos objetos. Esses resultados reafirmam a idéia de que nesse período as crianças estão em processo de refinamento do alcance, pois esta estratégia não foi observada aos 36 meses de idade, cujas crianças tocaram e apreenderam os objetos com a mesma orientação da mão. Sugere-se que aos 36 meses de idade as crianças não necessitaram da percepção tátil adicional para apreender o objeto. Além disso, nessa idade as crianças apresentam melhor controle dos movimentos e passaram por amplo desenvolvimento global, ou seja, adquiriram a postura sentada sem apoio, a marcha independente, e iniciaram atividades manuais especializadas em diferentes contextos, o que favorece esta estratégia de alcançar. Sugere-se ainda que nessa idade a intenção das crianças foi apreender os objetos para arremessá-los, o que justifica a preensão por cima do objeto com orientação horizontalizada da mão. É importante destacar que tais movimentos foram realizados para objetos esféricos, talvez se fossem apresentadas barras cilíndricas, haveria mudanças na orientação do objeto no espaço e conseqüente alterações na orientação da mão, como observado por Von Hofsten e Fazel-Zandy (1984). Isto indica que, aos 36 meses de idade, a informação disponibilizada pelas propriedades dos objetos determina uma ação ajustada de acordo com a demanda específica da tarefa.

Aos 8 meses, não houve diferença entre as orientações da mão no toque e na preensão dos objetos. Assim, pode-se considerar esse mês como uma fase de transição nos

ajustes da orientação da mão de oblíqua e horizontalizada no toque para verticalizada e horizontalizada na apreensão dos objetos.

Em relação à abertura dos dedos, tanto no início quanto no final do movimento, aos 6 e 7 meses, as mãos estavam semi-abertas, enquanto que aos 8 e 36 meses as mãos estavam abertas no início e final do movimento. Tais resultados demonstram que houve desenvolvimento do controle distal, visto que a partir dos 8 meses os ajustes distais ocorrem em antecipação ao toque no objeto. Esses corroboram os estudos de Thelen et al. (1996), Newell et al. (1989) e Lockman et al. (1984), Von Hofsten e Rönqvist (1988) e Fagard (2000), os quais afirmaram que entre 9-10 meses a mão está efetivamente aberta em função do objeto apresentado.

Além disso, os resultados do presente estudo demonstraram que a mão foi mais aberta para tocar o objeto RG do que o objeto MP. Este resultado era esperado visto que, para apreender o objeto RG necessita-se de maior abertura da mão. Jakobson e Goodale (1991) e Rocha et al. (2006a) também verificaram que objetos grandes favoreceram a abertura da mão em lactentes tão jovens quanto os de 4 a 6 meses. Desta forma, sugere-se que mesmo com as mudanças orgânicas, com a experiência adquirida em tarefas variadas, com a aquisição e aprimoramento em habilidades motoras grossas e manipulações específicas, as crianças mais velhas (6 a 36 meses) continuam utilizando os mesmos ajustes. Tsiotas et al. (2005) indicam que a relação entre os sistemas visual e motor sustentam que um objeto tende a evocar suas *affordances*, reativar experiências prévias e interações com o objeto. Assim, a *affordance* disponibilizada pela propriedade do objeto influencia como o objeto pode ser utilizado (Gibson, 1979) independentemente da idade da criança.

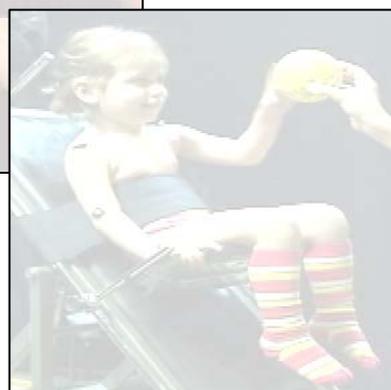
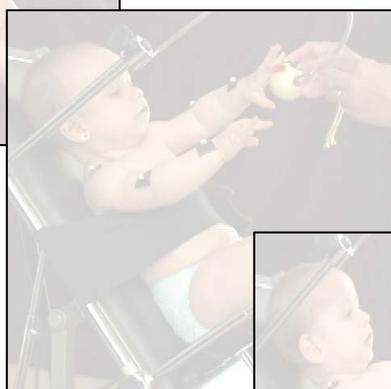
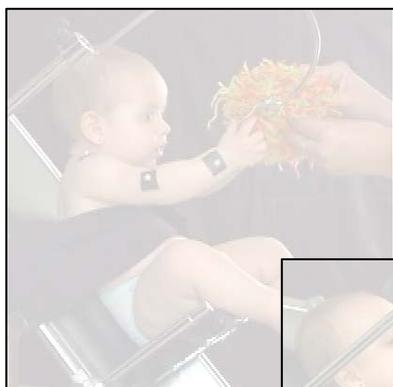
Em relação à apreensão do objeto, verificou-se que a partir dos 8 meses a maioria dos alcances foi realizada com apreensão dos objetos e que os objetos maleáveis são mais apreendidos do que o objeto RG. Acredita-se que embora tenham ocorrido mudanças

orgânicas com o decorrer da idade, as propriedades físicas dos objetos apresentados continuaram provocando ajustes semelhantes aos das crianças mais jovens de 4 a 6 meses, como observado por Rocha et al (2006a). Acredita-se também que esse resultado se deva não somente ao tamanho, mas também a rigidez dos objetos, visto que objetos maleáveis facilitam a apreensão, assim como os objetos pequenos, mesmo que sejam rígidos. Sendo o objeto RG menos apreendido, sugerimos que a criança, por sua capacidade perceptuo-motora, prefira bater a apreendê-lo. Além disso, em relação ao tamanho e rigidez, sugerimos que a criança prefira bater no objeto RG e apreender o MG, porque a ação provocada no RG é de deslocamento, enquanto que no MG é de deformação. Assim, bater no RG é visualmente mais atrativo do que no MG. Essas inferências também foram realizadas por Eppler (1995) que constatou que por volta dos oito meses de idade as crianças preferem bater nos rígidos e apertar os maleáveis.

O tipo de preensão, aos 36 meses, também foi ajustado em função do tamanho e da rigidez dos objetos, observado pela diferença no número de dedos utilizados para apreender objetos grandes e pequenos e pelas diferenças na preensão entre os objetos RG e MG. Este resultado indica que nessa idade as crianças desenvolveram o controle motor necessário para o uso especializado das mãos, tal como na realização da preensão em pinça para os objetos pequenos. Neste mesmo sentido, Edwards et al. (2005) afirmam que o controle postural, planejamento motor, coordenação óculo-manual, informação tátil e proprioceptiva e o processamento somatossensorial possui papel importante no desenvolvimento da preensão.

Os achados do presente estudo demonstraram que os ajustes proximais e distais do alcance, embora em grande parte semelhantes aos encontrados dos 4 aos 6 meses de idade (Rocha et al., 2006a) se modificaram no período de 6 a 36 meses e, assim, reforçam a idéia de que as propriedades mais relevantes dos objetos apresentados às crianças provocam sempre os mesmos ajustes no alcance manual.

Vale destacar, que estes resultados nos remetem a três implicações clínicas. Primeira, em intervenção com crianças especiais, com dificuldades motoras de integração bilateral dos membros superiores, para as quais se busca a realização de alcances bimanuais, a intervenção deve ser realizada insistentemente antes do oitavo mês de idade, período no qual são realizados alcances bimanuais, principalmente para objetos grandes. Segunda, caso não seja possível intervir antes do oitavo mês, a dimensão do objeto deverá ser superior ao objeto grande do presente estudo (12,5cm de diâmetro), para favorecer alcances bimanuais. Terceira, para favorecer alcances com mão aberta é necessário apresentar objetos rígidos e grandes, visto que estes favorecem o uso desta estratégia para que o objeto seja apreendido.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho verificou a influência das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos no alcance manual de crianças aos 6, 7, 8 e 36 meses de vida. Assim, ressalta-se as seguintes considerações:

- Em relação ao Estudo 1, verificou-se que o sistema Dvideow é um instrumento sensível, objetivo, confiável e fácil de operação na análise cinemática do alcance manual, garantindo a manutenção deste sistema para a realização do Estudo 2.

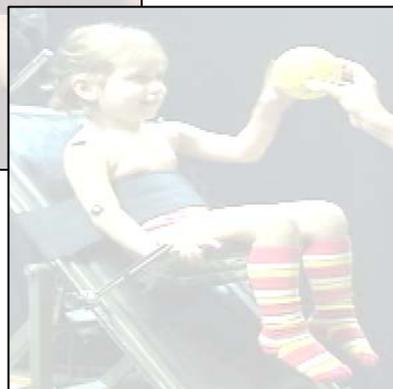
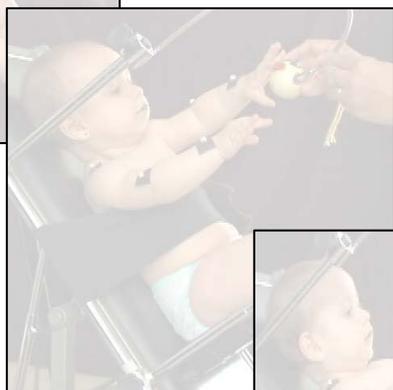
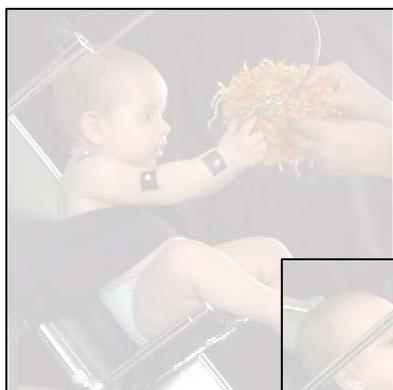
- Em relação ao Estudo 2, verificou-se que, ao longo dos meses, as crianças realizam alcances manuais com trajetórias mais retilíneas, mais rápidas, com menos unidades de movimento e menor duração, como era esperado. Entre os objetos, a única variável alterada foi a duração do movimento, a qual foi maior para o objeto MP do que para o objeto MG. Os achados do Estudo 2 promovem evidências de que o desenvolvimento motor é um processo de ajustes contínuos do sistema motor em função da idade e do ambiente, que por sua vez, pode promover mudanças somente nos parâmetros de controle necessários à realização da tarefa. Assim, percebemos que associar análise qualitativa a estes resultados poderiam contribuir ainda mais nas inferências acerca do processo de desenvolvimento do alcance. Sendo assim, foi proposto a realização do Estudo 3.

- Em relação ao Estudo 3, verificou-se que aos 7 e 8 meses as crianças realizam mais alcances bimanuais do que aos 36 meses, principalmente para os objetos grandes. Aos 36 meses realizaram mais orientações da mão horizontalizada do que aos 6 e 7 meses e aos 6 e 7 meses as crianças realizaram mais orientações da mão oblíqua do que aos 36 meses para tocar no objeto. Aos 7 meses apreenderam os objetos com orientação da mão mais verticalizada do que aos 8 e 36 meses. Aos 36 meses as crianças apreenderam os objetos com orientação da mão mais horizontalizada do que aos 6, 7 e 8 meses. Aos 8 meses as crianças apreenderam os objetos com orientações da mão mais oblíqua do que aos 36 meses. As crianças aos 36 meses iniciaram os movimentos de alcance mais com mão aberta do que aos 6 e 7 meses e, aos 8

meses mais aberta do que aos 7 meses. Aos 6 e 7 meses iniciaram os movimentos de alcance mais com as mãos semi-aberta do que aos 8 e 36 meses. As crianças aos 36 meses tocaram nos objetos mais com mão aberta do que aos 6 meses e, mais aberta aos 8 do que aos 6 e 7 meses, principalmente para o objeto RG. Aos 6 meses tocaram mais com mão semi-aberta do que aos 8 e 36 meses e mais aos 7 do que aos 8 meses, principalmente para o objeto MP. As crianças aos 36 meses realizam mais alcances com preensão do que aos 7 meses, principalmente para os objetos maleáveis .

Os achados do Estudo 3 reforçam a idéia de que os ajustes proximais e distais do alcance se alteram devido às modificações no organismo que ocorrem no período de 6 a 36 meses de vida, em associação com as modificações no ambiente, ou seja, ocorreram mudanças em função das propriedades mais relevantes dos objetos apresentados às crianças.

No entanto, podemos sugerir que estudos sejam realizados com propriedades dos objetos ainda mais discrepantes e que sejam estudadas populações especiais para que se possa compreender melhor o comportamento tanto cinemático quanto qualitativo de alcance manual.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONTEXTUALIZAÇÃO

- Adolph KE, Eppler MA, Gibson EJ. **Development of perception of affordances**. In C. Rovee-Collier & L. P. Lipsitt (Eds.), *Advances in infancy research*. Norwood, NJ: Ablex, 1993.
- Adolph KE, Joh AS. **Motor development**: How infants get into the act. In A. Slater & M. Lewis (Eds.) *Introduction to infant development*, 2^a ed. New York: Oxford University Press, 2007.
- Bee H. **A criança em desenvolvimento**. Trad. Maria Adriana Veríssimo Veronese, 9^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- Bernstein N A. **Co-ordination and regulation of movements**. New York, Pergamon Press, 1967.
- Brandão JS. **Desenvolvimento psicomotor da mão**. Rio de Janeiro: Enelivros Editora, 1984.
- Carvalho RP, Tudella E, Savelsbergh GJP. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behav Dev**, v.30, n.1, p.26-35, 2007.
- Carvalho RP. **Influência das restrições intrínsecas e extrínsecas no alcance manual de lactentes jovens**. Tese (Doutorado em Fisioterapia). Universidade Federal de São Carlos, Brasil.
- Coelho J, Piater J, Grupen R. Developing haptic and visual perceptual categories for reaching and grasping with a humanoid robot. **Rob Auton Syst**; v.37, n.2-3, p.195-218, 2001.
- Corbetta D, Thelen E Lateral biases and fluctuations in infants' spontaneous arm movements and reaching. **Dev Psychobiol**, v.34, p.237-255, 1999.
- Corbetta D, Thelen E, Johnson K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. **Infant Behav Dev**, v.23, p.351-74, 2000.
- Fagard, J. and Lockman, J.J. The effect of task constraints on infants' (bi)manual strategy for grasping and exploring objects. **Infant Behav Dev**, v.28, p.305-315, 2005.
- Geerts WK., Einspieler C., Dibiasi J., Garzarolli B., Bos AF. Development of manipulative hand movements during the second year of life. **Early Human Dev**; v.75, p.91-103, 2003.
- Gesell, A. **The ontogeneses of infant behavior**. In: Carmichael (Ed.), *Manual of child psychology*. New York: Wiley, 1946. P.295-331.
- Gibson E, Walker AS. Development of knowledge of visual-tactual affordance of substance. **Child Dev**, v.55, p.453-460, 1984.
- Gibson EJ. Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and acquisition of knowledge. **Annu Rev Psychol**, v.30, p.1-41, 1988.

- Hofsten, C von. Developmental changes in the organization of prereaching movements. **Dev Psychol**, v.20, p.378-386, 1984.
- Jeannerod M. **Intersegmental coordination during reaching at natural visual objects**. In: Long J, Baddeley A editores. Attention and Performance IX. Hillsdale: Erlbaum; 1981. P. 153-168.
- Kamm K., Thelen E, Jensen J. A Dynamical Systems Approach to Motor Development. **Phy Ther**, v.70, n.12, p.763-775, 1990.
- Konczak J, Borutta M, Topka H, Dichgans J. Development of goal-directed reaching in infants: hand trajectory formation and joint force control. **Exp Brain Res**, v.106,p.156-168, 1995.
- Konzack J, Dichgans J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. **Exp Brain Res**, v.117, p.346-354, 1997.
- McDonnell PM. The development of visually guided reaching. **Percept Psychophys.**; v.18, p.181-185, 1975.
- McGraw MB. **The neuromuscular maturation of the human infant**. New York: Hafner, 1945.
- Newell KM, Scully DM, McDonald PV, Baillargeon R. Task constraints and infant grip configurations. **Dev Psychobiol**; v.22, p.817-832, 1989.
- Newell KM., McDonald PV, Baillargeon R. Body scale and infant grip configurations. **Dev Psychobiol**, v.26, n.4, p.195-205, 1993.
- Newman C, Atkinson J, Braddick O. The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. **Dev Psychol**, v.37, n.4, p.561-572, 2001.
- Out L, van Soest AJ, Savelsbergh GJP, Hopkins B. The effect of posture on early reaching movements. **J Motor Behav**, v.30, n.3, p.260-272, 1998.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. The impact of object size and rigidity on infant reaching. **Infant Behav Dev**, v.29, n.2, p.251-261, 2006a.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. É a não-linearidade uma característica do desenvolvimento do alcance manual em lactentes saudáveis? **Rev Fisioter Pesqu**, v.13, n.2, p.30-37, 2006b.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. Influence of object size and rigidity on proximal and distal adjustments to infant reaching. **Rev Bras Fisioter**, v.10, n.3,p.263-269, 2006c.
- Savelsbergh GJP, Kamp van der J. The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. **J Exp Child Psychol**, v.58, p.510-528, 1994.
- Thelen E, Corbetta D, Spencer JP, Schneider K., Zernicke RF. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Dev**, v.64, p.1058-1098, 1993.

- Thelen E, Corbetta D, Spencer JP. Development of reaching during the first year: role of movement speed. **J Exp Psychol Hum Percept Perform**, v.22, p.1059–1076, 1996.
- van Hof P, Kamp J van der, Savelsbergh GJP. The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. **Child Dev**, v.73, p.1353-1363, 2002.
- von Hofsten C, Fazel-Zandy S. Development of visually guided hand orientation in reaching. **J Exp Child Psychol**, v.38, p.208-219, 1984.
- von Hofsten, C. Structuring of early reaching movements: A longitudinal study. **J Mot Behav**, v.23, p.280-292, 1991.
- von Hofsten, C.. Eye-hand coordination in the newborn. **Dev Psychol**, v.18, n.3, p.450-461, 1982.
- Weir PL. **Object property and task effects on prehension**. In: K.M.B. Bennett and U. Castiello (Eds) *Insights into Reach to Grasp Movement*. Elsevier Science, 1994.

ESTUDO 1

- Barros, R.M.L., Brenzikofer, R., Leite, N.J. and Figueroa, P.J. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v.15, p.79-86, 1999.
- Berthier, N.E., Clifton, R.K., McCall, D.D. and Robin, D.J. Proximodistal structure of early reaching in human infants. **Experimental Brain Research**, v.127, p.259-269, 1999.
- Carvalho, R.P. Influência da postura corporal no movimento de alcance manual em lactentes de 4 meses. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- Carvalho, R.P., Tudella, E. and Barros, R.M.L. Utilização do Sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v.9, p.1-7, 2005.
- Carvalho, R.P., Tudella, E. and Savelsbergh, G.J.P. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behavior & Development**, v.30, p.26-35, 2007.
- Corbetta, D., Thelen, E. and Johnson, K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. **Infant Behavior and Development**, v.23, p.351-374, 2000.
- De Monte, G., Arampatzis, A., Stogiannari, C. and Karamanidis, K. In vivo motion transmission in the inactive gastrocnemius medialis muscle–tendon unit during ankle and knee joint rotation. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.16, p.413-422, 2006.

- Ehara, Y., Fujimoto, H., Miyazaki, S., Mochimaru, M., Tanaka, S. and Yamamoto, S. Comparison of the performance of 3D camera systems II. **Gait & Posture**, v.5, p.251-255, 1997.
- Ehara, Y., Fujimoto, H., Miyazaki, S., Tanaka, S. and Yamamoto, S. Comparison of the performance of 3D camera systems. **Gait & Posture**, v.3, p.166-169, 1995.
- Ennouri, K., Bloch, H. Visual control of hand approach movements in new-borns. **Developmental Psychology**, v.14, p.327-338, 1996.
- Fagard, J., Lockman, J.J. The effect of task constraints on infants' (bi)manual strategy for grasping and exploring objects. **Infant Behavior and Development**, v.28, p.305-315, 2005.
- Fetters, L. and Todd, J. Quantitative assessment of infant reaching movements. **Journal Motor Behavior**, v.19, p.147-166, 1987.
- Figueroa, P.J., Leite, N.J. and Barros, R.M.L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine** v.72, p.155-165, 2003.
- Gallahue, D.L., Ozmun, J.C. **Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults**. (5 ed.) New York, NY: McGraw Hill, 2002.
- Kolehmainen, I., Harms-Ringdahl, K. and Lanshammart, H. Cervical spine positions and load moments during bicycling with different handlebar positions. **Clinical Biomechanics**, v.4, p.105-110, 1989.
- Konzack, J. and Dichgans, J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. **Experimental Brain Research**, v.117, p.346-354, 1997.
- Mathew, A. and Cook, M. The control of reaching movements by young infants. **Child Development**, v.61, p.1238-1257, 1990 .
- Newman, C., Atkinson, J. and Braddick, O. The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. **Developmental Psychology**, v.37, p.561-572, 2001.
- Out, L., Van Soest, A.J. and Hopkins, B. The effect of posture on early reaching movements. **Journal Motor Behavior**, v.30, p.260-272, 1998.
- Pomeroy, V.M., Evans, E. and Richards, J.D. Agreement between an electrogoniometer and motion analysis system measuring angular velocity of the knee during walking after stroke. **Physiotherapy**, v.92, p.159-165, 2006.
- Pryde, K.M., Roy, E.A., Campbell, K. Prehension in children and adults: the effects of object size. **Human Movement Science**, v.17, p.743-752, 1998.
- Rocha, N.A.C.F., Silva, F.P.S. and Tudella, E. Impact of object properties on infants' reaching behavior. **Infant Behavior and Development**, v.29, p. 251-261, 2006a.

- Rocha, N.A.C.F., Silva, F.P.S. and Tudella, E. Influência do tamanho e da rigidez dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance de lactentes. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v.10, p.262-268, 2006b.
- Rocha, N.A.C.F. **Impacto das propriedades físicas dos objetos nos movimentos de alcance em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de idade**. Tese (Doutorado em Fisioterapia) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.
- Rocha, N.A.C.F., Silva, F.P.S. and Tudella, E. Alcance manual em lactentes saudáveis: desenvolvimento linear? **Revista Fisioterapia e Pesquisa**, v.13, p.30-37, 2006c.
- Rothstein, J.M. **Measurement and clinical practice: theory and application**. In: Rothstein, J.M. (Eds.), *Measurement in Physical Therapy*. Churchill Livingstone, New York NY, pp 1-46, 1985
- Savelsbergh, G.J.P. and van der Kamp, J. The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.58, p.510-528, 1994.
- Silva, F.P.S. **Influência ambiental no desenvolvimento do alcance manual em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de vida**. Monografia (Graduação em Fisioterapia) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- Sivak, B., MacKenzie, C.L. Integration of visual information and motor output in reaching and grasping: The contributions of peripheral and central vision. **Neuropsychologia**, v.28, p.1095-1116, 1990.
- Stokes, V. P., Andersson, C. and Forssberg, H. Rotational and translational movement features of the pelvis and thorax during adult human locomotion. **Journal of Biomechanics** v.22, p.43-50, 1989.
- Thelen D. G., Anderson F. C. An operational space tracking algorithm for generating dynamic simulations of movement. In **Proceedings** of the 5th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 2001.
- Thelen, E., Corbetta, D. and Spencer, J.P. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance** v.22, p.1059-107, 1996.
- Thelen, E., Spencer, J.P. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.22, p.507-514, 1998.
- Toledo, A.M., 2005. A influência do peso adicional no alcance de lactentes. Monografia (Especialização em Intervenção em Neuropediatria, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Toledo, A.M.; Tudella, E. The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. **Infant Behavior and Development**, in press, 2008
- Van der Fits, I.B.M. and Hadders-Algra, M. The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.22, p.521-526, 1998.

- van Hof, P., van der Kamp, J. and Savelsbergh, G.J.P. The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. **Child Development**, v.73, p.1353-1363, 2002.
- von Hofsten, C. and Rönqvist, L. Preparation for grasping an object: a developmental study. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.14, p.610-621, 1988.
- von Hofsten, C. Developmental changes in the organization of prereaching movements. **Developmental Psychology**, v.20, p.378-386, 1984.
- von Hofsten, C. Structuring of early reaching movements: a longitudinal study. **Journal Motor Behavior**, v.23, p.280-292, 1991.

ESTUDO 2

- Berthier NE, Keen R. Development of reaching in infancy. **Exp Brain Res**, v.169, n.4, p.507-518, 2006.
- Berthier, N.E., Clifton, R.K., McCall, D.D. and Robin, D.J. Proximodistal structure of early reaching in human infants. **Experimental Brain Research**, v.127, p.259-269, 1999.
- Carvalho RP, Tudella E, Caljouw SR, Savelsbergh GJP. Early control of reaching: Effects of experience and body orientation. **Infant Behav Dev**, in press, 2008.
- Carvalho RP, Tudella E, Savelsbergh GJP. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behav Dev**, v.30, n.1, p.26-35, 2007.
- Carvalho, R.P., Tudella, E. and Barros, R.M.L. Utilização do Sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v.9, p.1-7, 2005.
- Coelho J, Piater J, Grupen R. Developing haptic and visual perceptual categories for reaching and grasping with a humanoid robot. **Rob Auton Syst**; v.37, n.2-3, p.195-218, 2001.
- Corbetta D, Thelen E Lateral biases and fluctuations in infants' spontaneous arm movements and reaching. **Dev Psychobiol**, v.34, p.237-255, 1999.
- Corbetta D, Thelen E, Johnson K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. **Infant Behav Dev**, v.23, p.351-74, 2000.
- Ennouri, K., Bloch, H. Visual control of hand approach movements in new-borns. **Developmental Psychology**, v.14, p.327-338, 1996.
- Fetters, L. and Todd, J. Quantitative assessment of infant reaching movements. **Journal Motor Behavior**, v.19, p.147-166, 1987.
- Figueroa, P.J., Leite, N.J. and Barros, R.M.L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine** v.72, p.155-165, 2003.

- Graziano R. M. Ophthalmological examination in newborns: a necessary routine. **J. Pediatr**, v.78, n.3, p.187-188, 2002.
- Jakobson LS, Goodale MA. Factors affecting higher-order movement planning: a kinematic analysis of human prehension. **Exp Brain Res**, v.86, p.199-208, 1991.
- Jeannerod M. The timing of natural prehension movements. **J Mot Behav**, v.16, n.3, p.235-254, 1984.
- Konczak J, Borutta M, Topka H, Dichgans J. Development of goal-directed reaching in infants: hand trajectory formation and joint force control. **Exp Brain Res**, v.106, p.156-168, 1995.
- Konzack J, Dichgans J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. **Exp Brain Res**, v.117, p.346-354, 1997.
- Marteniuk RG, MacKenzie CL, Jeannerod M, Athenes S, Dugas C. Constraints on human arm movement trajectories. **Can J Psychol**, v.41, n.3, p.365-378, 1987.
- Mathew, A. and Cook, M. The control of reaching movements by young infants. **Child Development**, v.61, p.1238-1257, 1990 .
- Newman C, Atkinson J, Braddick O. The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. **Dev Psychol**, v.37, n.4, p.561-572, 2001.
- Out L, van Soest AJ, Savelsbergh GJP, Hopkins B. The effect of posture on early reaching movements. **J Motor Behav**, v.30, n.3, p.260-272, 1998.
- Paulignan Y, Frak VG, Toni I, Jeannerod M. Influence of object position and size on human prehension movements. **Exp Brain Res**, v.114, n.2, p.226-234, 1997.
- Pryde, K.M., Roy, E.A., Campbell, K. Prehension in children and adults: the effects of object size. **Human Movement Science**, v.17, p.743-752, 1998.
- Robertson DGE, Dowling JJ. Design and responses of Butterworth and critically damped digital filters. **J Electromyog Kinesis**, v.13, p.569-573, 2003.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. É a não-linearidade uma característica do desenvolvimento do alcance manual em lactentes saudáveis? **Rev Fisioter Pesqu**, v.13, n.2, p.30-37, 2006b.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. Influence of object size and rigidity on proximal and distal adjustments to infant reaching. **Rev Bras Fisioter**, v.10, n.3, p.263-269, 2006c.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. The impact of object size and rigidity on infant reaching. **Infant Behav Dev**, v.29, n.2, p.251-261, 2006a.
- Rocha, N.A.C.F. **Impacto das propriedades físicas dos objetos nos movimentos de alcance em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de idade**. Tese (Doutorado em Fisioterapia) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

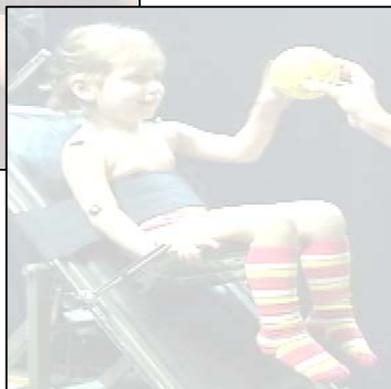
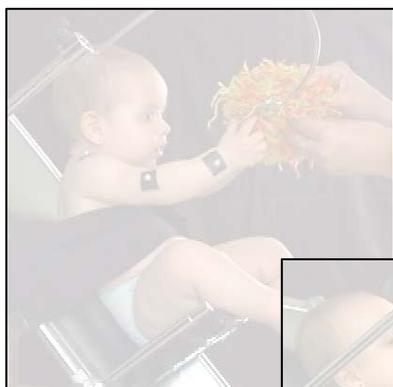
- Savelsbergh GJP, Kamp van der J. The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. **J Exp Child Psychol**, v.58, p.510-528, 1994.
- Servos P, Goodale MA. Binocular vision and the on-line control of human prehension. **Exp Brain Res.**, v.98, n.1, p.119-127, 1994.
- Soechting JF. Effect of target size on spatial and temporal characteristics of a pointing movement in man. **Exp Brain Res**, v.54, p.121-132, 1984.
- Thelen E, Corbetta D, Spencer JP, Schneider K., Zernicke RF. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Dev**, v.64, p.1058-1098, 1993.
- Thelen, E., Spencer, J.P. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.22, p.507-514, 1998.
- Toledo AM, Tudella E., The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. **Infant Behav Dev** 2008; doi:10.1016/j.infbeh.2007.12.006.
- van Hof P, Kamp J van der, Savelsbergh GJP. The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. **Child Dev**, v.73, p.1353-1363, 2002.
- von Hofsten C, Fazel-Zandy S. Development of visually guided hand orientation in reaching. **J Exp Child Psychol**, v.38, p.208-219, 1984.
- von Hofsten, C. An action perspective on motor development. **Trends Cogn Sci**, v.8, n.6, p.266-272, 2004.
- von Hofsten, C. Structuring of early reaching movements: A longitudinal study. **J Mot Behav**, v.23, p.280-292, 1991.

ESTUDO 3

- Bushnell EW, Boudreau JP. Motor Development and the Mind: The Potential Role of Motor Abilities as a Determinant of Aspects of Perceptual Development. **Child Dev**, v.64, n.4, p.1005-21, 1993.
- Carvalho RP, Tudella E, Savelsbergh GJP. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behav Dev**, v.30, n.1, p.26-35, 2007.
- Carvalho, R.P., Tudella, E., Barros, R.M.L. Utilização do Sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v.9, p.1-7, 2005.
- Corbetta D, Thelen E Lateral biases and fluctuations in infants' spontaneous arm movements and reaching. **Dev Psychobiol**, v.34, p.237-255, 1999.
- Corbetta D, Thelen E, Johnson K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. **Infant Behav Dev**, v.23, p.351-74, 2000.

- Corbetta D, Thelen E. The Developmental origins of bimanual coordination: a dynamic perspective. **J Exp Psychol Hum Percept Perform**, v.22, p.502-522, 1996.
- Diedrich FJ, Highlands TM, Spahr KA, Thelen E, Smith LB. The role of target distinctiveness in infant perseverative reaching. **J Exp Child Psychol**, v.78, n.3, p.263-90, 2001.
- Eppler MA. Development of manipulatory skills and the deployment of attention. **Infant Behav Dev**, v.18, p.391-405, 1995.
- Fagard J, Pezé A. Age changes in interlimb coupling and the development of bimanual coordination. **J Mot Behav**, v.29, n.3, p.199-208, 1997
- Fagard J. Linked proximal and distal changes in the reaching behavior of 5-to 12-month-old human infants grasping objects of different sizes. **Infant Behav Dev**; v.23, p.317-329, 2000.
- Fagard, J., Lockman, J.J. The effect of task constraints on infants' (bi)manual strategy for grasping and exploring objects. **Infant Behavior and Development**, v.28, p.305-315, 2005.
- Figueroa, P.J., Leite, N.J. and Barros, R.M.L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine** v.72, p.155-165, 2003.
- Gibson, J.J. (1979). **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin.
- Jakobson LS, Goodale MA. Factors affecting higher-order movement planning: a kinematic analysis of human prehension. **Exp Brain Res**, v.86, p.199-208, 1991.
- Konzack J, Dichgans J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. **Exp Brain Res**, v.117, p.346-354, 1997.
- Lockman JJ, Ashmead DH, Bushnell EW. The development of anticipatory hand orientation during infancy. **J Exp Child Psychol**, v.37, p.176-186, 1984.
- Newell KM, Scully DM, McDonald PV, Baillargeon R. Task constraints and infant grip configurations. **Dev Psychobiol**; v.22, p.817-832, 1989.
- Newell KM., McDonald PV, Baillargeon R. Body scale and infant grip configurations. **Dev Psychobiol**, v.26, n.4, p.195-205, 1993.
- Newman C, Atkinson J, Braddick O. The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. **Dev Psychol**, v.37, n.4, p.561-572, 2001.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. Influence of object size and rigidity on proximal and distal adjustments to infant reaching. **Rev Bras Fisioter**, v.10, n.3,p.263-269, 2006a.
- Rocha NACF, Silva FPS, Tudella E. The impact of object size and rigidity on infant reaching. **Infant Behav Dev**, v.29, n.2, p.251-261, 2006b.

- Rocha, N.A.C.F. **Impacto das propriedades físicas dos objetos nos movimentos de alcance em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de idade**. Tese (Doutorado em Fisioterapia) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.
- Sann C, Streri A. Perception of object shape and texture in human newborns: evidence from cross-modal transfer tasks. **Dev Sci**, v.10, n.3, p.399-410, 2007.
- Savelsbergh GJP, Kamp van der J. The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. **J Exp Child Psychol**, v.58, p.510-528, 1994.
- Siddiqui A. Object size as a determinant of grasping in infancy. **J Genet Psychol**; v.153, p.345-358, 1995.
- Thelen E, Corbetta D, Spencer JP, Schneider K., Zernicke RF. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Dev**, v.64, p.1058-1098, 1993.
- Thelen, E., Corbetta, D. and Spencer, J.P. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance** v.22, p.1059-107, 1996.
- Thelen, E., Spencer, J.P. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.22, p.507-514, 1998.
- Tsiotas, G., Borghi, A. & Parisi, D. Objects and affordances: An Artificial Life simulation. **Proceedings of the XXXX Annual Conference of the Cognitive Science Society** (pp. 2212-2217). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.
- Van der Fits, I.B.M. and Hadders-Algra, M. The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.22, p.521-526, 1998.
- van Hof P, Kamp J van der, Savelsbergh GJP. The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. **Child Dev**, v.73, p.1353-1363, 2002.
- von Hofsten C, Fazel-Zandy S. Development of visually guided hand orientation in reaching. **J Exp Child Psychol**, v.38, p.208-219, 1984.
- von Hofsten, C. and Rönnqvist, L. Preparation for grasping an object: a developmental study. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.14, p.610-621, 1988.
- von Hofsten, C. Developmental changes in the organization of prereaching movements. **Developmental Psychology**, v.20, p.378-386, 1984.
- von Hofsten, C. Structuring of early reaching movements: A longitudinal study. **J Mot Behav**, v.23, p.280-292, 1991.



APÊNDICE

Apêndice A – Versão, em inglês, do Estudo 1 submetida ao Journal of Biomechanics

**THE USE OF THE DVIDEOW SYSTEM IN THE ANALYSIS OF INFANT
REACHING: SENSITIVITY, OBJECTIVITY AND RELIABILITY**

Fernanda Pereira dos Santos Silva; Maria Fernanda Eichenberger Romani; Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha; Eloísa Tudella.

Abstract

Several researchers on infant motor development have developed and used three-dimensional camera systems with different purposes. Since each system has its singularity and restrictions, the selection of an appropriate instrument is emphasized as important in clinical practice and scientific research. This study aimed to verify the sensitivity, objectivity and reliability of a passive video system, the Dvideow system, in the analysis of reaching kinematics of healthy infants. To test these characteristics, three examiners assessed straightness index, mean velocity and movement units of the same reaches at different times. Data was non-normal for all examiners and variables. There were no significant differences among the examiners for all variables. The correlation was powerful, positive and significant for all variables. The Dvideow was shown to be a sensitive, objective, reliable and easy-to-operate instrument for the analysis of reaching kinematics.

Key-words: Dvideow system; reaching; sensitivity; objectivity; reliability

1. Introduction

Many formal tests have been developed to analyze the several characteristics of motor behavior. However, less formal and more natural methods have also been used to assess such characteristics, even though they are more subjective and less accurate. Assessing the different features of motor behavior is extremely important, since it allows health professionals to monitor changes and identify disorders in development, thus making them aware of possible treatment strategies. Therefore, a challenge faced by the examiner is to

identify the most appropriate assessment procedure (Gallahue and Ozmun, 2002; Rothstein, 1985).

In recent years, the analysis of human movements through digital image sequences has aroused interest of researchers from different fields, especially medicine and human behavior. In addition, this kind of analysis has become increasingly necessary, since it allows a detailed systematic study of human behavior as a focus of scientific investigation (Barros et al., 1999).

In this sense, some researchers have manufactured measurement techniques providing higher accuracy and automatic analysis of human movement, especially systems based on markers and digital cameras. These are divided into active and passive systems. Among the active ones, based on light emitting diode (LED) markers, are Selspot Motion Analysis System (Stokes et al., 1989; Kolehmainen et al., 1989), OPTOTRACK 3D Motion Measurement System (Ehara et al., 1995) and Watsmart (Waterloo Spatial Motion Analysis Recording Technique) (Sivak and MacKenzie, 1990; Pryde et al., 1998). However, applicability of these systems is reduced on account of mechanical limitations imposed by the LED-wiring attached to the subject, the need for a controlled environment, and the limitation of the number of markers by the stroboscopic timing (Figuroa et al., 2003).

There are two types of passive systems: infrared and video. The former (e.g. ELITE Motion-tracking (Ehara et al., 1995; Newman et al., 2001) and VICON Motion systems (Ehara et al., 1995; Ehara et al., 1997; de Monte et al., 2006; Pomeroy et al., 2006) is based on a wireless mechanism that records the light reflected by retro-reflexive markers, illuminated by infrared light (Figuroa et al., 2003). The wireless set is of advantage by allowing unrestrictive movements. Nonetheless, this system is neither able to assess both limbs simultaneously nor record the movement for an unlimited time, as demonstrated by Out et al. (1998), who used VICON system to record infants' movements. It is important to stress that

both active and infrared passive systems are costly due to the need for special cameras (Barros et al., 1999; Figueroa et al., 2003; Carvalho et al., 2005).

On the other hand, the passive video system is more flexible about the selection of movements to be studied, the use in different environmental conditions, and the use of alternative equipments implying lower costs. Among them, there are the Motion Analysis Inc. (Thelen and Anderson, 2001) and the Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits). The latter basically consists of a software requiring non-dedicated equipments, that is, it needs no specific branded or standard equipments affixed to the system, such as cameras, computers, cables and other devices (Barros et al., 1999; Carvalho et al., 2005).

The Dvideow allows three-dimensional reconstruction of the movement through images obtained by a number of video cameras ranging from two to ten, so that each marker can be simultaneously recorded by at least two cameras (Carvalho et al., 2005). Furthermore, it contains integrated tools for tracking markers, calibrating cameras and reconstructing coordinates three-dimensionally (Barros et al., 1999). The accuracy of this system has been recently tested in studies assessing infant's reaching movements. An accuracy of 5mm was initially obtained in studies using three cameras and 30 markers (Carvalho et al., 2005; Carvalho et al., 2006; Rocha, 2006; Rocha et al., 2006a; Rocha et al., 2006b, Rocha et al., 2006c; Toledo, 2005; Silva, 2005; Carvalho, 2004), and in a later study, with four cameras and 150 calibration markers, the accuracy was 2mm (Toledo and Tudella, submitted 2007).

The skill of reaching can be defined as the arm movement towards an object that is subsequently touched or grasped by one or both hands (Savelsbergh and van der Kamp, 1994). In recent years, this skill has been widely studied (Newman et al., 2001; Rocha et al., 2006 (a); van Hof et al., 2002; Fagard and Lockman, 2005), due to its importance to infant motor development, more specifically due to the fact that it plays a role in motor and cognitive learning process. The development of this behavior involves a series of changes. At

around 4-5 months, reaching movements emerge in inaccurate way (Newman et al., 2001; Savelsbergh and van der Kamp, 1994; Thelen and Spencer, 1998; Konzack and Dichgans, 1997; von Hofsten and Rönnqvist, 1988; von Hofsten, 1984), being characterized by poor trajectory control. After some months, the infants become skilled at reaching, thus adjusting their movements according to environment conditions and task demands (Rocha, 2006). These changes have also been evidenced in the kinematics of this movement over age. In the acquisition phase, reaching resembles an ataxic movement, that is, it is characterized by irregular and fragmented trajectories, multiple velocity peaks (Konzack and Dichgans, 1997; Thelen et al., 1996), and several movement units (Berthier et al., 1999; Ennouri and Bloch, 1996; von Hofsten, 1991; Mathew and Cook, 1990; Fetters and Todd, 1987). By using three-dimensional analysis to assess 4-7-month-old infants, Von Hofsten (1991) demonstrated that reaching movements become gradually straighter and with fewer movement units over age. Similarly, Rocha (2006), and Rocha et al. (2006a), who studied 4-6-month-old infants by using the Dvideow system, verified that with age infants perform faster and straighter movements, with fewer movement units.

However, the changes occurring during the improvement of reaching are sometimes too subtle to be noticed through qualitative or direct observational (with no image recording) assessments. In this sense, many different methodologies for the analysis of infant reaching movements have been employed in recent years.

Newman et al. (2001) used two 50-Hz cameras and the ELITE system to conduct a two-dimensional analysis of the arm trajectory of 5-15-month-old infants when reaching for three objects of different sizes. Rocha et al. (2006a) made use of three 60-Hz digital cameras and the Dvideow system in a three-dimensional analysis of the arm trajectory of 4-6-month-old infants when reaching for objects of different sizes and rigidity. Van Hof et al. (2002) applied four VHS 50-Hz cameras and the *Observer program* software to conduct a visual

analysis of infants aged 3, 4 and 6 months when reaching for objects of different sizes. Fagard and Lockman (2005) used a single camera and no automatic analysis system to carry out a frame-by-frame analysis of three groups of infants in different age ranges (6 to 12, 18 to 24, and 30 to 36 months) when reaching for objects of different sizes.

Four important differences can be observed in the above studies. The first one is that the number of cameras depends on the purpose of the study. At least two cameras were required for the studies applying two- and tri-dimensional movement analysis (Newman et al., 2001; Rocha et al., 2006a), while only one camera was enough to conduct a qualitative movement analysis (Fagard and Lockman 2005). The second difference concerns the image capture frequency. According to Fetters and Todd (1987), the frame frequency of the camera may lead to an inaccurate absolute number of movement units; however, for observational analysis, this frequency has no influence. The third difference refers to the analysis dimension. The movement straightness tends to be altered if movement is codified in three dimensions (Thelen and Spencer, 1998), which is unnecessary in qualitative analyses. The last difference concerns the software, which also depends on the purpose of the study.

Therefore, a more sensitive, objective and reliable instrument is believed to be necessary in assessing infant motor development. A sensitive instrument is able to capture subtle differences concerning both intra- and inter-participant movement variability. An objective instrument allows the production of similar results when different examiners evaluate the same data. Finally, a reliable instrument provides consistent and replicable measurements.

In light of these observations, the current study verified reaching movements of healthy infants aged 4 to 6 months by using the Dvideow system with the aim of testing whether this instrument is sensitive, objective and reliable in the kinematical analysis of infant's reaching movement.

2. Methods

2.1. Participants

The participants in this study were four healthy fullterm infants (one boy and three girls) with mean gestational age of 39 weeks (38-41 weeks) and Apgar score of at least 9 after the fifth minute. The infants' birth weight was appropriate for their gestational age ($M=3,501\text{g}; \pm 0.27$). The infants were assessed longitudinally at the ages of 4 ($M=4$ months and 1 day; ± 4 days), 5 ($M=5$ months and 1 day; ± 1 day), and 6 months ($M=5$ months and 29 days; ± 4 days). The infants were admitted in the study following informed parental consent, as approved by the Human Research Ethics Committee of the University Federal of São Carlos (protocol n. 040/03).

2.2. Materials and Procedures

A calibrator was used as a reference to measure the kinematic variables of reaching. The calibrator was fixed on the ceiling of the laboratory, and it was composed of four plumb lines (length: 2.30m) with a lead sphere (diameter: 3cm; weight: 50g) at the bottom. The plumb lines were arranged so as to form a rectangle in the center of the room. The rectangle volume (0.48m width, 0.32m length, 2.3m height) was appropriate to analyze the reaching movements. Each plumb line contained 10 pearl-like spherical markers (diameter: 1cm) placed 10 centimeters away from each other. The spatial position of the markers was measured by a 1-inch-precision mechanic theodolite and a metallic millimeter tape measure of 3 meters length.

The calibrator was recorded prior to data collection and its image was used as spatial coordinates, which were later equated to the respective marker coordinates shown on the computer screen.

For data collection, pearl-like spherical markers were fixed with double-sided hypoallergenic tape to the infant's wrists (dorsal carpal region) (Out et al., 1998). The infants were placed on a baby chair (Carvalho et al., 2005) reclined 50° from the horizontal (von Hofsten, 1984). An interval of 10 seconds was allowed to the infants adapt themselves to the posture. Four attractive spherical objects of different physical properties were used in this study: two soft (anti-allergic wool balls) and two rigid (polystyrene balls) objects, which were small (5cm in diameter) or large (12.5cm in diameter). Therefore, they were classified into four types: large rigid (LR), small rigid (SR), large malleable (LM), and small malleable (SM). The objects were presented in different predetermined sequences, so that the presentation arrangement did not influence the results. Each object was presented at the infant's midline, shoulder's height, and arm's length (Thelen and Spencer, 1998; Corbetta et al., 2000; van der Fits and Hadders-Algra, 1998) for a 1-minute period or until the infant performed seven reaches (Rocha, 2006). A 5-second interval was allowed after each presentation. The whole procedure lasted 4 minutes and 25 seconds.

The experiment was recorded by three digital cameras (60Hz), one placed above and behind the baby chair and the other two placed in front and diagonally to the chair, one to the right and one to the left (Carvalho et al., 2005), so that the wrist markers could be seen by at least two cameras throughout the reaching trajectory.

2.3. Analyze System

The images were captured in AVI format by an image capture board using the Adobe Premier 6.3 software. The files were opened in Dvideow 5.0* (Figuroa et al., 2003) so that the examiner could identify the beginning and the end of each reaching movement performed by the arm that first touched the object. For example, to analyze

the movement of the left arm, the images from the cameras above and on the left side of the chair were used. For bimanual reaching, the arm that first touched the object was analyzed (Rocha, 2006). When any part of the movement trajectory could not be automatically tracked due to, for example, the low contrast between the marker and the infant's skin, the tracking was kept manually. This semi-automatic measurement is an alternative to minimize mistakes in dimension as well as facilitate the measurement process in comparison with the manual measurement alone.

After tracking, the Dvideow provided the X, Y and Z coordinates of the markers for each movement frame (files in .3d format) in order that the files could be loaded in Matlab 6.0. The Matlab was applied to both filter the output through a fourth order Butterworth filter with a cutoff frequency of 6 Hz and calculate the straightness index, mean velocity and movement units by means of routines.

The straightness index was obtained by calculating the ratio between the least distance that could have been traveled in this trajectory (distance between the initial position of the hand and the object) and the real distance traveled by the hand (total trajectory). The closer to 1 this index is, the straighter the trajectory will be. A straightness index of 1 indicates that the infant performed a reaching through the shortest possible trajectory (Thelen et al., 1996).

The mean velocity was obtained by calculating the ratio between the distance traveled by the hand and the duration of the movement (Mathew and Cook , 1990).

The movement unit was defined as a maximum velocity peak between two minimum velocity peaks, for which the difference should be greater than 1cm/s (Thelen et al., 1996). Thus, a velocity curve with several maximum and minimum peaks illustrates a trajectory with several movement units. The velocity was obtained by the vector norm of

velocity, which is given by the root mean square of X, Y and Z components (Rocha et al., 2006a).

The beginning of a reach was determined by the first uninterrupted arm movement towards the object. The end of a reach was determined by the frame at which the hand touched the object. This frame was established by the first movement of the rigid objects or the deformation of the malleable ones (Rocha, 2006). The reach was excluded when both markers could not be visualized for more than 10% of the whole movement time.

To ensure objectivity and reliability, three examiners assessed the same reaches at different times. The examiners had different practical experience (2 years, 1 year, and 15 days) in using the Dvideow system.

Kolmogorov-Smirnov test ($p < 0.05$) indicated data as being non-normal. Kruskal-Wallis test analyzed whether the samples were different when comparing the spatio-temporal variables among the examiners. Spearman correlation was used to verify the relationship between measures obtained by the examiners. A significance level of $p \leq 0.05$ was obtained for all the analyses.

3. Results

A total of 203 reaches were analyzed. The results for the normality test are presented in Table 1. The data was shown to be non-normal for all examiners and variables.

Table 1. Results of the Kolmogorov-Smirnov test for variables and examiners.

Variable	Examiner	Z	p-value
Mean Velocity	1	1.644	0.009
	2	1.451	0.030
	3	1.570	0.014
Straightness Index	1	1.768	0.004
	2	1.739	0.005
	3	1.724	0.005
Movement Unit	1	2.015	0.001
	2	1.812	0.003
	3	2.002	0.001

Z=value for the Kolmogorov-Smirnov test

Figures 1A-C show the mean velocity ($H(2)=0.037$; $p=0.982$), straightness index ($H(2)=0.060$; $p=0.970$) and movement units ($H(2)=0.409$; $p=0.815$), respectively, for each examiner. There were no significant differences among the examiners for all variables.

The results for Spearman Correlation were shown to be powerful, positive and significant ($r>0.91$; $p<0.001$) for mean velocity (Fig. 2A-C), straightness index (Fig.3A-C), and movement units (Fig.4A-C).

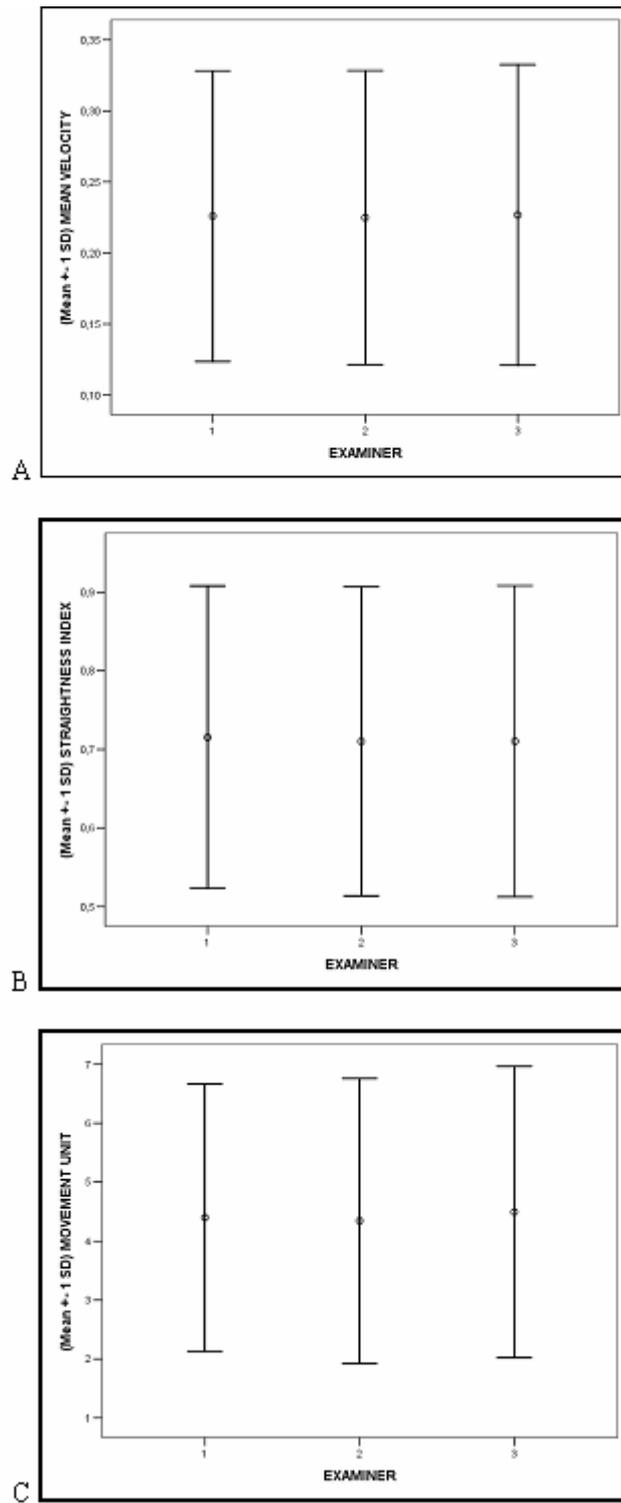


Figure 1. Mean and standard deviation for mean velocity (A), straightness index (B) and movement units (C) for each examiner.

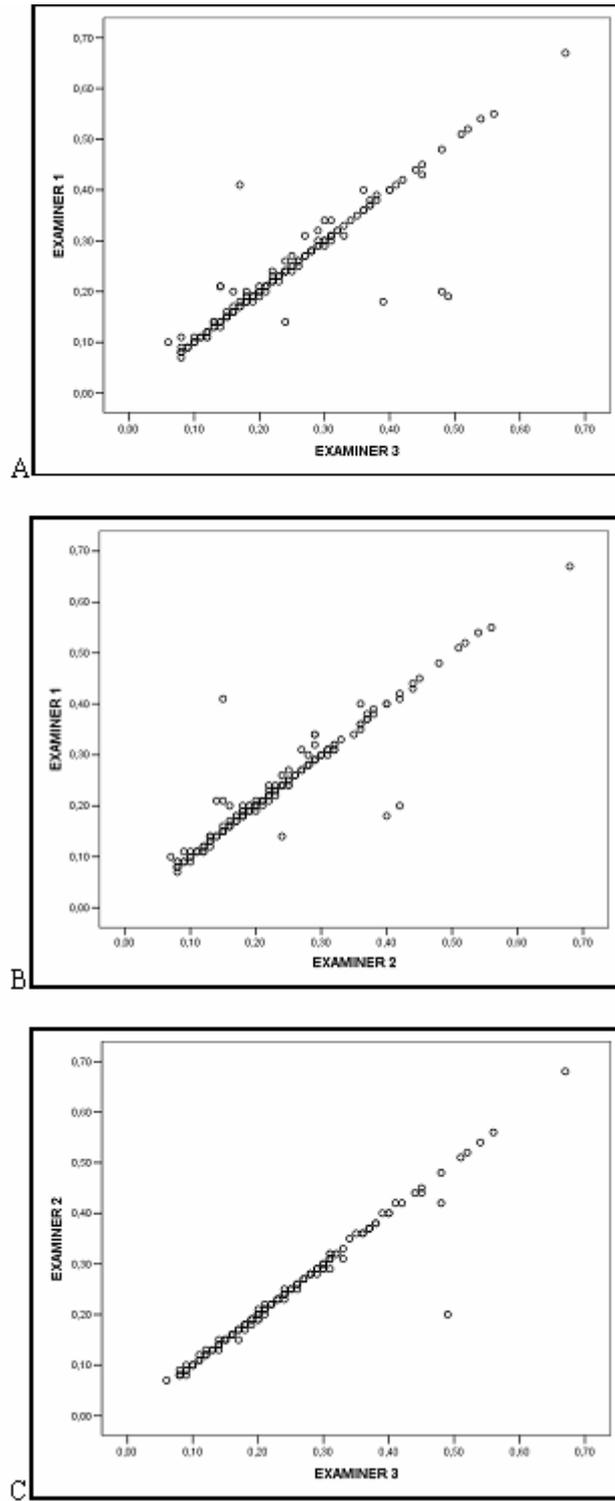


Figure 2. Correlation for mean velocity between examiners 1 and 3 (A), 1 and 2 (B), and 2 and 3 (C).

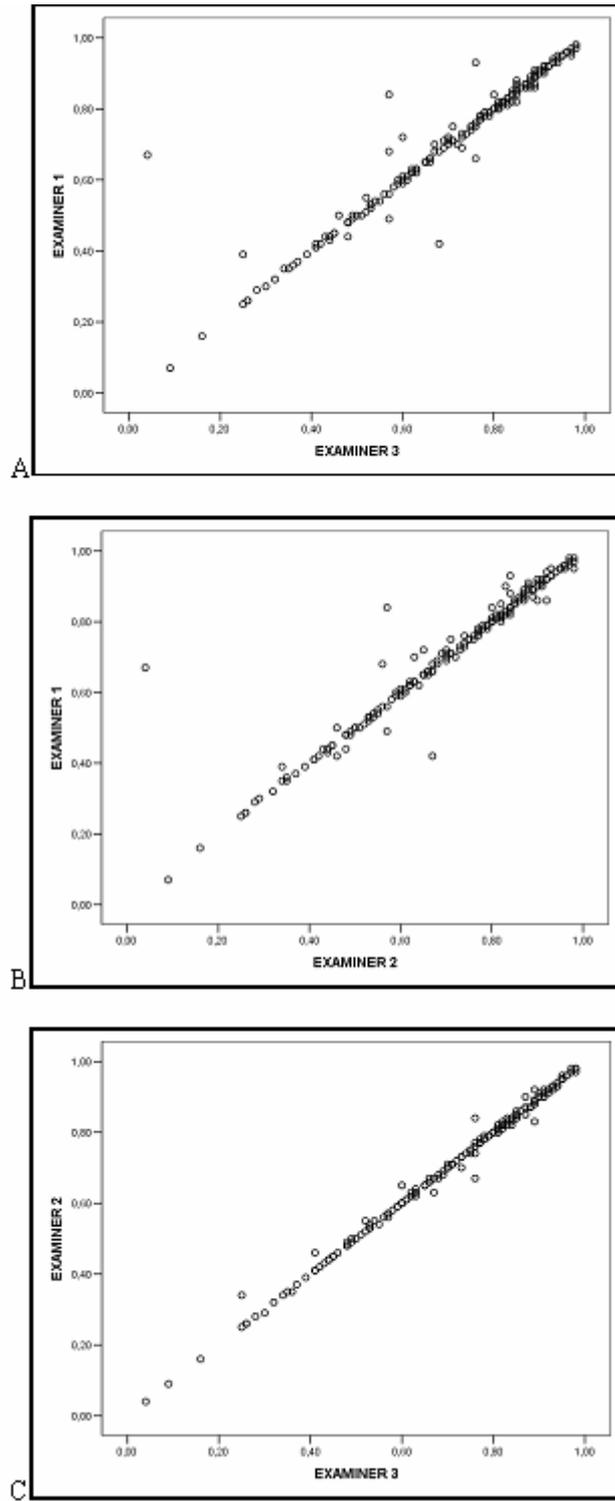


Figure 3. Correlation for straightness index between examiners 1 and 3 (A), 1 and 2 (B), and 2 and 3 (C).

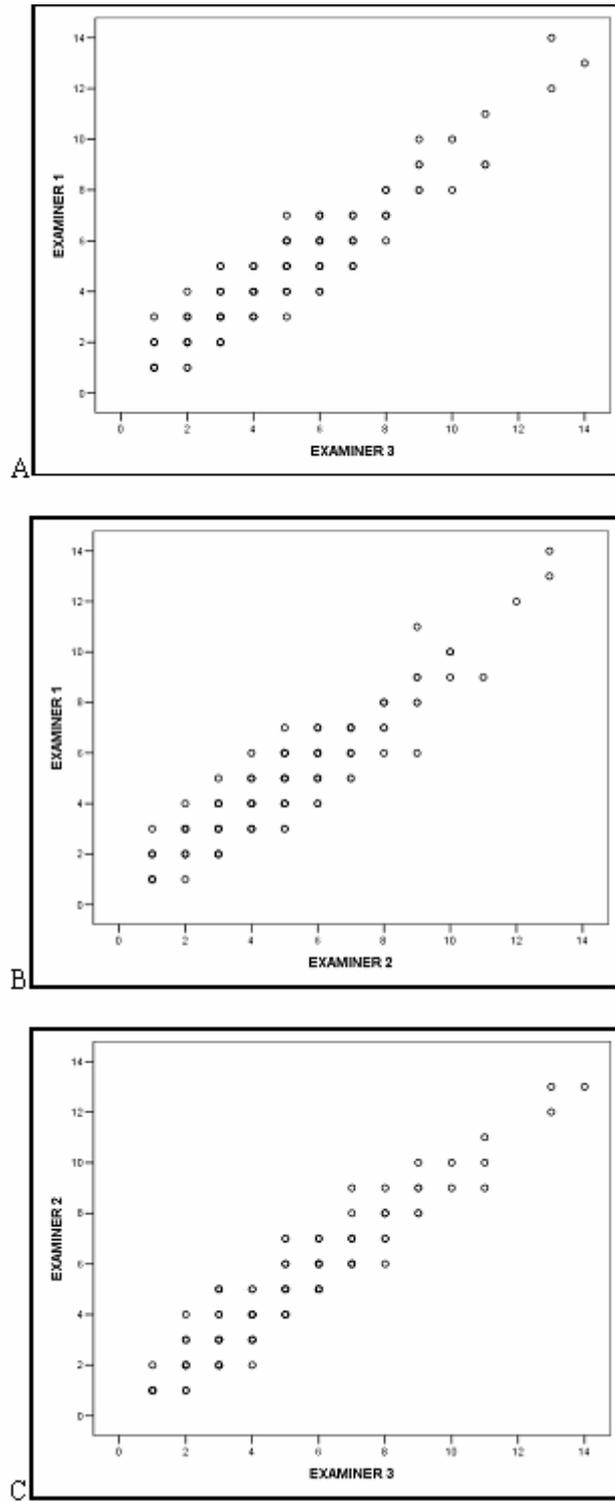


Figure 4. Correlation for movement unit between examiners 1 and 3 (A), 1 and 2 (B), and 2 and 3 (C).

4. Discussion

In selecting an appropriate assessment instrument, it is necessary to reflect on the following questions: 1) Are the characteristics of the instrument adequate for meeting the purpose of the study?; 2) Is the instrument suitable for the available resources?; and 3) Can the examiners properly use the instrument? (Gallahue and. Ozmun, 2002).

In the current study, the Dvideow system was chosen given our interest in assessing young infant's reaching. Since this system provides three-dimensional analysis, it is adequate for detecting subtle changes in speed, straightness and smoothness of reaching movements. The identification of such changes may, in turn, contribute towards a better understanding of the complexity and adaptability of infant movements concerning the manipulation of different objects.

The flexibility of the Dvideow allowed the use of only three cameras in the analysis of reaching movements of both infants' arms. Moreover, this system required no improved facilities for carrying out the proposed procedure. The flexibility of this system is especially important for it implies lower spending on the research when compared to other systems used for kinematic analysis.

The Dvideow is easy to operate and requires no further training or specific qualification by the examiners (Carvalho et al., 2005). This characteristic can be confirmed by the results of this study, inasmuch inter-agreement rate was attained between examiners even if they had different time of practice.

The results of the current study demonstrated that the Dvideow is also sensitive, objective and reliable. The sensitivity of the Dvideow can be evidenced by the non-normality of data observed for all the variables analyzed. Indeed, this system was shown to be able to output the variability among reaches performed by an individual child as well as the variability among reaches performed by different infants.

The lack of difference among the examiners in the analysis of the kinematic variables is indicative of the objectivity of the Dvideow. The instrument was shown to be able to output similar results when different examiners used it to assess the same data. This result is particularly important for scientific research since it suggests that the Dvideow can be surely used by trained research assistants and technicians. Thus, the data can be analyzed by different examiners, consequently making the analysis process more efficient.

The strong correlation between the examiners for all the analyzed variables is a clear evidence of the Dvideow's reliability. Three positive aspects resulting from the reliability of a system can be emphasized. First, if the system is reliable, the error rates are reduced so that data variations can be interpreted as a real variability of the sample. Second, a reliable instrument allows the analysis of different samples, tasks or conditions, as well as the analysis of the same data in different moments. Third, reliability is clinically relevant, since data collected by a reliable instrument can be analyzed by different therapists without implying different diagnoses.

In summary, this study provides evidence that the Dvideow system is a sensitive, objective, reliable, and easy-to-operate instrument for the analysis of reaching kinematics in healthy 4-6-month-old infants.

5. Conflict of interest statement

The authors state that there is no conflict of interest that could inappropriately influence our work. This work received financial support by sponsor entitled Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

6. References

- Barros, R.M.L., Brenzikofer, R., Leite, N.J. and Figueroa, P.J., 1999. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. *Revista Brasileira de Engenharia. Biomédica* 15, 79-86.
- Berthier, N.E., Clifton, R.K., McCall, D.D. and Robin, D.J., 1999. Proximodistal structure of early reaching in human infants. *Experimental Brain Research* 127, 259-269.
- Carvalho, R.P., 2004. Influência da postura corporal no movimento de alcance manual em lactentes de 4 meses. A finite element approach. master dissertation, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Carvalho, R.P., Tudella, E. and Barros, R.M.L., 2005. Utilização do Sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 9, 1-7.
- Carvalho, R.P., Tudella, E. and Savelsbergh, G.J.P, 2007. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. *Infant Behavior & Development*, 30, 26-35.
- Corbetta, D., Thelen, E. and Johnson, K., 2000. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. *Infant Behavior and Development* 23, 351-374.
- De Monte, G., Arampatzis, A., Stogiannari, C. and Karamanidis, K., 2006. In vivo motion transmission in the inactive gastrocnemius medialis muscle-tendon unit during ankle and knee joint rotation. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 16, 413-422.
- Ehara, Y., Fujimoto, H., Miyazaki, S., Mochimaru, M., Tanaka, S. and Yamamoto, S., 1997. Comparison of the performance of 3D camera systems II. *Gait & Posture* 5, 251-255.
- Ehara, Y., Fujimoto, H., Miyazaki, S., Tanaka, S. and Yamamoto, S., 1995. Comparison of the performance of 3D camera systems. *Gait & Posture* 3, 166-169.
- Ennouri, K. and Bloch, H., 1996. Visual control of hand approach movements in new-borns. *Developmental Psychology* 14, 327-338.
- Fagard, J. and Lockman, J.J., 2005. The effect of task constraints on infants' (bi)manual strategy for grasping and exploring objects. *Infant Behavior and Development* 28, 305-315.
- Fetters, L. and Todd, J., 1987. Quantitative assessment of infant reaching movements. *Journal Motor Behavior* 19, 147-166.
- Figueroa, P.J., Leite, N.J. and Barros, R.M.L., 2003. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 72, 155-165.
- Gallahue, D.L., Ozmun, J.C., 2002. Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults. (5th ed.) New York, NY: McGraw Hill.

Kolehmainen, I., Harms-Ringdahl, K. and Lanshammart, H., 1989. Cervical spine positions and load moments during bicycling with different handlebar positions. *Clinical Biomechanics* 4, 105-110.

Konzack, J. and Dichgans, J., 1997. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. *Experimental Brain Research* 117, 346-354.

Mathew, A. and Cook, M., 1990. The control of reaching movements by young infants. *Child Development* 61, 1238-1257.

Newman, C., Atkinson, J. and Braddick, O., 2001. The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. *Developmental Psychology* 37, 561-572.

Out, L., Van Soest, A.J. and Hopkins, B., 1998. The effect of posture on early reaching movements. *Journal Motor Behavior* 30, 260-272.

Pomeroy, V.M., Evans, E. and Richards, J.D., 2006. Agreement between an electrogoniometer and motion analysis system measuring angular velocity of the knee during walking after stroke. *Physiotherapy* 92, 159-165.

Pryde, K.M., Roy, E.A. and Campbell, K., 1998. Prehension in children and adults: the effects of object size. *Human Movement Science* 17, 743-752.

Rocha, N.A.C.F., Silva, F.P.S. and Tudella, E., 2006b. Influência do tamanho e da rigidez dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance de lactentes. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 10, 262-268.

Rocha, N.A.C.F., 2006. Impacto das propriedades físicas dos objetos nos movimentos de alcance em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de idade. A finite element approach. PhD. thesis, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Rocha, N.A.C.F., Silva, F.P.S. and Tudella, E., 2006a. Impact of object properties on infants' reaching behavior. *Infant Behavior and Development* 29 251-261.

Rocha, N.A.C.F., Silva, F.P.S. and Tudella, E., 2006c. Alcance manual em lactentes saudáveis: desenvolvimento linear?. *Revista Fisioterapia e Pesquisa* 13, 30-37.

Rothstein, J.M., 1985. Measurement and clinical practice: theory and application. In: Rothstein, J.M. (Eds.), *Measurement in Physical Therapy*. Churchill Livingstone, New York NY, pp 1-46.

Savelsbergh, G.J.P. and van der Kamp, J., 1994. The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. *Journal of Experimental Child Psychology* 58, 510-528.

Silva, F.P.S., 2004. Influência ambiental no desenvolvimento do alcance manual em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de vida. A finite element approach. graduation monograph, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Sivak, B. and MacKenzie, C.L., 1990. Integration of visual information and motor output in reaching and grasping: The contributions of peripheral and central vision. *Neuropsychologia* 28, 1095-1116.

tokes, V. P., Andersson, C. and Forssberg, H., 1989. Rotational and translational movement features of the pelvis and thorax during adult human locomotion. *Journal of Biomechanics* 22, 43-50.

Thelen D. G. and Anderson F. C., 2001. An operational space tracking algorithm for generating dynamic simulations of movement. In *Proceedings of the 5th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*.

Thelen, E., Corbetta, D. and Spencer, J.P., 1996. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 22, 1059-1076.

Thelen, E. and Spencer, J.P., 1998. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 22, 507-514.

Toledo, A.M., 2005. A influência do peso adicional no alcance de lactentes. A finite element approach. specialization monograph, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Toledo, A.M. and Tudella, E., 2008. The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. *Infant Behavior and Development*, in press.

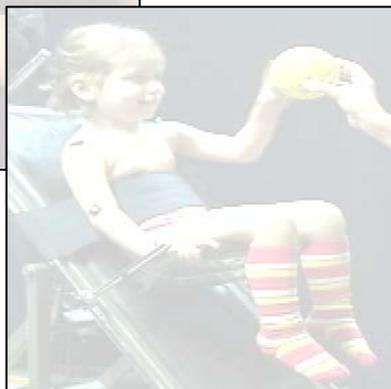
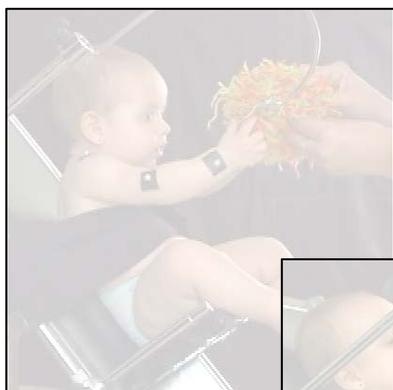
van der Fits, I.B.M. and Hadders-Algra, M., 1998. The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 22, 521-526

van Hof, P., van der Kamp, J. and Savelsbergh, G.J.P., 2002. The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. *Child Development* 73, 1353-1363.

von Hofsten, C. and Rönnqvist, L., 1988. Preparation for grasping an object: a developmental study. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 14, 610-621.

von Hofsten, C., 1984. Developmental changes in the organization of prereaching movements. *Developmental Psychology* 20, 378-386.

von Hofsten, C., 1991. Structuring of early reaching movements: a longitudinal study. *Journal Motor Behavior* 23, 280-292.



ANEXO

Anexo A – Confirmação da submissão do Estudo 1.

de Journal of Biomechanics <JBM@elsevier.com>
para silva.fernandapereira@gmail.com
data 12/01/2008 20:05
assunto Submission Confirmation
enviado por elsevier.com

Dear Miss Silva,

Your submission entitled "The use of the Dvideow system in the analysis of infant reaching: sensitivity, objectivity and reliability" has been received by the Journal of Biomechanics.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to EES as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/bm/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards.

Editorial Office
Journal of Biomechanics