



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

FISIOTERAPIA

Aline Martins de Toledo

INFLUÊNCIA DO PESO ADICIONAL E DA PREMATURIDADE

TARDIA NO ALCANCE DE LACTENTES

**São Carlos
2011**



Núcleo de Estudos em Neuropediatria
e Motricidade

ALINE MARTINS DE TOLEDO

INFLUÊNCIA DO PESO ADICIONAL E DA PREMATURIDADE TARDIA NO ALCANCE DE LACTENTES

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientadora: Profa. Dra. Eloísa Tudella

São Carlos

2011

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

T649ip

Toledo, Aline Martins de.

Influência do peso adicional e da prematuridade tardia no alcance de lactentes / Aline Martins de Toledo. -- São Carlos : UFSCar, 2011.

145 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

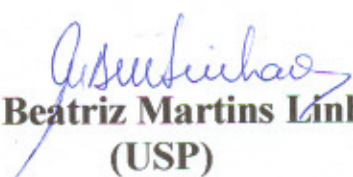
1. Lactentes. 2. Alcance manual. 3. Prematuros. 4. Peso adicional. I. Título.


CDD: 613.0432 (20^a)

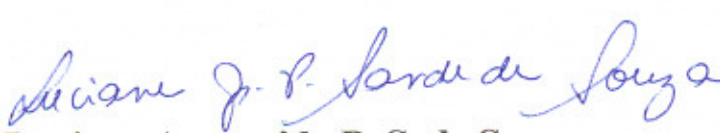
MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE ALINE MARTINS DE TOLEDO, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 18 DE FEVEREIRO DE 2011.


BANCA EXAMINADORA:

**Eloisa Tudella
(UFSCar)**


**Maria Beatriz Martins Linhares
(USP)**


**Denise Castilho Cabrera Santos
(UNIMEP)**


**Luciane Aparecida P. S. de Souza
(UFTM)**


**Sandra Maria S. F. de Freitas
(UNICID)**

“Se muito vale o já feito
Mais vale o que será.
E o que foi feito
É preciso conhecer
Pra melhor prosseguir.
... É cobrando o que fomos
Que nós iremos crescer.
... Hoje essa vida só cabe
Na palma da minha paixão”.

O que foi deverá

(Milton Nascimento e Fernando Brant)



Domingos Xavier

À Deus, por Sua presença constante em minha vida e demonstrações de que tudo é possível quando cremos Nele.

À minha família, sempre confiante e presente em todas minhas conquistas.

Ao meu querido esposo, pela dedicação, amor e companheirismo.

Dedico especialmente este trabalho.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

*“Se as coisas inatingíveis... ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos, se não fora
a presença distante das estrelas!”*

Mario Quintana

Quando leio este poema sempre lembro da querida mestre, professora e amiga Eloísa Tudella. Uma imagem de persistência, perseverança, luta e conquistas.

Foram oito anos de convivência, oito anos de aprendizagem, de lutas e de amadurecimento. Suas lições e direcionamentos abriram portas importantíssimas para o meu futuro e com certeza ajudarão a guiar meus passos como docente.

Mais uma vez, obrigada pela confiança sempre depositada em mim.

Sentirei saudades!

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A todos os membros da família **NENEM**. Todos que de alguma forma fizeram parte desta e de outras etapas da minha vida e me auxiliaram na concretização deste trabalho.

Em especial à Daniele, grande companheira nesta caminhada do doutorado. Obrigada pelas valiosas contribuições e discussões para a finalização dos artigos desta tese.

Às famílias e aos bebês que participaram do trabalho e ajudaram a materializar este sonho.

Ao Rodrigo, querido esposo, pela paciência e auxílio nas análises e interpretação dos dados. Eu te amo!

RESUMO

TOLEDO, A.M. **Influência do Peso Adicional e da Prematuridade Tardia no Alcance de Lactentes**. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP

Introdução: O alcance manual é uma importante habilidade motora, pois sua emergência é uma das primeiras fases do desenvolvimento motor voluntário durante a infância. No entanto, poucos estudos são encontrados demonstrando como os fatores intrínsecos (como a prematuridade) e extrínsecos (como o peso adicional) influenciam esta habilidade. **Objetivos:** Desta forma, o presente estudo tem como objetivos principais: 1) analisar o desenvolvimento das variáveis categóricas do alcance em lactentes pré-termo e a termo; 2) verificar o efeito do peso adicional nos punhos dos lactentes pré-termo; 3) verificar a necessidade da correção da idade no alcance em lactentes pré-termo. **Métodos:** Para tanto foram avaliados longitudinalmente, na faixa etária de 5 a 7 meses, 9 lactentes pré-termo, com idade gestacional média de 35,6 ($\pm 0,5$) semanas e 10 lactentes a termo, com idade gestacional média de 39 ($\pm 0,73$) semanas. Ambos os grupos apresentaram peso adequado ao nascer e Apgar superior a 7 no 1º e 5º minutos. Foram analisadas variáveis categóricas e cinemáticas do alcance. As variáveis categóricas analisadas foram: a) ajustes proximais: unimanual e bimanual; b) ajustes distais: orientação da mão (verticalizada, horizontalizada e oblíqua), classificação da mão (aberta, fechada e semi-aberta); c) preensão: preensão com sucesso e sem sucesso. As variáveis cinemáticas avaliadas foram: a) velocidade média (VM): razão entre distância percorrida e tempo gasto no movimento; b) unidade de movimento (UM): fase de aceleração e desaceleração do movimento durante a trajetória; índice de retidão (IR): razão entre a distância percorrida pela mão e a menor distância que poderia ser percorrida nesta trajetória. Para atender os objetivos, três estudos foram desenvolvidos para esta tese de doutorado. **Resultados:** O Estudo I teve como objetivo investigar o desenvolvimento de ajustes proximais e distais do alcance de lactentes pré-termo de baixo risco na faixa etária de 5 a 7 meses de vida. Foram analisadas as variáveis categóricas do alcance. Foi observado que a frequência de alcances unimanuais foi maior que bimanuais durante todo o período analisado, sem

nenhuma diferença entre as idades em ambos os grupos; a freqüência de orientação vertical da mão aumentou significativamente do 6º para o 7º mês no grupo pré-termo e do 5º para o 7º mês no grupo a termo; o aumento da freqüência de mão aberta e diminuição de semi-aberta foram significativos do 5º para o 7º mês no grupo pré-termo e a termo; a freqüência de preensão com sucesso aumentou do 6º para o 7º mês no grupo pré-termo e a termo. Entre os grupos foi encontrado uma maior freqüência de mão aberta no grupo pré-termo aos 6 meses quando comparado ao a termo. O Estudo II teve como objetivo verificar a influência do peso adicional e a sua retirada imediata no alcance manual de lactentes pré-termo de baixo risco, na faixa etária de 5 a 7 meses de idade. Foram analisadas as variáveis cinemáticas e a preensão do alcance. Constatou-se que o peso adicional diminuiu o índice de retidão aos 5 meses, aumentou a velocidade média e diminuiu as unidades de movimento em todas as idades e aumentou a freqüência de alcances sem preensão aos 5 e 7 meses. O pós-peso levou a diminuição do índice de retidão aos 5 meses e aumento das unidades de movimento aos 6 e 7 meses. E finalmente, o Estudo III que teve como objetivo avaliar o alcance de lactentes pré-termo de baixo risco nas idades cronológica e corrigida, com o intuito de determinar a necessidade da correção da idade ao se avaliar o alcance manual. Comparando-se o grupo pré-termo com idade cronológica com o grupo a termo, os primeiros apresentaram menor velocidade, mais unidades de movimento, mão mais horizontalizada e com maior freqüência de preensão sem sucesso aos 7 meses. Na idade corrigida os pré-termo apresentaram velocidade menor que o a termo, porém manteve a preensão com sucesso. **Conclusões:** Referente à restrição intrínseca imposta pela prematuridade (ao considerar a idade corrigida dos lactentes pré-termo) parece que esta não foi suficiente para impedir a performance da tarefa do alcance na faixa etária estudada. Ao verificar a restrição extrínseca causada pelo peso adicional, observou-se que esta influenciou significativamente os parâmetros do alcance de lactentes pré-termo e tais resultados poderão subsidiar futuras pesquisas objetivando técnicas de intervenção com o uso do peso adicional em lactentes de risco.

Palavras-Chaves: alcance, lactente, ajustes proximais, ajustes distais, peso adicional, cinemática

ABSTRACT

TOLEDO, AM **Influence of Additional Weight and Late Prematurity in the Reach of Infants**. 2011. Thesis (Ph.D.) – Federal University of Sao Carlos, Sao Carlos - SP

Introduction: Reaching behavior is an important motor skill because its emergence is one of the first phases of the voluntary motor development during childhood. However, few studies have shown how intrinsic (such as prematurity) and extrinsic factors (such as additional weight) influence this ability. **Objectives:** This study has as main objectives: 1) to analyze the development of categorical reach variables in preterm and full-term infants, 2) to verify the effect of additional weight attached on the wrists of preterm infants, 3) to verify the need for age correction in the reach of preterm infants. **Methods:** This study evaluated longitudinally 9 preterm infants aged 5-7 month with mean gestational age of 35.6 (± 0.5) weeks and 10 full-term infants with mean gestational age of 39 (± 0.73) weeks. Both groups had normal birthweight and Apgar score above 7 in the first and fifth minutes. Categorical and kinematic reach variables were analyzed. The categorical variables analyzed were: a) proximal adjustments: unimanual and bimanual b) distal adjustments: hand orientation (vertical, horizontal or oblique), hand classification (open, closed and semi-open), c) grasping: successful and unsuccessful grasping. The kinematic variables measured were: a) mean velocity (MV): ratio between distance traveled and time spent in movement b) movement unit (MU): phase of acceleration and deceleration of the movement during the trajectory; straightness index (SI): ratio between the distance traveled by the hand and the smallest distance that could be traveled on this path. To meet the objectives, three studies were developed for this PhD thesis. **Results:** Study I was aimed at investigating the development of proximal and distal adjustments of the reach of low-risk pre-term infants in the age group of 5-7 months. The categorical reach variables were analyzed. It was observed that the unimanual reach frequency was greater than the bimanual reach throughout the study period, with no difference between ages in both groups; the frequency of vertical orientation of the hand increased significantly from the 6th to the 7th month in the preterm group and from the 5th to the 7th month in the full-term group; the increased frequency of open hand and decreased

frequency of semi-open hand were significant from the 5th to the 7th month in the preterm and full-term groups; the frequency of successful grasp increased from the 6th to the 7th month in preterm and full-term groups. A higher frequency of open hand was found in the preterm group at the 6th month compared to the full-term group between groups. Study II aimed to determine the influence of additional weight and its immediate removal on the reaching of low-risk preterm infants at the age group from 5 to 7 months. The kinematic variables and the grasping were analyzed. It was found that additional weight has reduced the straightness index at the age of five months, increased the mean velocity and decreased the movement units in all age groups and increased the frequency of reaches without grasp at 5 and 7 months. The post-weight reduced the straightness index at the age of 5 months and increased the movement units at 6 and 7 months. Finally, study III aimed to assess the reach of low-risk preterm infants at corrected and chronological ages in order to determine the need for age correction to evaluate the reaching behavior. Comparing the preterm group with chronological age with the full-term group, the former had lower speed, more movement units, hand more horizontal and higher frequency of unsuccessful grasp at 7 months of age. In the pre-corrected age, preterm infants showed lower speed than the full-term group, but with successful grasping. **Conclusions:** considering the intrinsic restriction imposed by prematurity (considering the corrected age of preterm infants), it seems that it was not enough to prevent the performance of the reaching task in the age group studied. When checking the extrinsic restriction caused by additional weight, it was found that it significantly influenced the reach parameters of preterm infants and these results could support future researches aimed at intervention techniques with the use of additional weight in infants at risk.

Keywords: reach, infant, proximal adjustments, distal adjustments, additional weight, kinematics

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos participantes.....	20
Tabela 2. Caracterização do nível de escolaridade materna em ambos os grupos em frequências brutas.....	21
Tabela 3. Dados antropométricos dos grupos em cada idade.....	30
Tabela 4. Peso médio do bracelete em cada mês analisado.....	30

ESTUDO I

Tabela 1. Summary of number of trials analyzed and excluded in each group.....	63
Tabela 2. Unimanual/Bimanual Ratio in each group in each age.....	64

ESTUDO II

Tabela 1. Peso médio do bracelete em cada mês analisado.....	93
Tabela 2. Frequência de apreensão com e sem sucesso nos 3 procedimentos em cada idade	101

ESTUDO III

Tabela 1. Proporção de movimentos em cada variável categórica para cada grupo estudado nas idades de 5, 6 e 7 meses.....	134
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Percurso da composição da amostra do estudo	19
Figura 2. Cadeira infantil para o posicionamento dos lactentes	25
Figura 3. Objetos utilizados no experimento.....	26
Figura 4. Ilustração das medidas antropométricas dos membros superiores.....	29
Figura 5. Arranjo Experimental	32
Figura 6. Sistema de calibração	33
Figura 7. Bracelete com o marcador	35
Figura 8. Alcance realizado com a mão esquerda.....	39
Figura 9. Alcance realizado com a mão direita.....	40
Figura 10. Alcance realizado com o uso de bracelete no punho	40
Figura 11. Imagem capturada pela câmera situada póstero-superiormente à cadeira....	41
Figura 12. Alcance Unimanual.....	43
Figura 13. Alcance Bimanual.....	44
Figura 14. Alcances realizados com a mão verticalizada, horizontalizada e oblíqua	45
Figura 15. Alcances realizados com a mão aberta, semi-aberta e fechada	46

ESTUDO I

Figura 1. Experimental set-up.....	59
Figura 2. Frequency of the proximal adjustments at 5, 6 and 7 months in both groups...	64
Figura 3. Frequency of the hand orientation at 5, 6 and 7 months in both groups.....	65

Figura 4. Frequency of the hand opening at 5, 6 and 7 months in both groups.....66

Figura 5. Frequency of grasping at 5, 6 and 7 months in both groups.....67

ESTUDO II

Figura 1. Mediana e desvio padrão do índice de retidão entre os procedimentos aos 5, 6 e 7 meses..... 98

Figura 2. Mediana e desvio padrão da velocidade média entre os procedimentos aos 5, 6 e 7 meses..... 99

Figura 3. Mediana e desvio padrão de unidades de movimento entre os procedimentos aos 5, 6 e 7 meses 100

ESTUDO III

Figura 1. Mediana e desvio padrão da velocidade média entre grupos ao longo da idade 131

Figura 2. Mediana e desvio padrão das unidades de movimento entre grupos ao longo da idade 132

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
2.1 DESENHO EXPERIMENTAL.....	17
2.2. PARTICIPANTES.....	17
2.2.1 Composição da Amostra	17
2.2.1 Amostra Final	20
2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	21
2.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	22
2.5 CRITÉRIOS DE DESCONTINUIDADE	23
2.6 COLETA DE DADOS	23
2.7 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS.....	23
2.7.1 Equipamentos e materiais para aquisição, registro e análise dos dados	23
2.7.2 Materiais de Consumo.....	25
2.8 PROCEDIMENTOS GERAIS	26
2.9 POSICIONAMENTO DAS CÂMERAS	31
2.10 SISTEMA DE CALIBRAÇÃO.....	32
2.11 SISTEMA DE MARCADORES	35
2.12 PROCEDIMENTO DE TESTE.....	36
2.13 SISTEMA DE ANÁLISE.....	38
2.14 ANÁLISE DOS DADOS.....	41
2.15 VARIÁVEIS	42

2.15.1 Variáveis categóricas	42
2.15.2 Variáveis contínuas	46
2.16 ESTUDOS DESENVOLVIDOS	47
2.17. ANÁLISE ESTATÍSTICA	48
3. ESTUDO I (versão aceita – em inglês): Proximal and distal adjustments of reaching behavior in preterm infants.....	49
ABSTRACT	51
3.1 INTRODUCTION.....	52
3.2 METHOD.....	56
3.2.1 Participants.....	56
3.2.2. Procedures and Materials.....	57
3.3 SYSTEM OF ANALYSIS	59
3.4 DESCRIPTION OF VARIABLES AND MEASUREMENTS	60
3.4.1 Proximal adjustments	60
3.4.2. Distal adjustments	61
3.4.3. Grasping.....	62
3.5 DATA ANALYSIS	62
3.6 RESULTS.....	63
3.6.1. Intra-group analysis	63
3.6.2. Inter-group analysis	68
3.7 DISCUSSION.....	68
3.8 REFERENCES.....	76

4. ESTUDO II: Peso adicional influencia o alcance de lactentes prematuros de baixo risco.....	84
RESUMO.....	86
4.1 INTRODUÇÃO	87
4.2 MÉTODOS	90
4.2.1 Participantes.....	90
4.2.2. Procedimentos e Materiais	91
4.3 SISTEMA DE ANÁLISE.....	94
4.4 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS E MEDIDAS	95
4.4.1. Índice de Retidão	95
4.4.2. Velocidade Média	95
4.4.3. Unidades de Movimento.....	95
4.4.4. Preensão	96
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	96
4.6 RESULTADOS	97
4.6.1. Análise entre procedimentos	97
4.6.1.1 Índice de Retidão	97
4.6.1.2 Velocidade Média	98
4.6.1.3 Unidades de Movimento.....	100
4.6.1.1 Preensão	101
4.7 DISCUSSÃO	102
4.8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	111
5. ESTUDO III: Uso das idades cronológica e corrigida na avaliação do alcance manual: Implicações terapêuticas.....	116

RESUMO.....	118
5.1 INTRODUÇÃO	119
5.2 MÉTODOS	123
5.2.1 Participantes.....	123
5.2.2. Procedimentos e Materiais.....	124
5.3 SISTEMA DE ANÁLISE.....	125
5.4 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CONTÍNUAS.....	126
5.4.1. Índice de Retidão	127
5.4.2. Velocidade Média.....	127
5.4.3. Unidades de Movimento.....	127
5.5 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CATEGÓRICAS.....	128
5.5.1. Ajustes proximais	128
5.5.2. Ajustes distais	129
5.5.3. Preensão	129
5.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	130
5.7 RESULTADOS	131
5.7.1. Grupo pré-termo com idade cronológica X grupo a termo.....	131
5.7.1.1 Variáveis contínuas	131
5.7.1.2 Variáveis categóricas	133
5.7.2. Grupo pré-termo com idade corrigida X a termo	136
5.8 DISCUSSÃO	136
5.9 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	141
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	145

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
ANEXOS	157
Anexo I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	158
Anexo II: Protocolo para Coletas de Dados das Mães e Lactentes.....	162
Anexo III: Cartão de Agendamento	166
Anexo IV: Aprovação Comitê de Etica	167
Anexo V: Registro para Calibração	168
Anexo VI: Análise dos Frames das câmeras.....	169
Anexo VII: Análise de registro dos alcances	170
Anexo VIII: Análise das variáveis categóricas	172
Anexo IX: Versão do Artigo aceito no Journal of Motor Behavior – referente ao artigo Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants	173

APRESENTAÇÃO



Motivação para o trabalho

Quem não se encanta ao olhar para um bebê, ao perceber seu sorriso ou ao ver seu interesse quando busca um objeto que lhe é mostrado? Eu sempre me encantei. E a escolha pelo curso de Fisioterapia foi justamente pensando no ***cuidar*** de crianças.

Durante a graduação desenvolvi um trabalho com lactentes a termo com o intuito de verificar o desenvolvimento do controle cervical dos mesmos. E neste mesmo período tive a oportunidade de conhecer a professora Eloísa, que me convidou para ir a São Carlos assim que eu me formasse (exatamente em julho de 2003) para integrar à família NENEM (Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade) da UFSCar.

Iniciei minhas atividades no NENEM como monitora do III Curso de Especialização em Intervenção em Neuropediatria (CEIN). Ao realizar a monografia para obtenção do título de Especialista, tive a oportunidade de estudar mais profundamente o alcance manual de lactentes a termo. A partir daquele momento tive a certeza que com este tema eu desenvolveria minha dissertação de Mestrado.

No entanto, pesquisas com o objetivo de verificar o desenvolvimento do alcance manual de lactentes a termo já estavam sendo desenvolvidas, inclusive no próprio NENEM. Deste modo, nos pareceu importante desenvolver um estudo que contribuísse para o maior conhecimento do desenvolvimento de lactentes de risco. Desta forma, a profa. Eloísa orientou-me a verificar o alcance manual em lactentes prematuros. Não sabíamos, entretanto, como estavam mundialmente às pesquisas referentes ao tema pensado. O resultado da primeira busca bibliográfica realizada foi uma surpresa: nenhum estudo científico publicado nas bases de dados pesquisadas. Sendo assim, confirmamos que realmente estávamos no caminho certo.

Mas estudar unicamente o desenvolvimento da habilidade de alcance em lactentes prematuros não satisfaz uma das minhas ansiedades enquanto fisioterapeuta, a pesquisa com métodos de intervenção. Desta forma, aproveitando o foco de pesquisas já desenvolvidas no NENEM, decidimos verificar também o efeito do peso adicional (acrescentados nos punhos) em lactentes prematuros.

No início, minha pretensão era estudar lactentes prematuros de alto risco, uma vez que seu desenvolvimento era significativamente mais atrasado que os lactentes a termo. Além disso, verificar como estes se comportavam frente a uma manipulação do contexto, como o peso, parecia-me adequado. No entanto, a profa. Eloísa orientou-me a iniciar nossas investigações com lactentes de baixo risco. Suas idéias estavam totalmente coerentes, uma vez que o estudo do desenvolvimento destes lactentes serviria como base para os futuros trabalhos desenvolvidos com prematuros de alto risco.

Desta forma, desenvolvemos um projeto de caráter longitudinal, no qual verificamos o desenvolvimento do alcance manual em dois grupos (a termo e pré-termo), sendo o pré-termo avaliado em duas idades (corrigida e cronológica), em três idades (5, 6 e 7 meses), três procedimentos (linha de base, peso e pós-peso) e com diversas variáveis (categóricas e contínuas).

Após a finalização da redação do projeto, percebemos que o mesmo era bastante ousado, ao considerar tantas variáveis dependentes e independentes. Mas a ousadia teve seu mérito, pois em maio de 2005 o projeto foi aprovado pela FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo). Outra consequência positiva do projeto foi a possibilidade de desenvolver não somente a dissertação do meu mestrado, mas também o desenvolvimento de uma monografia do CEIN, intitulada “O impacto de fatores mecânicos no alcance manual de lactentes pré-termo de 5 a 7 meses de idade” da aluna Maria Fernanda Eichenberger Romani, apresentada em julho de 2006; dois trabalhos de conclusão de curso da UFSCar, intitulados: “*Análise qualitativa do alcance em lactentes pré-termo com idade cronológica e corrigida*” da aluna Adriana Neves dos Santos, apresentado em novembro de 2007, e “*A influência da prematuridade nas habilidades motoras grossas e funcionais de crianças aos 36 meses de idade*” das alunas Nikelle Cassiolato de Lima e Maria Fernanda Pauletti Oliveira, apresentado em julho de 2010; outra dissertação de mestrado intitulada “*Desenvolvimento e efeito do peso adicional no comportamento exploratório manual de lactentes pré-termo tardios*” da aluna Daniele Almeida Soares a ser apresentada em fevereiro de 2011; e finalmente esta tese de doutorado.

Minha dissertação de mestrado foi defendida em 2007 com o objetivo de verificar o desenvolvimento das variáveis contínuas (cinemáticas) do alcance manual em lactentes a termo e pré-termo sem qualquer manipulação do contexto. Tal objetivo gerou o artigo intitulado “***The development of reaching behavior in low-risk preterm infants***”, publicado na revista *Infant Behavior & Development* em 2008.

A tese de doutorado, iniciada em meados de 2008, teve como objetivos verificar o desenvolvimento das variáveis categóricas do alcance manual em lactentes a termo e pré-termo (Estudo I); verificar a influência do peso adicional no alcance manual de lactentes pré-termo (Estudo II); e analisar a necessidade da correção da idade ao avaliar a habilidade de alcance (Estudo III).

O Estudo I, intitulado ***Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants***, foi aceito para publicação em dezembro de 2010 no *Journal of Motor Behavior*. Os Estudos II e III devem ser submetidos após a defesa do doutorado.

Entre a coleta de dados no mestrado e a defesa da tese do doutorado, muitas conquistas foram alcançadas, tanto pessoais quanto profissionais. Neste período eu conheci meu esposo, fui aprovada no concurso público da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no cargo de professor assistente do curso de fisioterapia, e me casei em janeiro de 2010.

Ao analisar esta fase da minha vida, fico com uma certeza: a de que todas as experiências e conhecimento adquiridos em todos estes anos no NENEM sob a orientação da profa. Eloísa, fizeram parte do meu amadurecimento e crescimento profissional e pessoal.

*E quem um dia irá dizer
Que existe razão
Nas coisas feitas pelo coração?
E quem irá dizer
Que não existe razão!*

*Eduardo e Mônica – **Legião Urbana***

Aline Martins de Toledo

CONTEXTUALIZAÇÃO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O alcance manual é uma importante habilidade motora, pois sua emergência é uma das primeiras fases do desenvolvimento motor voluntário durante a infância (FALLANG, et al., 2003). Por meio do alcance os lactentes aprendem sobre o ambiente e desenvolvem novas habilidades para controlar e modular seu padrão de movimento (CORBETTA, 1998), uma vez que possibilita suas primeiras explorações e manipulações independentes no ambiente contribuindo amplamente para o desenvolvimento motor (CORBETTA e BOJEZYK, 2002), social (FOGEL, DEDO e MCEWEN, 1992), perceptual (CORBETTA, THELEN e JOHNSON, 2000) e cognitivo (THELEN et al., 2001).

O desenvolvimento do alcance em lactentes a termo está bem documentado na literatura. Os primeiros movimentos de alcance, por volta dos 3 e 4 meses de idade, são tortuosos e não direcionados ao alvo, com uma trajetória sinuosa e compostos por variadas unidades de movimento, as quais são identificadas como diversas frações de aceleração e desaceleração do movimento (VON HOFSTEN, 1991) e o perfil da velocidade não está bem formado (ZAAL, et al., 1999). Há variabilidade dos ajustes proximais, até que um padrão de resposta predomine baseado na aprendizagem e repetições do movimento (FAGARD e LOCKMAN, 2005).

Após a realização consistente dos primeiros alcances, os lactentes modificam a maneira de realizar este movimento, o que envolve mudanças complexas e variados aspectos do movimento e da postura. Ao longo dos meses, os movimentos de alcance tornam-se mais regulares e suaves, com trajetória mais

retilínea (VON HOFSTEN, 1991; VAN DER HEIDE et al., 2003). A orientação da mão para a realização da apreensão passa a ser predominantemente vertical (FAGARD, 2000) e a frequência de apreensão dos objetos aumenta ao longo dos meses (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

Aos seis meses de idade, os lactentes parecem ajustar o movimento de alcance de acordo com a percepção espacial e as características físicas do objeto, tais como o tamanho e maleabilidade (VON HOFSTEN e RONNQVIST, 1988; ROCHA, SILVA e TUDELLA, 2006), a sua orientação (LOCKMAN, ASHNER e BUSNHEL, 1984) e o quanto o objeto é alcançável ou não (MACKENZIE et al., 1993). Nesta idade, o movimento de alcance de lactentes ocorre por diferentes atrações de acordo com as características do objeto, a qual demonstra planejamento e preparação para realização do alcance precoce. Por volta do 8º e 9º mês de idade, a trajetória da mão torna-se mais retilínea e suave e a alta variabilidade dos alcances precoces é reduzida (KONCZAK e DICHGANS, 1997; THELEN, CORBETTA e SPENCER, 1996).

Segundo Thelen e Spencer (1998), o aprendizado do movimento de alcance possui uma grande complexidade biomecânica e neural, na qual o lactente deve posicionar sua mão e visualizar o alvo específico em um espaço tridimensional. A trajetória do movimento de alcance deve ser produzida por uma atividade muscular que tanto suporta a gravidade quanto gera forças necessárias para mover a mão ao alvo.

Funcionalmente, as crianças enfrentam dois problemas no desenvolvimento do alcance. Primeiro, elas devem transportar a mão para alcançar o

alvo com sucesso. Em seguida, elas devem ajustar a mão para o objeto com a finalidade de realizar uma preensão. Ambos os problemas são complexos quanto à dinâmica que o braço deve adquirir e quanto à imaturidade relativa do sistema neuromuscular infantil. Frente a estes problemas os lactentes encontram soluções por meio de uma busca interativa com o meio em um processo de descobertas (BERTHEIR et al., 1999).

Outro fator importante envolvido no desenvolvimento do alcance refere-se ao controle postural. Segundo van der Fits et al. (1999) e van der Fits e Hadders-Algra (1998) o controle postural é um pré-requisito para a performance acurada dos movimentos de alcance mais fluente e maduro.

Além de toda esta complexidade que envolve o movimento direcionado dos membros superiores ao alvo, vários outros fatores influenciam e modificam a trajetória do alcance em lactentes. Dentre estes, destacam-se as restrições intrínsecas como idade (TOLEDO E TUDELLA, 2008; THELEN et al., 1993; ROCHA, SILVA e TUDELLA, 2006) e prematuridade (TOLEDO e TUDELLA, 2008), e extrínsecas, como as propriedades físicas dos objetos (ROCHA, SILVA e TUDELLA, 2006), a postura corporal (CARVALHO, TUDELLA e SAVELSBERGH, 2007) e o peso adicional (Out et al., 1997; ROCHA, et al., 2009).

Quanto às restrições intrínsecas, a prematuridade tem ganhado destaque dentre as populações de risco estudadas, devido ao aumento da sobrevivência destes lactentes e ao risco destes apresentarem atrasos no desenvolvimento motor. Vários estudos têm demonstrado que os lactentes pré-termo apresentam alterações quando comparado aos lactentes a termo em relação ao controle postural (VAN DER FITS,

et al., 1999; VAN DER HEIDE, et al., 2004; FALLANG, et al, 2003); aos movimentos de chutes dos membros inferiores (JENG, CHEN e YAU, 2002; PIEK e GASSON, 1999; FETTERS, et al., 2004); ao controle de cabeça, sucção e tônus muscular (HOWARD, et al., 1976); e alcance manual (TOLEDO e TUDELLA, 2008). Quanto às habilidades manuais, têm-se constatado que a qualidade do movimento de alcance apresenta-se inferior no lactente pré-termo quando comparado ao lactente a termo (PLANTINGA, PERDOCK e de GROOT, 1997; GORGA et al., 1988). No estudo de Toledo e Tudella (2008) foi constatado que lactentes pré-termo com idade corrigida apresentaram velocidade média menor e maior tempo para tocar o objeto após o pico da velocidade, quando comparados aos lactentes a termo. Apesar de tais estudos, o alcance ainda é pouco explorado na população de lactentes pré-termo e nenhum estudo foi encontrado na literatura pesquisada referente à como as variáveis categóricas (qualitativas) do alcance se comportam nestes lactentes.

Além das diferenças encontradas entre lactentes pré-termo e a termo, há relatos na literatura de diferenças entre os próprios prematuros, dependendo de sua condição de saúde, da idade gestacional (GORGA, STERN e ROSS, 1985; GORGA et al., 1988) e do uso da idade cronológica ou corrigida (MATILAINEN, 1987; ALLEN e ALEXANDER, 1989; RESTIFFE e GHERPELLI, 2006). O uso da correção da idade em lactentes pré-termo ainda é uma complexa questão que não foi resolvida por completo (LEMS, HOPKINS e SAMSOM, 1993). Desde a década de 30, quando Mohr e Bartelme (1930) introduziram a idéia de idade concepcional ajustar a idade pós-termo tem sido prática padronizada entre clínicos. Esta prática reflete uma tentativa de reduzir ou remover as diferenças no desenvolvimento motor decorrentes

do nascimento prematuro em relação ao nascimento a termo (WILSON e CRADOCK, 2004). Um dos primeiros estudiosos a apoiar o uso da correção da idade foram Gesell e Amatruda (1947). Estes autores consideravam que o desenvolvimento seria orientado pela maturação do sistema nervoso central e, portanto, a utilização da idade corrigida deveria ser aplicada pelo menos até o segundo ano de idade. Por outro lado, a preferência pela idade cronológica é baseada em uma perspectiva ambiental, a qual argumenta que fatores externos como, por exemplo, estimulação dos pais, cuidados médicos e qualidade do ambiente ao qual o lactente pré-termo está submetido, são muito importantes para o desenvolvimento infantil (WILSON e CRADOCK, 2004).

O uso da idade cronológica e/ou corrigida também tem um impacto clinicamente. Ao utilizar a idade corrigida há possibilidades de ocorrer uma superestimativa do nível da habilidade motora. Neste caso, a presença de eventual atraso seria negligenciada e os lactentes não receberiam a intervenção motora adequada, ou a receberiam tardiamente. No entanto, utilizar apenas a idade cronológica pode resultar numa sub-estimativa, onde alguns lactentes pré-termo seriam encaminhados para intervenção sem realmente necessitarem dela (SIEGEL, 1983; RESTIFFE e GHERPELLI, 2006).

Diversos estudos demonstram que os lactentes pré-termo com idade cronológica apresentam atrasos na aquisição das habilidades motoras quando comparados ao lactente a termo e, quando a idade é corrigida, estas diferenças desaparecem (PALISANO, 1986; ALEN e ALEXANDER, 1989; MATILAINEN, 1987). Uma importante limitação desses estudos é o foco na idade de aquisição de marcos

motores sem a identificação de possíveis ganhos na qualidade do movimento. Desta forma, analisar a necessidade da correção da idade em habilidades motoras funcionais torna-se essencial uma vez que estas consideram aspectos mais qualitativos do desenvolvimento motor.

Além dos aspectos destacados, outra limitação nos estudos referente a lactentes pré-termo diz respeito aos grupos de lactentes analisados. Há certa preocupação principalmente com lactentes de alto risco, por estes apresentarem diferenças no desenvolvimento, com relação ao a termo, mais visíveis. E desta forma, pouca atenção é dada aos lactentes de baixo risco ou tardios, ou seja, aqueles nascidos entre 34 e 36 semanas e 6 dias de idade gestacional. Embora estes lactentes sejam, em geral, considerados clinicamente similares a lactentes nascidos a termo, estruturalmente eles diferem entre si ao nascimento. De acordo com Adams-Chapman (2006) na 34ª semana de idade gestacional os tecidos neuronais, incluindo sulcos e giros, ainda estão imaturos e o peso cerebral é de apenas 65% do peso do lactente a termo.

Quanto às restrições extrínsecas que influenciam o alcance, o peso adicional tem importante relevância clínica, uma vez que contribui para o melhor entendimento da complexa adaptabilidade do lactente frente a influências ambientais, além de sua aplicabilidade terapêutica e facilidade de ser replicado. O uso do peso adicional tem sido explorado em diferentes habilidades motoras, como o chute (CHEN et al., 2002; VAAL et al. 2002; LANDGRAF e TUDELLA, 2008), marcha (ADOLPH e AVOLIO, 2000) movimentos de *fidgety* (movimentos circulares, de pequena amplitude, observados nos membros) (DIBIASE e EINSPIELER, 2004),

além do alcance (ROCHA, et al., 2009, VAN DER FITS e HADDERS-ALGRA, 1998; OUT, et al., 1997).

Apesar do crescente interesse nos efeitos do peso nas diferentes habilidades motoras de lactentes saudáveis, ainda não há na literatura um consenso sobre o seu real efeito. Há relatos que o peso altera a frequência de chutes (CHEN, et al., 2002; VAAL et al., 2000), aumenta a velocidade média e diminui o número de unidades de movimento do alcance (OUT, et al., 1997), levando a um movimento mais fluente, além de proporcionar um acoplamento entre os membros superiores em alcances bimanuais (ROCHA et al., 2009) em lactentes a termo saudáveis. Os estudos atribuem tais resultados, em parte, ao aumento da propriocepção e ativação neural causados pelo peso. Por outro lado, há evidências de que os movimentos *fidgety*, (DIBIASE e EINSPIELER, 2004), a amplitude da angulação de joelho e quadril e velocidade de pico durante movimento de chutes (VAAL, et al., 2002) e a velocidade média do membro superior durante o alcance (VAN DER FITS e HADDERS-ALGRA, 1998) não são alteradas pelo peso adicional. Tais controvérsias acontecem, provavelmente, pelos diferentes objetivos, metodologias, quantidade de peso e variáveis empregadas em cada estudo. Além disso, não foi encontrado na literatura pesquisada o efeito do peso adicional no alcance de lactentes prematuros.

Diante do exposto e baseando-se no pressuposto de que o alcance é fortemente influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos ao organismo (THELEN e FISHER, 1982; THELEN, FISHER e RIDLEY-JOHNSON, 1984), se faz necessário um estudo mais específico sobre o processo de desenvolvimento do alcance em

lactentes prematuros, assim como verificar determinados fatores que influenciam o mesmo.

Desta forma, o presente estudo tem os seguintes objetivos principais: analisar o desenvolvimento das variáveis categóricas do alcance (ajustes proximais, ajustes distais e prensão) em lactentes pré-termo e a termo; verificar o efeito do peso adicional nos punhos dos lactentes pré-termo; e verificar a necessidade da correção da idade no alcance em lactentes pré-termo. Para tanto os lactentes foram avaliados longitudinalmente na faixa etária de 5 a 7 meses.

Analisando o desenvolvimento das variáveis do alcance manual em lactentes pré-termo e comparando-as com lactentes a termo podem-se estabelecer padrões de normalidade e, assim, detectar precocemente possíveis atrasos nos lactentes pré-termo. Além disso, verificando o efeito do peso adicional na habilidade de alcance, determinadas condutas poderão ser empregadas na intervenção fisioterapêutica e na orientação aos pais de lactentes típicos e, principalmente, com distúrbios neuro-sensório-motores. Quanto ao uso da correção da idade, acredita-se que avaliar a necessidade do uso da correção da idade no alcance manual poderá auxiliar profissionais e pesquisadores na tomada de decisão clínica quanto a qual idade considerar ao avaliar esta habilidade em lactentes pré-termo.

MATERIAIS E MÉTODOS

2 MÉTODOS

2.1 DESENHO EXPERIMENTAL

O presente estudo foi de caráter longitudinal, de natureza aplicada e com objetivos experimentais.

2.2 PARTICIPANTES

2.2.1 Composição da Amostra

A amostra dos sujeitos do presente estudo foi de conveniência, sendo selecionados inicialmente 147 sujeitos (89 lactentes a termo e 58 pré-termo). Após a seleção dos sujeitos, realizada com base nas informações contidas nos prontuários médicos dos lactentes e consulta aos médicos neonatologistas, a pesquisadora ligava para os responsáveis convidando-os para participar da pesquisa. Dos 147 elegíveis, 68 não concordaram em participar da pesquisa, 18 não tinham o contato telefônico em seus prontuários, 30 não compareceram na primeira avaliação e 31 não moravam em São Carlos e não poderia desta forma vir para as avaliações mensais. Participaram 47 lactentes na avaliação aos 5 meses de idade. Destes, 02 ficaram doentes e 3 não compareceram na segunda avaliação. Dos 41 restantes (participantes da avaliação aos 6 meses), 5 ficaram doentes, 5 não compareceram na terceira avaliação e 2 mudaram-se de São Carlos. Desta forma, houve uma perda

da amostra de 118 lactentes, permanecendo 29 lactentes avaliados no período de 5 a 7 meses de idade. Do total de 29 lactentes avaliados dos 5 aos 7 meses de vida, 9 eram pré-termo e 20 a termo. Na tentativa de igualar o número de lactentes em ambos os grupos, foram incluídos na análise estatística desta tese 10 lactentes a termo e 9 lactentes pré-termo. Os lactentes a termo foram submetidos a um sorteio para definir quais entrariam na análise estatística.

É importante destacar que os lactentes eram buscados em suas residências juntamente com o responsável para a avaliação no Laboratório de pesquisa.

O percurso da composição da amostra do estudo encontra-se na Figura 1.

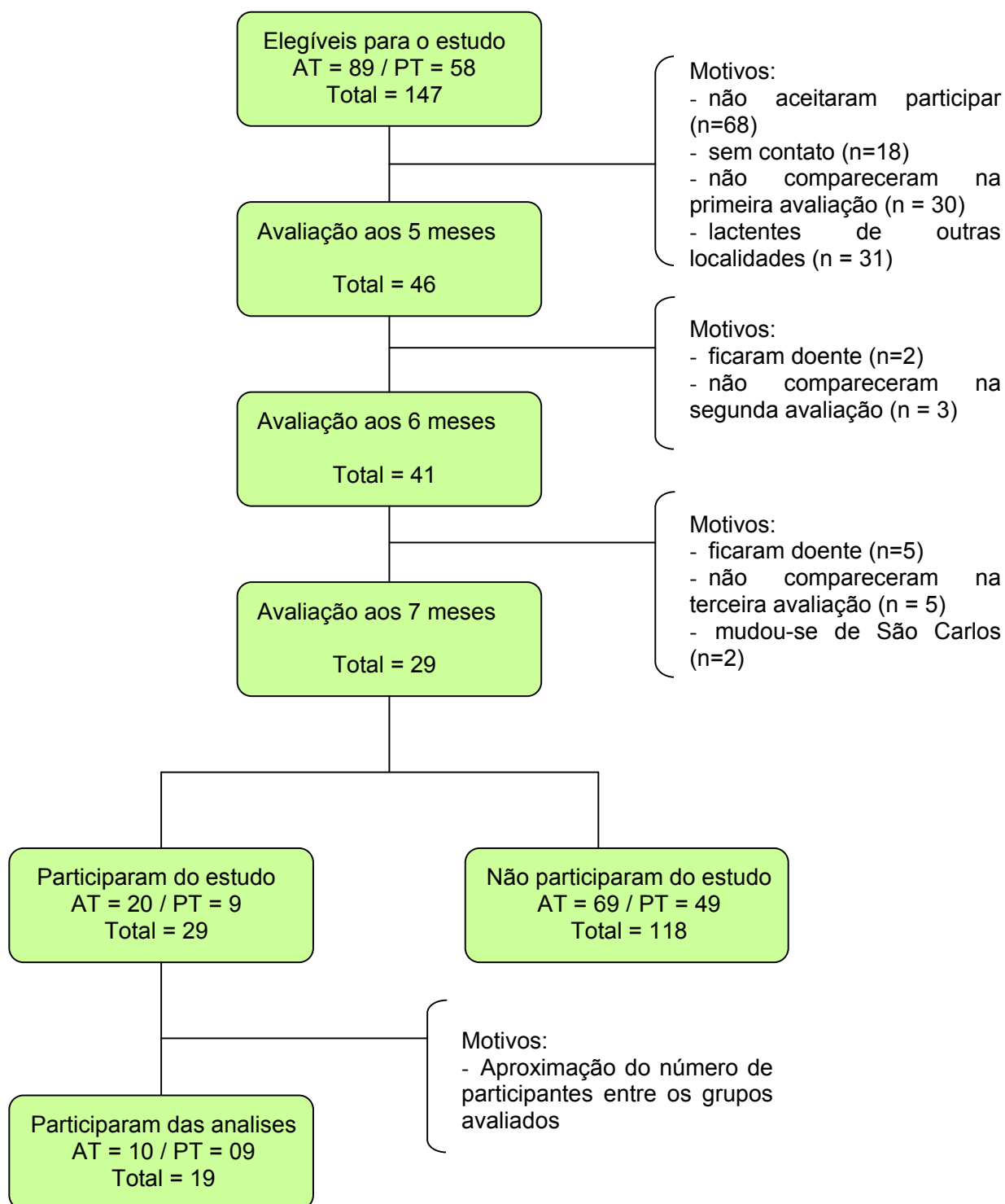


Figura 1. Percurso da composição da amostra do estudo (n=19)

2.2.2 Amostra Final

Participaram do estudo 9 lactentes pré-termo tardios com idade gestacional mínima de 34 semanas e máxima de 36 semanas e 6 dias e com peso médio ao nascimento de 2,960 Kg.

Para o grupo controle, participaram 10 lactentes a termo, com idades gestacionais mínima e máxima respectivas de 38 e 42 semanas e peso médio ao nascimento de 3,363 Kg. A caracterização dos participantes do estudo encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos participantes

Grupo	Número participantes	Sexo		IG* (semanas)	PN* (gramas)	Apgar	
		Fem*	Masc*			1º min	5º min
Pré-termo	9	4	5	35.6 (±0,5)	2.9 (±0.25)	8.2 (±0.7)	9.3 (±0.5)
A termo	10	6	4	39 (±0,73)	3.3 (±0.14)	8.2 (±0.5)	9.6 (±0.5)

* Sexo: Fem = feminino; Masc = masculino / IG = idade gestacional / PN = peso ao nascer

O nível de escolaridade das mães de ambos os grupos encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização do nível de escolaridade materna em ambos os grupos em frequências brutas.

Grupo	Nível de Escolaridade Materna		
	Fundamental	Médio	Superior
Pré-termo	1	6	2
A termo	1	7	2

2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram elegíveis para o presente estudo lactentes classificados como prematuros tardios, ou seja, nascidos de 34 a 36 semanas e 6 dias de idade gestacional (ENGLE, TOMASHEK e WALLMAN; 2009), classificados segundo peso e altura como adequados para idade gestacional, com baixo risco de lesão neurológica, tais como hemorragias peri ou intra-ventriculares e lesões hipóxicas-isquêmicas. No grupo controle, foram incluídos lactentes saudáveis nascidos a termo (38-41 semanas e 6 dias de idade gestacional), com peso ao nascimento não inferior a 2.500 gramas.

Em ambos os grupos, os pais ou responsáveis autorizaram a participação de seus (as) filhos (as) através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 1).

2.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídos do estudo lactentes considerados de alto risco, tais como: (1) anoxiados; (2) sinais de comprometimento neurológico (por exemplo, encefalopatias hipóxica-isquêmicas graus: I, II e III, hemorragia intracraniana e convulsões neonatais); (3) malformações congênitas (por exemplo, mielomeningocele e acondroplasias); (4) Síndromes (por exemplo, Síndrome de Down); (5) alterações sensoriais (visuais e auditiva); (6) dificuldades cardio-respiratórias, (7) comprometimento ortopédico; (8) complicações pré-natais; (9) hiperbilirrubinemia; (10) retinopatia da prematuridade. Foram também excluídos os lactentes que não comparecerem para a primeira avaliação na data determinada.

Além disso, foram excluídos do grupo a termo lactentes com peso ao nascimento inferior a 2.500 gramas e Apgar abaixo de 8 e 10 no primeiro e quinto minutos, respectivamente. Para o grupo pré-termo foram excluídos os lactentes que apresentarem peso inferior ou superior ao adequado para a idade gestacional; e idade gestacional inferior a 34 ou superior a 36 semanas e 6 dias.

Os prontuários e médicos neonatologistas foram consultados, antes de considerar o lactente elegível para a amostra, em relação aos critérios de seleção ou não-inclusão dos lactentes no estudo segundo os fatores de risco anteriormente descritos.

2.5 CRITÉRIOS DE DESCONTINUIDADE

Foram desligados do estudo aqueles lactentes que não compareceram em alguma das avaliações e aqueles que apresentaram intercorrências que pudesse comprometer o desenvolvimento neuro-sensório-motor normal (por exemplo: pneumonias recorrentes, infecção renal e intestinal).

2.6 COLETA DE DADOS

Os lactentes foram avaliados no Laboratório de Pesquisa e Análise do Movimento (LaPAM) (sala de dimensões 5,0 x 4,5 metros) do Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade (NENEM) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (DFisio/UFSCar).

2.7 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

2.7.1 Equipamentos e materiais para aquisição, registro e análise dos dados

Primeiramente, os pais autorizaram a participação de seus filhos (as) no estudo por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foi utilizado um protocolo constando dados dos prontuários médicos do RN e das mães dos lactentes selecionados para a obtenção de informações referentes aos critérios

de inclusão do lactente no estudo (ANEXO II). Além disso, utilizou-se um cartão de agendamento constando data, horário e local da avaliação (ANEXO III).

Para manter a sala de avaliação em temperatura adequada (28 a 29° C) foi utilizado um ar-condicionado quente-frio (Split Sistem – Springer Carrier Innovare de 12.000 Btu's) e a aferição da temperatura foi realizada por meio de um termômetro de mercúrio graduado em Celsius, de -10 à + 50 (Boeco Germany; TFX392L). Referente à luminosidade, foram utilizados dois iluminadores com tripé Unitek (com lâmpada de 500W). O registro do peso e da estatura do lactente foi feito através de uma balança (Filizola) e de uma régua antropométrica infantil (Taylor). Os lactentes foram posicionados em uma cadeira, na qual um sistema de regulação permitiu com precisão a angulação de inclinação (Figura 2). Foi realizada a calibração do sistema de coordenadas (X,Y,Z) do laboratório, com a utilização de seis fios de prumo com 25 pérolas em cada fio, distanciadas a 5 cm uma das outras. Para o registro do tempo de exposição do objeto foi utilizado 1 cronômetro digital (Mondaine). Braceletes de tecido foram confeccionados pela pesquisadora de forma a permitir a colocação ou retirada de bolinhas de chumbo para atingir o peso de 20% da massa (Out, et al, 1997) do membro superior do lactente. Além disso, foram utilizados marcadores de 0,5 centímetros de diâmetro. A fixação dos marcadores no lactente foi realizada com fita hipoalérgica. Para registro dos dados foram utilizadas quatro câmeras de vídeo digitais JVC (modelo GY DV-300) e uma Sony (DCR-TRV30), acopladas a tripés.

As imagens foram capturadas por um computador (Pentium 4, 512MB), através do *software* Adobe Premier® 6.3 e digitalizadas utilizando o Sistema

Dvideow® 5.0 (FIGUEROA, LEITE e BARROS, 2003). Posteriormente, para a filtragem dos resultados lançados pelo Dvideow e cálculo das variáveis contínuas foi utilizado o software Matlab – versão 6.1.



Figura 2 - Cadeira infantil para o posicionamento dos lactentes

2.7.2 Materiais de Consumo

A estimulação do alcance foi realizada por meio de um objeto, sendo este maleável, de látex e atrativo e sem estímulo sonoro. Caso o lactente não se interesse pelo objeto oferecido, um segundo objeto, do mesmo tipo foi apresentado (Figura 3).



Figura 3 - Objetos utilizados durante o experimento

Foram utilizados álcool e toalha para realizar a limpeza da cadeira, do tablado e da balança pediátrica.

2.8 PROCEDIMENTOS GERAIS

Serão descritos inicialmente, os procedimentos referentes ao recrutamento dos participantes do estudo e subseqüentemente, o posicionamento das câmeras e a calibração do sistema, necessários para a reconstrução tridimensional do movimento.

O estudo está de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras das Pesquisas Envolvendo Humanos (Resolução 196/1996, do Conselho Nacional de Saúde), e obteve o parecer de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da UFSCar, parecer nº 041/2006 (Anexo IV).

Foi elaborado e entregue um ofício, nos postos de Saúde e na Maternidade Santa Casa de Misericórdia da cidade de São Carlos, contendo os

esclarecimentos da pesquisa e com o pedido de acesso aos prontuários das mães e recém-nascidos para que estes pudessem ser selecionados, respeitando os critérios de inclusão. Com bases nos dados encontrados nos prontuários, os pais foram contatados e informados da natureza do estudo e então convidados a participar do mesmo. Os pais que aceitaram participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os pais dos lactentes inclusos no estudo receberam um cartão de agendamento, constando datas, horários e local dos testes. Os lactentes e seu (s) responsável (is) foi (ram) buscados em suas residências de táxi e levados até o LaPAN para a avaliação.

Os lactentes foram avaliados mensalmente do 5º ao 7º mês de vida. No grupo pré-termo foram consideradas as idades cronológica e corrigida. As avaliações nos grupos a termo e pré-termo com idade cronológica coincidiram com a data de aniversário, com uma tolerância de mais ou menos 5 dias. As datas das avaliações no grupo pré-termo com idade corrigida foram obtidas pela subtração em semanas entre a idade gestacional e a termo (40 semanas). Antes da avaliação a examinadora preencheu do Protocolo para coleta de dados das mães e lactentes e questionou a mãe sobre quem passa a maior parte do tempo com o lactente, se o lactente é freqüentemente estimulado em casa, qual o objeto preferido do lactente e se este consegue alcançar um objeto sozinho em casa. Além disso, a examinadora se informou das condições gerais do lactente, tais como o estado comportamental e o horário da última amamentação. O teste foi realizado entre as alimentações (após 1h a 1h e 30 min) e não coincidiu com dias de vacinação. Os lactentes estavam no estado de alerta inativo, ou seja, estado 3 (com olhos abertos, sem choro e não

exibindo movimentos grosseiros), ou em estado de alerta ativo, ou seja, estado 4 (com olhos abertos, sem choro mas exibindo movimentos grosseiros), segundo a Escala Comportamental de Prechtl e Beintema (1964). Caso o lactente não estivesse colaborativo, apresentando choro ou inquietação, a avaliação foi interrompida. O lactente foi acalmado e o teste reiniciado. Permanecendo o lactente inquieto, foi marcada uma outra data determinada pelo examinador e o responsável pelo lactente. Todos estes cuidados foram necessários para não influenciarem no padrão de respostas dos lactentes.

O ambiente, onde foi aplicado o teste, estava silencioso e a temperatura a 29° C, com luminosidade adequada para a realização da filmagem. Para acentuar o contraste entre os marcadores e o plano de fundo da imagem, facilitando a busca automática dos marcadores pelo sistema Dvídeow, as paredes do LaPAM são revestidas com tecido preto e as janelas com insulfilme.

Para obter as medidas antropométricas do lactente, estes foram despídos pela mãe e a examinadora realizou as seguintes medidas: peso corporal (gramas), comprimento braço (distância do acrômio à linha articular do cotovelo, em centímetros) e antebraço (distância da linha articular do cotovelo à do punho, em centímetros), circunferência do antebraço terço proximal (em centímetros), circunferência do antebraço terço distal (punho), (em centímetros) e largura da mão (distância transversal entre o segundo e quinto metacarpo, em centímetros) (Figura 4). Para o cálculo da massa do membro superior foram utilizadas somente as medidas peso, comprimento do braço, circunferência do braço, comprimento do antebraço, circunferência do antebraço e largura da mão.

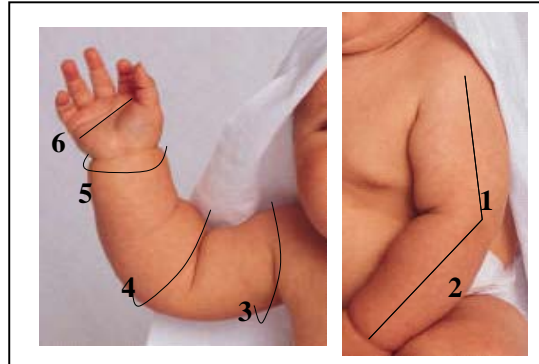


Figura 4. Ilustração das medidas antropométricas dos membros superiores:

1) comprimento do braço; 2) comprimento do antebraço; 3) cirtometria do braço; 4) cirtometria do antebraço terço proximal; 5) cirtometria do antebraço terço distal (punho); 6) largura da mão

Os dados antropométricos foram plotados no programa Excel, para que a massa do membro superior fosse calculada pela equação de regressão de Schneider e Zernicke (1992). Na tabela 3 pode-se visualizar os dados antropométricos dos grupos em cada idade avaliada.

Tabela 3 - Dados antropométricos (em centímetros) dos grupos em cada idade

Grupo	Idade	Peso	Compr. Braço**	Circunf. Braço**	Compr. Antebraço**	Circunf. Antebraço**	Larg. Mão**
PTcic*	5	7.426 (±0.977)	11.056 (±0.007)	15.667 (±0.007)	9.833 (±0.004)	14.722 (±0.009)	4.500 (±0.004)
	6	7.818 (±1.013)	11.278 (±0.006)	15.889 (±0.005)	10.167 (±0.006)	15.056 (±0.008)	4.622 (±0.004)
	7	8.192 (±1.023)	11.500 (±0.006)	16.278 (±0.005)	10.333 (±0.006)	15.111 (±0.008)	4.667 (±0.004)
PTicro*	5	7.016 (±1.078)	10.611 (±0.006)	15.556 (±0.009)	9.611 (±0.005)	14.333 (±0.01)	4.333 (±0.003)
	6	7.407 (±0.935)	11.056 (±0.006)	15.611 (±0.006)	9.778 (±0.004)	14.667 (±0.008)	4.389 (±0.006)
	7	7.781 (±0.989)	11.222 (±0.004)	15.889 (±0.008)	10.111 (±0.004)	15.056 (±0.008)	4.611 (±0.002)
AT*	5	7.380 (±0.814)	10.250 (±0.790)	16.100 (±1.100)	9.300 (±0.632)	14.850 (±0.747)	4.550 (±0.437)
	6	7.838 (±0.828)	11.090 (±0.652)	16.400 (±0.699)	9.700 (±0.586)	15.100 (±0.875)	4.700 (±0.349)
	7	8.332 (±0.821)	11.450 (±0.598)	16.550 (±0.761)	9.900 (±0.567)	15.400 (±0.843)	4.850 (±0.241)

***Grupos:** PTcic = pré-termo com idade corrigida / PTicro = pré-termo com idade cronológica / AT = a termo.

****Medidas:** Compr. Braço = comprimento do braço / Circunf. Braço = circunferência do braço / Compr. Antebraço = comprimento do antebraço / Circunf. Antebraço = circunferência do antebraço / Larg. Mão = largura da mão

A partir deste cálculo, obteve-se 20% da massa total do membro para que fosse adicionado peso ao bracelete que foi fixado nos punhos dos lactentes. O peso do bracelete em cada mês avaliado pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4 - Peso médio (± desvio padrão) do bracelete em cada mês analisado.

Grupo	Peso bracelete (gramas)		
	5 meses	6 meses	7 meses
PT	73.9 (±9.3)	78.9 (±8.1)	82.9 (±8.0)
AT	74.7 (±9.1)	81.3 (±7.7)	85.3 (±7.8)

2.9 POSICIONAMENTO DAS CÂMERAS

As câmeras filmadoras foram posicionadas de modo que os marcadores fossem visíveis ao longo dos movimentos de alcance. Foram utilizadas 5 câmeras para a análise das variáveis do estudo. Para a análise das variáveis contínuas foram utilizadas quatro câmeras posicionadas perpendiculares à cadeira. Duas câmeras foram posicionadas antero-lateralmente (cada uma de um lado) e duas postero-lateralmente a cadeira (cada uma de um lado). A altura da lente da câmera em relação ao chão foi de aproximadamente 1,4 metros (LANDGRAF e TUDELLA, 2008). A quinta câmera foi utilizada para a análise das variáveis categóricas, estando posicionada póstero-superiormente à cadeira (Figura 5). Os iluminadores foram direcionados para a parede e difusores foram utilizados, de maneira que, tanto o lactente quanto os marcadores nele afixados fossem iluminados indiretamente, para que a luz direta não interferisse no comportamento do lactente. As filmadoras foram acionadas por uma auxiliar de pesquisa.



Figura 5- Arranjo Experimental

2.10 SISTEMA DE CALIBRAÇÃO

Foi utilizado o sistema de calibração usado por Landgraf e Tudella (2008), composto por seis fios de aço, de 2,30 metros de comprimento, dispostos de modo a

formar um retângulo no centro da sala. Na extremidade inferior de cada fio foi fixado um cone de chumbo de 400 gramas. Ao longo dos fios foram fixados 25 marcadores do tipo pérola de bijuteria (0,5 centímetros de diâmetro), a uma distância de 5 centímetros entre eles, conforme demonstrado na Figura 6. As coordenadas XYZ foram aferidas utilizando-se de um teodolito mecânico com precisão de 1' e uma trena de 3 metros com graduação em milímetros. Foi realizado um teste de acurácia, garantindo uma precisão de 2 milímetros.

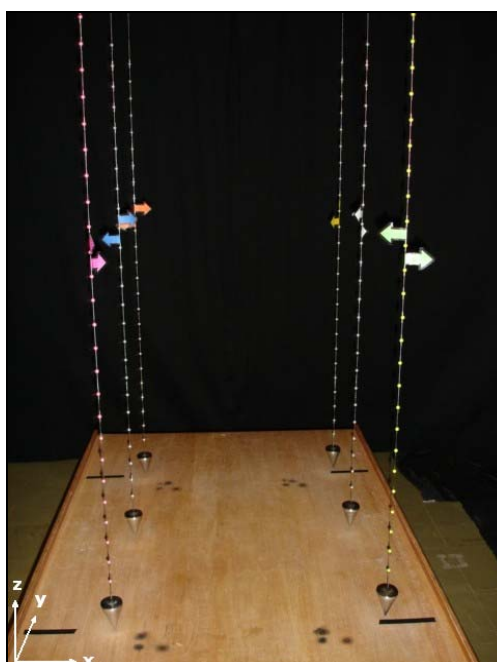


Figura 6 - Sistema de calibração.

Após a conferência da posição e altura de cada câmera, foi realizada a calibração do sistema que consistia nos seguintes procedimentos: a) as câmeras eram programadas para controle manual para que, dessa forma, fosse possível ajustar o balanço de branco, o foco e a velocidade de abertura do obturador das

câmeras, de acordo com a iluminação utilizada e a precisão desejada; b) o enquadramento da imagem e os ajustes eram realizados estando a câmera conectada a uma televisão de 29 polegadas para, minimizarmos possíveis distorções de imagem caso tomássemos como referência apenas o *display* da câmera. Com o encosto da cadeira de avaliação inclinada a 50° da horizontal (VON HOFSTEN 1982, 1984), as imagens das quatro filmadoras foram devidamente enquadradas, de maneira que os seis fios fossem visualizados e que o foco estivesse ajustado. Estando todos os parâmetros ajustados, a cadeira foi retirada para que somente os fios fossem filmados. Os fios de prumo com os marcadores foram filmados por um período de um a cinco segundos, a uma frequência de 60 Hz.

Após, os fios foram recolhidos e a cadeira foi novamente posicionada sobre o tablado. O número, nome, idade do lactente e a data da avaliação foram filmados para cada câmera. As câmeras permaneciam ligadas até a finalização da avaliação para que os ajustes feitos na câmera não se alterassem, garantindo a fidedignidade das medidas aferidas.

Para facilitar a análise da calibração no momento da reconstrução tridimensional do movimento, foi utilizada uma ficha de Registro para Calibração (Anexo V) na qual era descrito quais marcadores em cada fio estava sendo visualizado por cada câmera.

2.11 SISTEMA DE MARCADORES

Os marcadores foram usados com o objetivo de tornar conhecidas a posição e a orientação dos segmentos corporais num espaço tridimensional.

Para aquisição dos dados foi adotado o sistema de marcas anatômicas, no qual os marcadores foram posicionados sobre as superfícies anatômicas dos centros articulares do ombro na borda externa do acrômio, no epicôndilo lateral do cotovelo e na região dorsal do carpo entre os processos estilóides da ulna e do rádio (OUT et al., 1997; CARVALHO, TUDELLA e BARROS, 2005). Para a utilização do bracelete, o marcador foi costurado no mesmo (Figura 7). Para as análises realizadas nesta tese foi realizada a reconstrução tridimensional apenas do marcador da região dorsal do carpo.



Figura 7. Bracelete com o marcador

2.12 PROCEDIMENTO DE TESTE

Para a análise do comportamento da habilidade manual de alcance, os lactentes permaneceram apenas com a fralda e foram afixados os marcadores.

Após, os lactentes foram posicionados na cadeira infantil com o encosto reclinado a 50° (VON HOFSTEN, 1982; BERGMEIER, 1992; TOLEDO e TUDELLA, 2008). A cadeira promove estabilidade da cabeça, tronco e quadril, porém permite liberdade de movimentos aos membros superiores e inferiores. Foi também utilizada uma faixa de pano, de 15 cm de largura, na altura dos mamilos para melhor estabilidade de tronco. Um intervalo de 10 segundos foi permitido para que o lactente se adaptasse a situação. Neste intervalo foi disparado um “flash” com uma câmera fotográfica para que fosse realizada a sincronização entre as câmeras.

A estimulação do alcance foi realizada por meio de um objeto atrativo, não-sonoro, de borracha, maleável, não familiar ao lactente, com aproximadamente 05 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento. O objeto foi orientado sempre ao longo de seu comprimento.

Os lactentes foram avaliados em estado de alerta inativo ou ativo (PRECHTL e BEINTEMA, 1964), em três condições experimentais aplicados exatamente na seguinte seqüência:

a) Procedimento 1 (P1): o objeto foi exibido pelo examinador, que estava posicionado à frente do lactente, e apresentado durante 2 minutos na linha média, na altura do ombro, na distância do comprimento dos braços do lactente até a altura do

punho (TOLEDO e TUDELLA, 2008; TOLEDO, SOARES E TUDELLA, 2011). A examinadora chamou a atenção do lactente para o objeto, movimentando-o momentaneamente, para que o lactente o percebesse e realizasse o alcance. Após o alcance, o objeto era cuidadosamente retirado (ou apanhado) e reapresentado a fim de eliciar um novo alcance. O intervalo entre as reapresentações do objeto foi de aproximadamente 5 segundos. Assim, o número total de alcances dependeu do lactente.

b) Procedimento 2 (P2) – Peso Adicional: As condições experimentais deste procedimento foram similares ao Procedimento 1, no entanto foi adicionado, em ambos os punhos, um bracelete com peso correspondente a 20% da massa total do membro do lactente. Esta porcentagem foi obtida pela equação de regressão (SCHNEIDER e ZERNICKE, 1992). O objetivo deste procedimento foi verificar o efeito do peso nas variáveis analisadas. A Tabela 4 apresenta o peso médio utilizado em cada mês estudado.

c) Procedimento 3 (P3) – Pós-Peso: As condições experimentais deste procedimento foram idênticas ao Procedimento 1. Este procedimento tem como objetivo verificar o efeito imediato da retirada do peso nas variáveis analisadas.

2.13 SISTEMA DE ANÁLISE

Foi definido como alcance quando o lactente localizava o objeto no espaço, fixava o olhar sobre ele e realizava o movimento com um ou ambos os membros superiores em direção ao alvo, até tocá-lo. O início do alcance foi estabelecido como sendo o quadro que mostrava o primeiro movimento de um ou ambos os membros superiores em direção ao objeto. O final do alcance foi determinado como o quadro no qual qualquer parte da mão do lactente tocava o objeto. Primeiramente, foi estabelecido o final do alcance, de modo que este era mais fácil de ser localizado, além de ser o quadro que determinava a sincronização das filmagens, em determinados casos. A partir disso, voltava-se o filme para definir o início do alcance que, por ser um movimento sutil, era mais difícil de ser determinado. Este procedimento foi semelhante ao adotado nos estudos de Thelen, Corbetta e Spencer (1996), Out et al. (1997) e Fallang, Saugstad e Hadders-Algra (2000). O início e final de alcance foi realizado visualmente. Para o registro do início e final do alcance em cada câmera utilizou-se uma ficha de Análise dos Quadros das Câmeras (Anexo VI).

A análise dos dados foi concentrada em alcances que o lactente mostrava fixação de olhar no objeto e então direcionava o membro superior ao objeto. O alcance foi excluído quando o lactente apresentava choro ou irritação durante a realização do movimento; quando o lactente iniciou o movimento do braço com a mão próxima ao objeto e, quando um dos marcadores não foi visualizado por uma das câmeras por mais de 10% do tempo total de alcance (KONCZAK e DICHGANS, 1997).

Foi realizada a reconstrução tridimensional do movimento do membro superior do lactente que tocou o objeto, a partir da análise das imagens referentes às câmeras situadas lateralmente à cadeira. Para analisar os alcances realizados com a mão esquerda, foram utilizadas as duas câmeras localizadas do lado esquerdo da cadeira (Figura 8) e, para analisar os alcances realizados com a mão direita, foram utilizadas as duas câmeras localizadas do lado direito da cadeira (Figura 9). Nos alcances realizados com ambas as mãos analisou-se a mão que primeiro tocou o objeto.

Com o intuito de facilitar o registro dos alcances realizados com a mão direita ou esquerda, ao analisar as câmeras posicionadas do lado direito do lactente, por exemplo, foi registrado em uma ficha de Análise de Registro de Alcances (Anexo VII) se haviam movimentos realizados com a mão esquerda e em que momento estes movimentos ocorriam.



Figura 8 - Alcance realizado com a mão esquerda

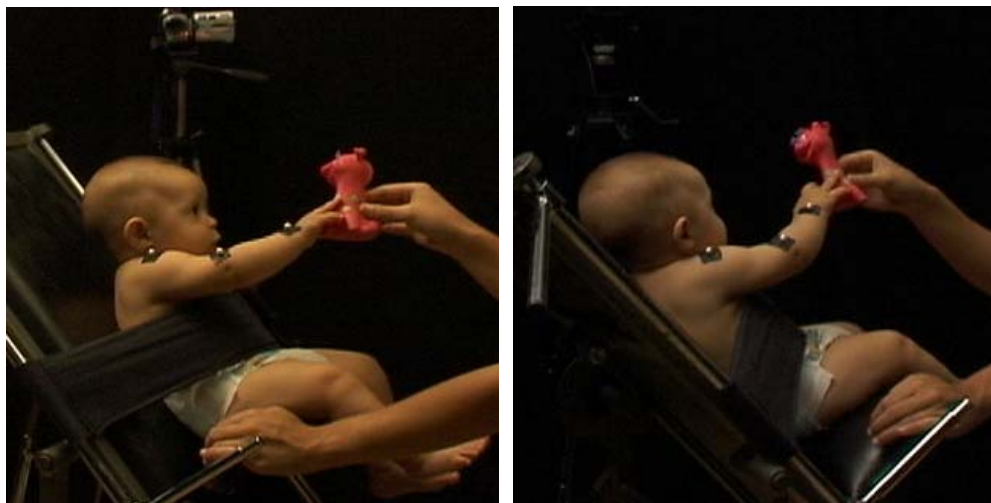


Figura 9 - Alcance realizado com a mão direita.

A Figura 10 demonstra o rastreamento do marcador do punho de um alcance realizado com a mão direita no Procedimento B (uso do bracelete com peso).



Figura 10 - Alcance realizado com o uso de bracelete no punho

A imagens capturadas da câmera situada pósterio-superiormente à cadeira (câmera 5) foram utilizadas para a realização da análise qualitativa dos movimentos de alcance. A Figura 11 demonstra uma imagem capturada pela câmera 5.



Figura 11 - Imagem capturada pela câmera situada pósterio-superiormente à cadeira.

2.14 ANÁLISE DOS DADOS

A análise do alcance foi realizada por meio da reconstrução tridimensional do movimento pelo deslocamento das marcas afixadas nos centros articulares dos membros superiores, utilizando-se o Sistema Dvídeow. Esse sistema oferece como resultados as coordenadas X, Y e Z de cada marca afixada, em cada quadro do movimento capturado. A partir disso, foi utilizado o programa Matlab com o objetivo de filtrar esses dados (filtro do tipo Butterworth digital de 4ª ordem, passa baixo de 6 Hz). As rotinas do Matlab foram, então, aplicadas nas coordenadas dos movimentos,

e calculadas as variáveis espaço-temporais. Além da análise de reconstrução tridimensional, os movimentos de alcance também foram analisados por meio de variáveis categóricas. Para tanto, foi utilizada uma ficha denominada Análise das Variáveis Categóricas (Anexo VIII) contendo todas as categorias das variáveis analisadas assim como o quadro de início e final do movimento.

2.15 VARIÁVEIS

2.15.1 Variáveis categóricas: as variáveis categóricas (qualitativas) foram analisadas por meio das imagens obtidas da câmera 5 (posicionada supero-posteriormente a cadeira). Foram verificados alcances unimanual ou bimanual (ajustes proximais); abertura das mãos e orientação das mãos (ajustes distais) e preensão.

- **Ajustes proximais:** considerados como a iniciativa de direcionar um ou ambos os membros superiores ao alvo apresentado. Foram considerados os seguintes ajustes proximais:

a) Ajuste Unimanual: quando o lactente deslocava somente um dos membros superiores em direção ao alvo (CORBETTA, THELEN e JOHNSON, 2000) (Figura 12), ou se ambos os membros saíssem em direção ao objeto, com uma diferença superior à 20 quadros do início do movimento de um membro para o outro (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011). Considerou-se ainda, quando um dos membros superiores realizava o alcance do objeto, o outro ficava parado ou

produzindo pequenos movimentos que não fossem orientados ao objeto (COBERTTA e THELEN, 1996);



Figura 12. Alcance Unimanual

b) Alcance Bimanual: quando o lactente estendesse simultaneamente os membros superiores em direção ao alvo (COBERTTA, THELEN e JOHNSON, 2000) (Figura 13), ou quando os membros superiores saíssem da posição inicial com atraso igual ou inferior a 20 quadros de uma mão em relação à outra (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011). Além disso, as mãos deveriam deslocar simultaneamente até pelo menos a metade do arco de movimento (50% da trajetória). O toque poderia ser com ambas as mãos simultaneamente, ou com toque inicial da mão direita ou esquerda.



Figura 13. Alcance Bimanual

- **Ajustes distais**: considerados os ajustes realizados pelas mãos e dedos durante a trajetória do movimento. Foram avaliados os seguintes ajustes distais:

a) Orientações da Palma da Mão: que diz respeito à posição da mão no momento do toque do objeto e no momento da preensão. Considerou-se como toque o primeiro sinal de deslocamento do objeto, ou quando ocorresse a deformação desse (por exemplo, objetos de látex). Foi considerado como preensão quando os dedos fletiram e agarraram o objeto. Baseadas na orientação da palma da mão estas foram classificadas em: *horizontal* – quando o antebraço estivesse em pronação, com a palma da mão voltada para baixo (Figura 14a); *vertical* – quando o antebraço estivesse em posição neutra e a palma da mão orientada para a linha média do corpo do lactente (Figura 14b); e, *oblíqua* – quando a mão estivesse em posição intermediária em relação às outras duas supracitadas (FAGARD, 2000; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011);

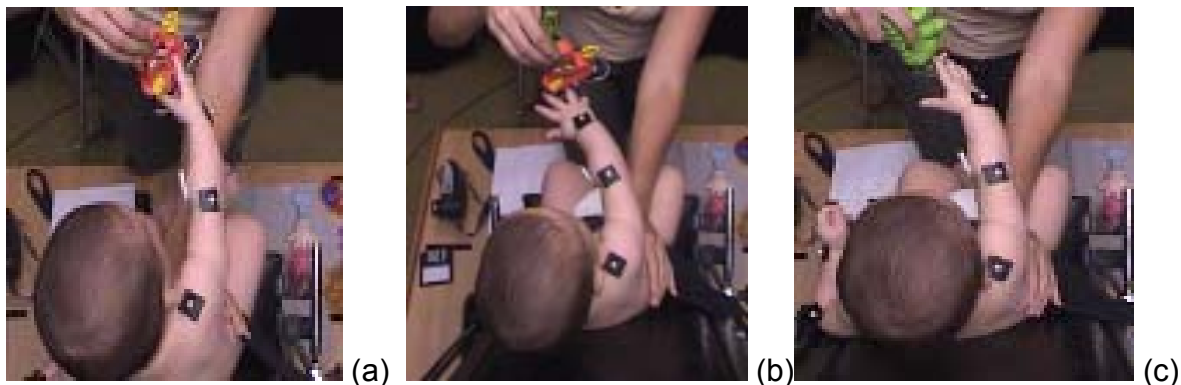


Figura 14. Alcances realizados com a mão verticalizada (a), horizontalizada (b) e oblíqua (c).

b) Abertura da mão, diz respeito à posição dos dedos no início e no momento do toque do objeto. Foi considerada: *mão aberta* quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estivessem estendidas (Figura 15a); *mão semi-aberta* quando as articulações metacarpofalangeanas estavam fletidas (independentemente do grau de flexão), enquanto as articulações interfalangeanas estivessem estendidas, ou ainda, quando as metacarpofalangeanas estivessem estendidas e as interfalangeanas fletidas (independentemente do grau de flexão) (Figura 15b); e *mãos fechadas* quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estivessem fletidas (Figura 15 c) (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

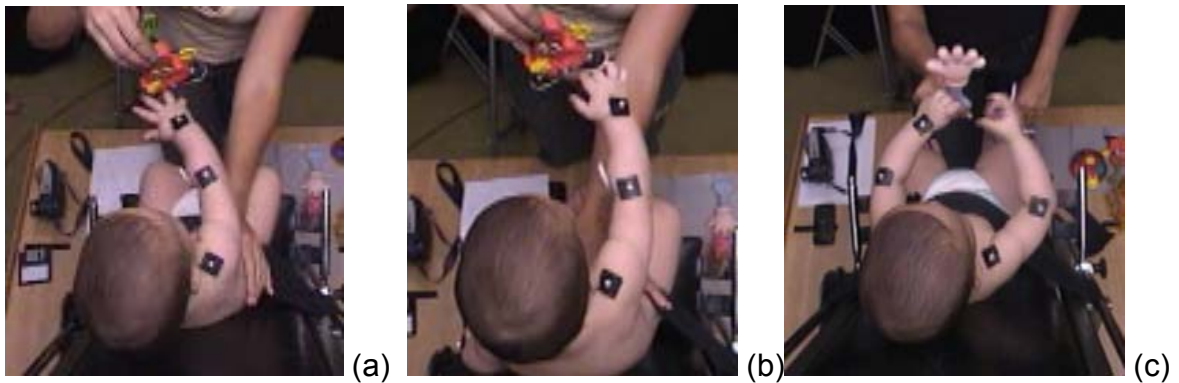


Figura 15. Alcance realizado com a mão aberta (a), semi-aberta (b) e fechada (c)

- **Preensão**: foi considerada *preensão com sucesso* quando o lactente conseguisse tocar e apreender o objeto ou parte dele com uma ou ambas as mãos. A *preensão sem sucesso* foi determinada quando o lactente conseguisse tocar o objeto, mas não apreendê-lo (FAGARD, 2000; TOLEDO e TUDELLA, 2008).

2.15.2 **Variáveis contínuas**: índice de retidão; velocidade média e unidades de movimento.

- **Índice de retidão**: obtido pela razão entre a distância percorrida pela mão e a menor distância que poderia ser percorrida nesta trajetória. Quanto mais próximo de 1 for o índice, mais próximo de um segmento de reta terá sido a trajetória (THELEN, CORBETTA e SPENCER, 1996; TOLEDO e TUDELLA, 2008).

- **Velocidade média:** obtida pela razão entre a distância percorrida e o tempo gasto ao longo do movimento (MATHEW e COOK, 1990).

- **Unidade de movimento:** definida como a velocidade máxima entre duas velocidades mínimas, sendo a diferença maior que 1 cm/s (THELEN, CORBETTA e SPENCER, 1996). A velocidade foi obtida pela norma do vetor, a qual é calculada pela raiz quadrada da soma dos quadrados do vetor velocidade em X, Y e Z. Para cada alcance realizado pelo lactente foi verificada a frequência de unidades de movimento em cada idade, gerando uma frequência média de unidades de movimentos.

2.1.6 ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Para atender os objetivos desta tese, três estudos foram desenvolvidos. O Estudo I, aceito para publicação no *Journal of Motor Behavior*, teve como objetivo investigar o desenvolvimento de ajustes proximais e distais do alcance de lactentes pré-termo de baixo risco na faixa etária de 5 a 7 meses de vida. O objetivo do Estudo II foi verificar como o alcance se comporta frente à perturbação do peso adicional e o efeito da sua retirada imediata em lactentes pré-termo de baixo risco, na faixa etária de 5 a 7 meses de idade. Este objetivo foi investigado por meio da análise das variáveis contínuas (índice de retidão, velocidade média e unidades de movimento) e da variável categórica preensão do alcance. E finalmente, o Estudo III, ainda em

elaboração, teve por objetivo avaliar o alcance de lactentes pré-termo de baixo risco nas idades cronológica e corrigida com o intuito de determinar a necessidade da correção da idade ao se avaliar o alcance manual.

2.17 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com a finalidade de selecionar o método apropriado, os dados foram analisados nas bases dos testes de normalidade e homocedasticidade. Os testes revelaram que os dados não apresentavam uma distribuição normal. Análise gráfica de resíduos não sugeriram qualquer padrão particular para os dados e várias transformações não satisfizeram a normalidade. Um nível de significância de $p \leq 0.05$ foi usado para todas as análises.

A Análise estatística realizada está descrita a seguir em cada Estudo desenvolvido.

ESTUDO I

(Aceito no Journal of Motor Behavior)

3. ESTUDO I - Versão aceita (em inglês / formatação da Revista)

Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants

Running Head: REACHING BEHAVIOR IN PRETERM INFANTS

Keywords: Reaching; Preterm infants; Proximal adjustment; Distal adjustment

Aline Martins de Toledo*, Daniele de Almeida Soares, Eloísa Tudella

Department of Physiotherapy, Neuropediatrics Section, Federal University of São

Carlos, Via Washington Luis, km 235, 13565-905, São Carlos, SP, Brazil

*Corresponding author at: Rua Sete de Setembro, 2008. apto 1203. Centro.
79020900, Campo Grande, MS, Brazil. Tel.: +55 67 3345 7826.

E-mail address: toledo_am@yahoo.com.br (AM Toledo).

Abstract

The aim of this study is to investigate proximal and distal adjustments of reaching behavior and grasping in 5, 6 and 7-month-old preterm infants. Nine low-risk preterm and ten full-term infants participated. Both groups showed the predominance of unimanual reaching, an age-related increase in the frequency of vertical oriented and open hand movement and also an increase in successful grasping from 6 to 7 months. The frequency of open hand was higher in the preterm group at 6 months. Intrinsic restrictions imposed by prematurity do not seem to have impaired reaching performance of preterm infants throughout the months of age.

3.1 INTRODUCTION

Early reaching and grasping of objects requires both proximal (uni or bimanual) and distal (hand orientation, hand opening) movements (Fagard, 2000). These movements of the arm and hand are necessary to reach and grasp a target. In infancy, the performance of proximal and distal movements may differ among pediatric populations at risk for disability. As such, studying proximal and distal adjustments may be applicable to clinical practice as these variables can be directly and easily observed.

Although different researchers have not yet arrived at a clear understanding of the development of proximal and distal adjustments in infants, some studies have pointed to important findings. Proximal adjustments of reaching in full-term infants are known to be initially bimanual, whereas unimanual reaching is only elicited in the emergence of sitting at about 6 months (Fagard & Lockman, 2005; Van Hof, Van Der Kamp, Caljouw, & Savelsbergh, 2005). Distal adjustments of reaching in full-term infants are initially horizontally oriented. The hand may be vertically oriented at about 5 months of age (Fagard, 2000). The vertical orientation of the hand at this age may be related to the decrease in forearm pronation between the pre-reaching period (4-6 weeks before reach onset) and the onset of reaching (at about 4-5 months) (Bhat, Lee, & Galloway, 2007).

One of the most common findings when discussing proximal and distal adjustments in reaching during early infancy is the notion of improved control of

shoulder motions and how this might contribute to improved reaching control. The movement of the hand towards the midline in the presence of a toy results in an increase in flexion, adduction and internal shoulder rotation in relation to the pre-reaching phases. The elbow may also be passively extended, but appears to be more critical to fine tuning arm and hand position, which may require additional movement experience (Bhat *et al.*, 2007). Thus, the hand motion towards a midline object is more closely related to changes at the shoulder as compared to the elbow (Bhat *et al.*, 2007; Lee, Bhat, Scholz, & Galloway, 2008). In fact, evidence suggests that the development of elbow motion is complex enough not to assume adult-like levels before the age of 2 years (Konczak & Dichgans, 1997).

Besides the fact that hand motion is embedded in the dynamics of upper limb control, hand opening is known to be directly related to object properties. Studies have demonstrated that the degree of hand opening increases proportionally to object size in 9-10-year-old children born full-term (Pryde, Roy, & Campbell, 1998). It seems that 4-6-month-old full-term infants use visual, tactile and proprioceptive information to adjust their movements according to the object size and also rigidity, thus making grasping easier (Rocha, Silva, & Tudella, 2006a). Von Hofsten and Rönqvist (1988) showed that 5-6-month-old full-term infants start closing their hands around the target before touching it, thus controlling their grasping actions visually according to the object size. Indeed, proximal and distal adjustments reflect the infant's capacity of perceiving the environment, learning about it and planning their reach-to-grasp actions according to it.

In infants born preterm, it has not been determined how these reaching variables behave over the months. Evidence suggests that the acquisition of reaching and grasping skills may be affected by an alteration in postural control caused by a disturbed muscle tone regulation, typical of these infants. Although it may be transient, this disturbance has an impact on the regulation of axial muscle power, thus hampering the establishment of a stable posture (Plantinga, Perdock, & De Groot, 1997). When body stability is not controlled and preserved during the disturbance imposed by reaching movements, it is more difficult to perform goal-directed arm movements (Fallang, Saugstad, & Hadders-Algra, 2000). Some studies have demonstrated that inadequate postural functions present in preterm infants interfere with the development of arm and hand function. Plantinga *et al.* showed that some qualitative variables of hand function, such as voluntary pronation and supination were less satisfactory for low-risk preterm infants at 39 weeks of corrected age compared to full-term infants, due to a disregulation in trunk muscle power shown by the former. Heathcock, Lobo, and Galloway (2008) studied preterm infants born at less than 33 weeks of gestational age and with a birth weight less than 2.500 g, and showed that they touched a midline toy with less open hands and less ventral surface of their hands than full-term infants in their very earliest reaches. However, other studies have demonstrated that preterm infants can show satisfactory reaching and grasping behaviors when compared with full-term infants. Toledo and Tudella (2008) found no significant differences in the frequency of successful grasping and in some kinematic parameters of reaching between 5-7-month-old low-risk preterm and full-term infants. Fallang, Saugstad, Grogard and Hadders-Algra (2003) demonstrated

that 4-month-old low-risk preterm infants showed more often optimal reaching behavior (less movement units and less time reaching) in supine than full-term infants.

The above data suggest that differences in reaching and grasping behaviors between pre- and full-term infants are dependent on various factors, such as the variables under study (qualitative analyses and/or kinematics), the methodological design (including the positioning of the chair, experimental arrangement, type of object) and also on the preterm infants' gestational age. These differences can significantly influence the differences found in the studies.

It is important to point out that low-risk preterm infants are an understudied population, especially because they are considered clinically similar to full-term infants. In fact, neuropathology is less frequent in low-risk preterm infants than in infants born at considerably younger gestational ages (De Groot, 2000). However, low-risk preterm infants are not only less physiologically and metabolically mature than full-term infants, but also their central nervous system is more immature (i.e., fewer sulci and gyri, less myelin) (Adams-Chapman, 2006; Engle, Tomashek, Wallman, & Committee on Fetus and Newborn, 2007). Thus, the neurodevelopmental outcomes between these groups are often distinct (Petrini, Dias, McCormick, Massolo, Green, & Escobar, 2009; Stephens & Vohr, 2009).

Although research has indicated that low-risk prematurity may lead to a deficit in goal-directed movements (Plantinga *et al.*, 1997), studies investigating how proximal and distal adjustments affect reaching and grasping skills in low-risk preterm infants have not been found in the literature. In an attempt to fill this gap, this

longitudinal study aimed to investigate the development of proximal and distal adjustments of reaching in low-risk preterm infants at 5, 6 and 7 months of corrected age.

We predicted that, in order to fit their grasp to the target and perform grasps more easily, preterm and full-term infants will reach for the object more often with one hand and with more vertical-oriented and open hands movements, performing successful grasps throughout the months. Research has shown that prematurity may lead to alterations in goal-directed behavior. Considering this as well as the results of our previous study (Toledo & Tudella, 2008), in which these same infants were evaluated showing that there were differences between groups, in some kinematics parameters of reaching, it can be predicted that the variables analyzed here will also present differences between the groups.

This study may enhance the understanding of reaching and grasping behavior of low-risk preterm infants, thus helping to design adequate diagnostics for early detection and either short- or long-term therapeutic guidance against motor disorders.

3.2 METHOD

3.2.1 Participants

Nine low-risk preterm infants (5 boys) with minimal and maximal gestational ages of 32 weeks and 36 weeks and six days, respectively (M= 35.6 weeks; S.D.

0.5), a mean birth weight of 2.960 g (S.D. 0.25) and Apgar score equal to or greater than 7 at the first and fifth minutes participated in this study. Infants were not included in the study if one of the following conditions was present: (1) prenatal complications; (2) risk of cerebral palsy, including periventricular leukomalacia, intracranial hemorrhages or alterations in the cerebral ultrasound; (3) respiratory problems; (4) hyperbilirubinemia; (5) birth weight below 1.750 g; (6) Apgar score lower than 7 at the first and fifth minutes; (7) retinopathy of prematurity. Ten healthy full-term infants (4 boys) with minimal and maximal gestational ages of 38 and 42, respectively (M= 39 weeks; S.D. 0.73), a mean birth weight of 3.363 g (S.D. 0.14) and Apgar score equal or greater than 7 at the first and fifth minutes served as the control. All data above were obtained from the infant's medical records.

3.2.2 Procedures and Materials

Preterm and full-term infants were assessed longitudinally at 5 (Ms [SDs] = 20,2 [0,6] / 20,0 [0] weeks, respectively) , 6 (Ms [SDs] = 24,2 [0,6]/ 24,0 [0,4] weeks, respectively) and 7 (Ms [SDs] = 28,2 [0,6] / 28,1 [0,5] weeks, respectively) months. For preterm infants, the age was corrected for prematurity. The assessments were conducted at each age within ± 5 days of the scheduled age. The first assessment was at 5 months due to the fact that three preterm infants from the sample did not reach when assessed at 4 months of corrected age in a pilot study. The study was approved by the Human Research and Ethics Committee of the University. Legal informed consent was previously obtained from the infants' parents.

The infant was placed in a baby chair reclined 50° from the horizontal (Von Hofsten, 1984; Bergmeier, 1992). A strap was fastened to the infant's trunk in order to provide truncal stability and thus neutralize major differences in reaching behavior related to postural control between groups (Toledo & Tudella, 2008) (Figure 1). An initial 10-seconds period was allowed for the infants to adapt to the position. An attractive soft rubber object, 5.0 cm diameter x 10.0 cm height, unfamiliar to the infants, was used to elicit reaching movements. The object was held by the experimenter, who was positioned in front and out of the infant's reaching distance, and was presented for 2 minutes at the infant's midline, shoulder height and arm length (Thelen & Spencer, 1998; Van Der Fits & Hadders-Algra, 1998; Van Der Fits, Flikweert, Stremmelaar, Martijn, & Hadders-Algra, 1999; Corbetta, Thelen, & Johnson, 2000). During this period, the object was taken away carefully and presented again after each reach, and a 5-second interval was allowed between reaches. Thus, the total number of trials depended on the infant. The object was oriented in a consistent manner throughout the whole session, and the length was always shown. The infants remained in an either inactive or active alert state throughout the experiment (Prechtl & Beintema, 1964). The experiments were recorded by five digital cameras. One of them was positioned posterosuperiorly to the chair in a way that the infant's arms were entirely visible throughout the reaching movement. The other four cameras, two of them positioned anterolaterally (each on one of the sides) and two positioned posterolaterally (each on one of the sides) to the chair, were used in order to clarify doubts related to the visualization of the variables studied (Figure 1).



Figure 1. Experimental set-up

3.3 SYSTEM OF ANALYSIS

The images were picked up by an image capture board. Adobe Premier 6.3 was used to obtain files in AVI format. The files were opened in the Dvideow 5.0

image analysis system (Barros, Brenzikofer, Leite, & Figueiroa, 1999), which was used for identifying, frame by frame, the beginning and the end of the reaches.

A reaching movement was considered as the hand movement towards the object resulting in touching it, whether or not followed by grasping. The beginning of a reach was defined as the first frame when the infant's arm began an uninterrupted movement towards the object. The end of a reach was defined as the first frame when the infant's hand touched the object (Corbetta & Thelen, 1996; Thelen, Corbetta, & Spencer, 1996; Fallang *et al.*, 2000; Rocha *et al.*, 2006a,b; Carvalho, Tudella, & Savelsbergh, 2007).

3.4 DESCRIPTION OF VARIABLES AND MEASUREMENTS

3.4.1 Proximal adjustments

The adjustment was considered *unimanual* when the infant moved only one hand towards the object managing to touch it (Cobertta *et al.* , 2000) or when both hands were moved from the initial position with a difference of more than 20 frames (7.2 ms) between them and also managing to touch the object (Rocha *et al.* , 2006a). The adjustment was considered as *bimanual* when the infant moved both hands simultaneously towards the object and touched it (Cobertta *et al.*), or when both hands were moved from the initial position with a difference of less than or equal to 20 frames between them and managing to touch the object (Rocha *et al.*). In this case, hands should move simultaneously for at least 50% of the movement arch (i.e.

50% of the trajectory), and the object could be touched with both hands at the same time or initially with only one of them (Cobertta *et al.*; Rocha *et al.*).

3.4.2 Distal adjustments

Distal adjustments were analyzed at the end of the reaching movement, that is, when the infant touched the object. Hand orientation was coded as: a) *horizontal* – when the palm of the hand was faced downwards; b) *vertical* – when the palm of the hand was oriented towards the infant's midline (neutral position); and c) *oblique* – when the hand was in an intermediary position in relation to the two aforementioned positions (Rocha, Costa, Savelsbergh, & Tudella, 2009). Hand opening was coded as: a) *open* - when metacarpophalangeal and interphalangeal joints were fully extended (Fagard, 2000); b) *closed* - when metacarpophalangeal and interphalangeal joints were fully flexed; and c) *semi-open* - when metacarpophalangeal joints were flexed (regardless of the degree of flexion) and interphalangeal joints were extended, or when metacarpophalanges were extended and interphalanges were flexed (regardless of the degree of flexion) (Rocha *et al.*, 2006a).

3.4.3 Grasping

Grasping was considered as a) *successful* - when the infant grasped the object or part of it with one or two hands, or b) *unsuccessful* - when the infant touched the object, but did not grasp it (Fagard & Pez , 1997; Rocha *et al.*, 2006a,b; Van Der Fits *et al.*, 1999; Fagard, 2000).

The mean value for all interrater agreement among three observers computed for all variables studied was 97.9%. For each variable, the interrater agreement was calculated using the equation: $[\text{n}^\circ. \text{ of agreements} / (\text{n}^\circ. \text{ of agreements} + \text{no. of disagreements})] \times 100$.

3.5 DATA ANALYSIS

The Statistical Package for Social Sciences (SPSS, Version 10.0) was used for statistical analysis. A significance level of $p \leq 0.05$ was used for all analyses. The variables were analyzed by frequencies of their occurrence. Nonparametric ANOVA for repeated measures (Friedman's test) was used to identify differences among the ages in each group (intra-group analysis). When the difference between ages was significant, the data was subjected to post hoc analysis by using the Dunn's test. The nonparametric Mann-Whitney's test was used to compare variables between pre- and full-term infants at each age (inter-group analysis). As the data was not normal, the graphs are shown with median values and maximum and minimum values.

3.6 RESULTS

Out of the 561 reaches collected, 78 were excluded due to infant's crying or experimental mistakes. The total of reaches analyzed in each group is demonstrated in Table 1.

Table 1. Summary of number of trials analyzed and excluded in each group

Group	Number of trials analyzed	Number of trials excluded	Total of trials collected
Preterm	231	42	273
Full-term	252	36	288
Total	483	78	561

3.6.1 Intra-Group Analysis

In both groups, frequency of unimanual reaches was greater than bimanual ones throughout the assessment period, with no significant differences between ages in full-term ($\chi^2(2)=5.537$; $p=0.0628$) and preterm groups ($\chi^2(2)=15.432$; $p=0.0828$) (Figure 2) (Table 2).

Figure 2. Frequency of the proximal adjustments at 5, 6 and 7 months in both groups. FT= full-term group; PT= preterm group

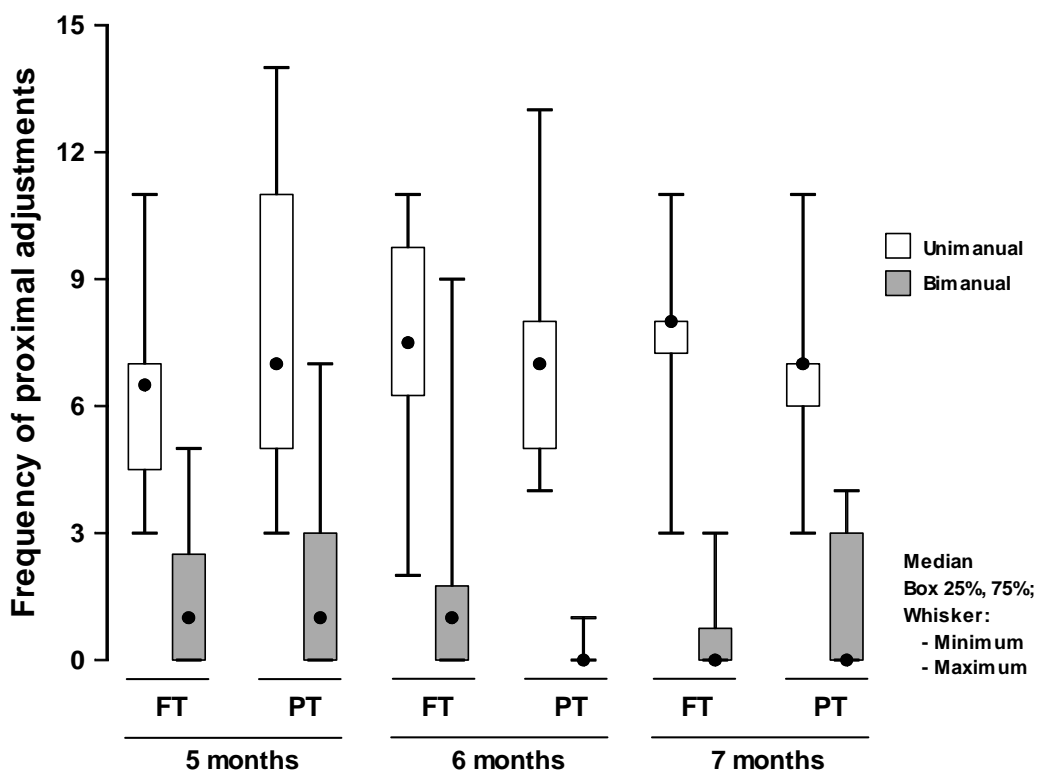
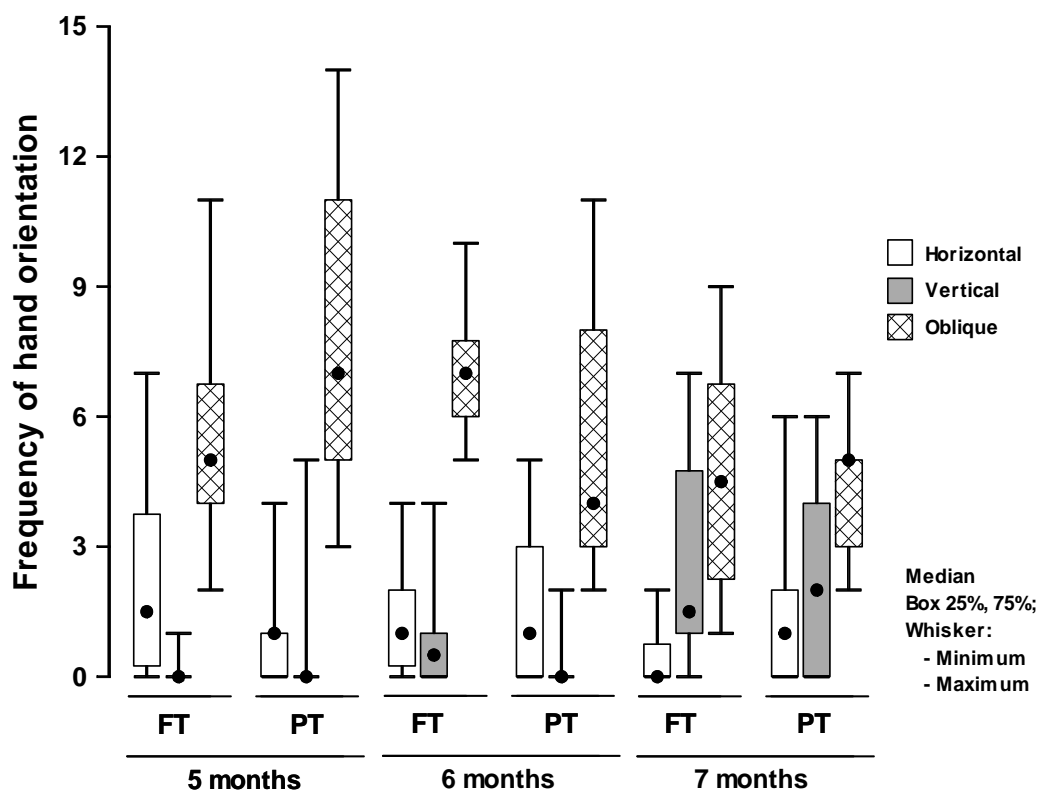


Table 2. Unimanual/Bimanual Ratio in each group in each age

Subject	Preterm Infants			Full-term Infants			
	5 months	6 months	7 months	5 months	6 months	7 months	
	Uni/Bi	Uni/Bi	Uni/Bi	Uni/Bi	Uni/Bi	Uni/Bi	
A	3/7	9/0	7/0	A	3/4	6/1	8/0
B	6/0	4/0	8/0	B	11/1	10/1	8/0
C	5/3	4/1	¾	C	6/0	11/0	3/0
D	7/1	6/1	6/3	D	7/0	4/2	7/1
E	11/9	8/0	7/0	E	7/1	9/0	11/0
F	7/5	13/0	11/0	F	7/5	8/1	5/3
G	14/0	4/0	5/3	G	11/1	7/0	8/0
H	13/0	6/0	7/0	H	6/0	7/3	8/0
I	4/3	5/0	6/2	I	4/0	2/9	9/1
				J	3/3	11/0	8/0

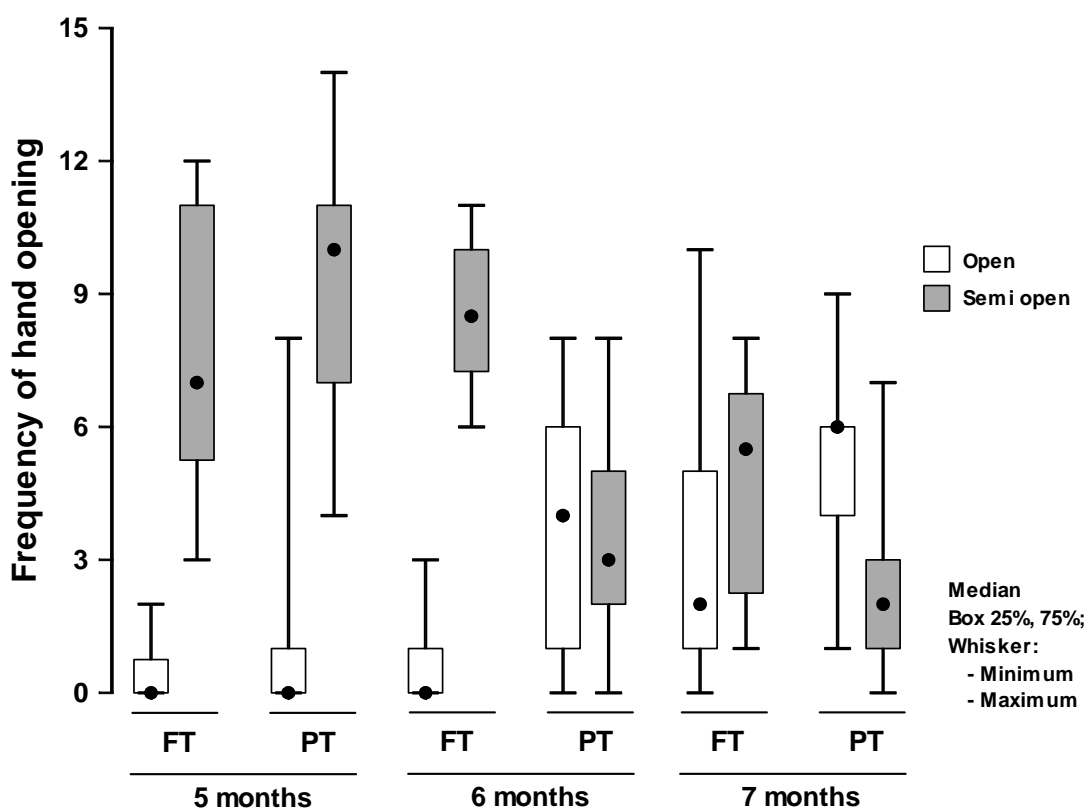
The frequency of vertical orientation increased significantly in the preterm ($\chi^2(4)=25.3918$; $p<0.001$) and full-term ($\chi^2(4)=65.7906$; $p<0.001$) groups (Figure 3). According to the Dunn's test, in the preterm group, this increase occurred from the 6th to the 7th month of age ($p<0.05$), and in the full-term group from the 5th to the 7th month of age ($p<0.01$).

Figure 3. Frequency of the hand orientation at 5, 6 and 7 months in both groups. FT= full-term group; PT= preterm group



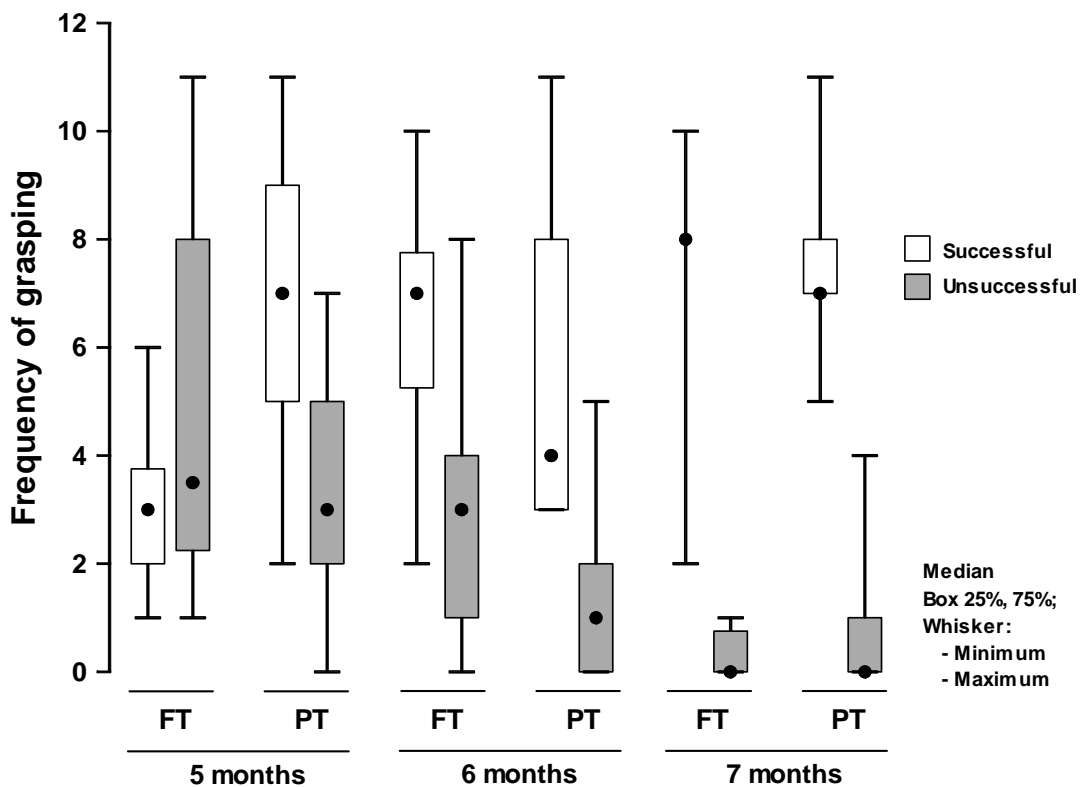
An increase in the frequency of open hand and a decrease in the frequency of semi-open hand movements were observed in the preterm ($\chi^2 (2) = 39.1093$; $p < 0.001$) and full-term ($\chi^2 (2) = 44.1176$; $p < 0.001$) groups (Figure 4). According to the Dunn's test, in both groups this increase occurred from the 5th to the 7th month of age ($p < 0.05$).

Figure 4. Frequency of the hand opening at 5, 6 and 7 months in both groups. FT= full-term group; PT= preterm group.



An increase in the frequency of successful grasping was observed in both preterm ($\chi^2 (2)=17.1582$; $p=0.0002$) and full-term ($\chi^2 (2)=59.7683$; $p<0.001$) groups (Figure 5). The Dunn's test demonstrated that, in both groups, this difference occurred from the 6th to the 7th month of age ($p<0.05$).

Figure 5. Frequency of grasping at 5, 6 and 7 months in both groups. FT= full-term group; PT= preterm group.



3.6.2 Inter-Group Analysis

The inter-group analysis showed a statistically higher frequency of open hand movement ($\chi^2 (2)=17.6401$; $p=0.0001$) for the preterm infants at 6 months of age, when compared with the full-term ones (see Figure 5). There was no significant difference for the other variables studied.

3.7 DISCUSSION

The aim of this study was to investigate the development of proximal and distal adjustments of reaching in low-risk preterm infants at the ages of 5, 6 and 7 months of corrected age.

Confirming our first hypothesis, the results show that preterm and full-term infants reached for the object more often with one hand and with more vertical-oriented and open hand movements, performing successful grasps throughout the months.

Both pre- and full-term groups predominantly performed unimanual reaches from the 5th to the 7th month of age. This specific result of this study is not consistent with reports which inferred that infants fluctuate between uni- and bimanual reaching during this period of life (Corbetta & Thelen, 1996; Fagard & Pez , 1997, Corbetta *et al.*, 2000). Another study demonstrated that the ages from 5-6 months is a period of frequent bimanual reaching (Fagard, 2000), which presents a result that is also in

contrast with the results of this study. One could argue that these discrepancies may be related to the differences in the infant body position (seated or reclined) used during trials among the studies. We believe that the behavior of proximal reaching adjustments is regardless of the angle of the chair adopted in this study. Rochat (1992) demonstrated that sitter infants aged between 6-8 months maintained a predominance of unimanual reaches between four posture conditions: seated (80° relative to the floor), reclined (45° relative to the floor), supine (0° relative to the floor) and prone (75° relative to the floor reclined). Similarly, Carvalho *et al.* (2008) showed that reaching in skilled infants, at 4 and 6 months of age, does not differ in terms of the frequency of reaches nor in the behavior of kinematics variables between the supine postures (0°), reclined (45°) and seated (70°). These insights show that infants in the age range studied are already capable of finding suitable solutions for biomechanical gravitational problems related to body orientation when reaching. Thus, we do not believe that the reclined chair adopted in this study may have influenced the results and the discrepancy from other literature.

However, it is important to consider the truncal stability and the physical properties of the object offered to the infants during reaching movements. In Fagard's study, for example, it does not show clearly which trunk support was provided to the infants during the trials as they were tested on the experimenter's lap. On the other hand, in the current study, the truncal stability provided by the strap fastened to the infants' trunk and the reclined chair used in the current study may have elicited the performance of unimanual movements in both groups. Truncal stability is known to cause decreased postural activity and a consequent improvement in postural control,

thus making infants able to produce only the amount of force and torque necessary to defy gravity and better control their arm movements (Van Der Fits & Hadders-Algra, 1998; Van Der Fits *et al.*, 1999; Carvalho, Tudella, Caljouw, & Savelsbergh, 2008). Although Fagard's study showed that 5-month-old infants tended to reach bimanually regardless of object size, the soft object may have contributed to promoting unimanual rather than bimanual movements in this study. Rocha *et al.* (2006b) demonstrated that infants as young as 4 months of age are already capable of planning and adjusting their movements based on their perceptions of the physical properties of the objects. Besides, it appears that the soft property of an object provides infants with the option of using only one hand to reach and grasp it, regardless of its size (Corbetta *et al.*, 2000; Rocha *et al.*, 2006b).

Moreover, another important fact that is related to this question is which gross motor skills infants have at the age range in this study. Rochat (1992) suggested that infants at 5-6 months of age due to the mastery of sitting and the emergence of crawling would seem to favor the formation of one-handed reaching. The author found that non-sitting infants showed symmetrical and synergistic engagement of both arms and hands while reaching, whereas sitting infants showed asymmetrical and lateralized (one-handed) reaches. On the other hand, the infants in this study were not crawling at 5-6 months of age, and therefore had not mastered sitting. It can be assumed that unimanual reaches occurred due to the use of truncal apparatus, which provides stability in the perceptual and motor systems when reaching, as well as the characteristics of the object which was offered.

The frequency of both the vertically-oriented hand and open hand was shown to increase from 5 to 7 months of age in pre and full-term infants in this study. It is interesting to point out that our results are different from previous reports. For example, Von Hofsten and Rönqvist (1988) and Fagard (2000) concluded that full-term infants start to adapt their hand orientation and opening hand to the object only at 9 months. On the other hand, Lockman, Ashmead, and Bushnell (1984) observed that 5-month-old full-term infants are able to do so after physically contacting the object. This result is congruent with the present study, in which the variables were analyzed at the touch of the object. It suggests that tactile and proprioceptive information plays a distinguished role in the control of hand opening and orientation in 5-7 month-old pre and full-term infants. Moreover, as infants change their arm anthropometry and hand muscle activation they become able to adjust the upper limb movements in order to direct their hand to the target more precisely. These changes occurred as the infants gained experience and as they grew. In a study with full-term infants from 0-18 months, Wells, Hyler-Both, Danley, and Wallace (2002) observed an increase in the distance from the forearm centre of mass to the trunk with growth. We speculate that this increase creates a mechanical imbalance that in turn facilitates the independent control of the forearm during coordinated movements as compared to moving it together with the proximal arm segment. This may have ultimately facilitated the external rotation of the forearm and consequently verticalisation of the hand to touch the object.

In fact, Bhat *et al.* (2007) observed that from the pre-reaching period (4-6 weeks before reach onset) to the onset of reaching, infants gradually come to adopt

forearms in supination to reach the target. Furthermore, in accordance with Bly (1994), we believe that the increasing capacity to activate finger extensors over months allow the infants to reach for the target using more widely fully opened hands.

The results of this study also demonstrated an increase in the frequency of successful grasping from the 6th to the 7th month in both pre- and full-term groups. This may be related to the increase in the frequency of vertical oriented and open hand movement as they become older. Thus, we agree with Fagard (2000), who argued that hand orientation and opening are more significant determinants of successful grasping than proximal adjustments are, specifically for objects which can be easily grasped either uni or bimanually, as used in the current study (small and soft). In addition to the increased capacity to align the wrist with the mobility of carpal and metacarpal joints throughout growth, particular affordances of the object seem to be responsible for the success in increasing grasping during the months found in both groups. As infants became capable of controlling their hand movements and learned new correlations between the object properties and successful action, they may have developed the ability to shape and direct their hand functions for the purpose of grasping.

Furthermore, improved shoulder and elbow control may also have played an important role in the increase of successful grasping from the 6th to the 7th month in the present study. From the pre-reaching period to reach onset, the infants gradually show an increase in flexion, internal rotation and adduction of the shoulder in the presence of a midline object. These changes help in the gradual shift of the hand to the midline, upwards and forwards, thus helping it to get closer to the object.

(Bhat *et al.*, 2007). Furthermore, there is a decrease in forearm pronation at approximately 3 to 5 months of age (Bhat *et al.*, 2007). It is worth mentioning that there was an increase in the verticalisation of the hand concomitantly to the increase of successful grasping from 6 to 7 months of age in the present study. Based on this information, we believe that in this period, the infants gained sufficient shoulder and elbow control now not only to touch, but also to grasp the object. However, this hypothesis should be tested in future investigations as the shoulder and elbow were not measured directly in this study.

The inter-group analysis indicated a difference in reaching behavior between groups, which was determined by the higher frequency of open hand in the preterm group at 6 months of age. In our previous study (Toledo & Tudella, 2008), in which the same infants of the current one were evaluated, preterm infants increased their adjustment index at 6 months of age, indicating that they adopted a strategy to increase the deceleration time before touching the object in order to achieve successful grasps. Taking this into account, this increase in the deceleration time may also have helped these infants to adjust their movement and open their hands more before touching the object. As a higher adjustment index correlates with an increase in the time of movement, the hand opening behavior presented by the 6 month old preterm infants may have been dependent on the time they needed to visually perceive the affordances of the object and adjust their hand in order to grasp it. Thus, we believe that the 6th month may represent a transition age in the coupling between vision and fine manual action in preterm infants. Moreover, despite the significant difference between the groups having occurred at only 6 months of age, if

we observe Figure 4 it can be seen that the preterm group opens their hands more often than the full-term group in all the months. This result can partially be attributed to the possible low muscular tonus presented by the preterm infants (Plantinga *et al.*, 1997). This may have helped the hand to stay open, however without restricting the movement to the point of preventing the infants from grasping the object. Nevertheless, as our study was not designed to provide more conclusive answers concerning these issues (coupling between vision and fine manual action; and low muscular tonus), further research with preterm infants should be specifically conducted to check this.

The similarity between groups found in the rest of the variables is consistent with other studies that observed kinematic variables. Fallang *et al.* (2003), for example, demonstrated that from the age of 4 and 5 months of corrected age, low-risk preterm infants do not present significant differences in reaching movements when compared with full-term infants. However, this similarity refutes the hypothesis of this study in that the variables analyzed would show differences between the groups.

Why did the preterm infants perform similarly to the full-term ones throughout the period of the studied ages? And why did the inter-group analysis indicate that there were more similarities than differences between the groups?

Although our results cannot be generalized for all preterm infants, proximal and distal development found in this study may be characteristic for this population. In fact, besides using age correction, in this study the preterm infants were at low-risk, with weight adequate for gestational age and with no medical complications.

According to Wilson and Cradock (2004), motor development in this group of infants seems to have no significant differences in relation to full-term infants. Fallang *et al.* (2003) argued that the additional extra-uterine experience has a subtle and transitory effect and this may be beneficial to the development of reaching, as it allows infants to surpass the negative effects associated to prematurity at low-risk. Heathcock *et al.* (2008) observed that higher-risk preterm infants showed qualitative disadvantages in hand-toy interactions when reaching in relation to their full-term counterparts. Even when these preterm infants received daily training for 8 weeks, they improved some variables comparably to the full-term infants, but it was not effective at lessening all differences between the groups. The authors suggested that preterm infants are at an initial disadvantage in the reach onset, but this may be diminished by providing them with intensive interactions among motor, sensory, and social systems. Considering that the infants in this study are at low risk, it would be possible for these environmental interactions to have been sufficient to compensate prematurity and thus contribute to the similarities between the groups, even without daily training.

Furthermore, the use of a strap fastened to the infants' body provided trunk support, which may have contributed to the constant behavior in the development of variables over the months, as well as neutralized major differences in reaching performance between groups.

Despite these similarities, we emphasize the importance of implementing follow-up programs to check the need for early intervention in low-risk preterm infants and prevent dysfunctions in goal directed behavior development at later ages. Furthermore, as our findings are based on a sample of preterm infants born 32-36

weeks gestation, further studies need to be carried out to test a possible existence of subgroups reflecting individualized grasping and reaching behaviors. Since our results are constrained by the specificity of the experimental set up (infants sitting in a semi-reclined position were offered a malleable toy at the midline), future work on different body positions, object locations, and object physical characteristics are also required to fully understand the development of proximal and distal adjustments, as well as the ontogenetic relationship between them.

It can be concluded from this study that proximal adjustments remained unchanged for pre and full-term infants from 5 to 7 months of age, while the characteristics of distal adjustments changed over the ages in both groups. Pre- and full-term infants also performed more successful grasping from the 6th to the 7th month of age. As both groups presented similar reaching and grasping behavior over the months, it seems that possible intrinsic restrictions imposed by prematurity in the preterm infants were not enough to impair their task performance. This may be attributed to the characteristics of the preterm group studied (low-risk, with corrected age), as well as the favorable postural apparatus (trunk support, reclined position) and object's physical properties (soft and small) provided to the infants during trials.

REFERENCES

Adams-Chapman, I. (2006). Neurodevelopmental outcome of the late preterm infant. Clinics in Perinatology, 33, 947-964.

Barros, R. M. L., Brenzikofer, R., Leite, N. J., & Figueiroa, P. J. (1999). Development and evaluation of a system for three-dimensional kinematic analysis of human movements. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, 15, 79–86.

Bergmeier, S. A. (1992). An investigation of reaching in the neonate. Pediatric Physical Therapy, 1, 3-11.

Bhat, A. N., Lee, H. M., & Galloway, J. C. (2007). Toy-oriented changes during early arm movements II: Joint kinematics. Infant Behavior and Development, 30, 307–324.

Bly, L. (1994). Motor skills acquisition in the first year: An illustrated guide to normal development. San Antonio: Therapy Skills Builders.

Carvalho, R. P., Tudella, E., Caljouw, S. A., & Savelsbergh, G. J. P. (2008). Early control of reaching: Effects of experience and body orientation. Infant Behavior and Development, 31, 23–33.

Carvalho, R. P., Tudella, E., & Savelsbergh, G. J. P. (2007). Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. Infant Behavior and Development, 30, 23–35.

Corbetta, D., & Thelen, E. (1996). The developmental origins of bimanual coordination: A dynamic perspective. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 22(2), 502–522.

Corbetta, D., Thelen, E., & Johnson, K. (2000). Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. Infant Behavior and Development, 23, 351-374.

Corbetta, D., & Bojczyk, K. E. (2002). Infants return to two-handed reaching when they are learning to walk. Journal of Motor Behavior, 34 (1), 83-95.

De Groot, L. (2000). Posture and motility in preterm infants. Development Medicine and Child Neurology, 42(1), 65-68.

Engle, W. A.; Tomashek, K. M.; Wallman, C.; & Committee on Fetus and Newborn. (2007). “Late-preterm” infants: a population at risk. Pediatrics, 120, 390-401.

Fagard, J. (2000). Linked proximal and distal changes in the reaching behavior of 5-to 12 month-old human infants grasping objects of different sizes. Infant Behavior and Development, 23, 317–329.

Fagard, J., & Lockman, J. (2005). The effect of task constraints on infants' (bi)manual strategy for grasping and exploring objects. Infant Behavior and Development, *28*, 305-315.

Fagard, J., & Pez , A. (1997). Age changes in interlimb coupling and the development of bimanual coordination. Journal of Motor Behavior, *29*(3), 199–208.

Fallang, B., Saugstad, O. D., Grogard, J., & Hadders-Algra. (2003). Kinematic quality of reaching movements in preterm infants. Pediatric Research, *53*, 836–842.

Fallang, B., Saugstad, O. D., & Hadders-Algra, M. (2000). Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. Behavioural Brain Research, *115*, 8-18.

Heathcock, J. C., Lobo, M., Galloway J. C. (2008). Movement training advances the emergence of reaching in infants born at less than 33 weeks of gestational age. Physical Therapy, *88*, 310–322.

Konczak, J., & Dichgans, J. (1997). The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3years of life. Experimental Brain Research, *117*, 346–354.

Lee, H. M., Bhat, A. N., Scholz, J. P., & Galloway, J. C. (2008). Toy-oriented changes during early arm movements IV: Shoulder-elbow coordination. Infant Behavior and Development, 31(3), 447-469.

Petrini, J. R., Dias, T., McCormick, M. C., Massolo, M. L., Green, N. S., & Escobar, G. J. (2009). Increased risk of adverse neurological development for late preterm infants. Journal of Pediatrics, 154, 169–176.

Plantinga, Y., Perdock, J., & De Groot, M. (1997). Hand function in low-risk preterm infants: Its relation to muscle power regulation. Development Medicine and Child Neurology, 38, 6-11.

Prechtl, H. F. R., & Beintema, D. J. (1964). The neurological examination of the full-term newborn infant. Clinics in development medicine. London: Lavenham Press.

Pryde, K. M., Roy, E. A., & 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., & Tudella, E. (2006a). Influência do tamanho e da rigidez dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance de lactentes. Revista Brasileira de Fisioterapia, 10(3), 262–268.

Rocha, N. A. C. F., Silva, F. P. S., & Tudella, E. (2006b). Impact of object properties on infant's reaching behavior. Infant Behavior and Development, *29*, 251–261.

Rocha, N. A. C. F., Costa, C. S. N., Savelsbergh, G., & Tudella, E. (2009). The effect of additional weight load on infant reaching. Infant Behavior and Development, *32*, 234-237.

Rochat, P. (1992). Self-sitting and reaching in 5- to 8-month-old infants: the impact of posture and its development on early eye-hand coordination. Journal of Motor Behavior, *24* (2), 210-20.

Savelsbergh, G. J. P., & Van Der Kamp, J. (1994). The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. Journal of Experimental Child Psychology, *58*(3), 510-528.

Stephens, B. E., & Vohr, B. R. (2009). Neurodevelopmental outcome of the premature infant. Pediatric Clinics of North America, *56*(3), 631-46.

Thelen, E., Corbetta, D., & Spencer, J. P. (1996). Development of reaching during the first year: role of movement speed. Journal Experimental Psychology: Human Percept Perform, *22*, 1059-1076.

Thelen, E., & Spencer, J. P. (1998). Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 22(4), 507-514.

Toledo, A. M., & Tudella, E. (2008). The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. Infant Behavior and Development, 31, 398–407.

Van Beek, Y., Hopkins, B., Hoeksma, J.B., & Samson, J.F. (1994). Pre-maturity, posture, and the development of looking behaviour during early communication. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 35, 1093-1107.

Van Der Fits, I. B; Flikweert, E. R., Stremmelaar, E. F., Martijn, A., & Hadders-Algra, M. (1999). Development of postural adjustments during reaching in preterm infants. Pediatric Research, 46, 1-7.

Van Der Fits, I. B. M., & Hadders-Algra, M. (1998). The development of postural responses patterns during reaching in healthy infants. Neuroscience and Biobehavioral, 22(4), 521-526.

Van Hof, P., Van Der Kamp, J., Caljouw, S., & Savelsbergh, G. J. P. (2005). The confluence of intrinsic and extrinsic constraints on 3- to 9-month-old infants' catching behavior. Infant Behavior and Development, 28, 179-193

Von Hofsten, C. (1984). Developmental changes in the organization of prereaching movements. Developmental Psychology, 20(3), 378-388.

Von Hofsten, C., & Rönqvist, L. (1988). Preparation for grasping and object: a developmental study. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 14(4), 610-621.

Wells, J. P., Hyler-Both, D. L., Danley, T. D., & Wallace, G. H. (2002). Biomechanics of growth and development in the healthy human infant: a pilot study. Journal of the American Osteopathic Association, 102(6), 313-319.

Wilson, S. L., & Cradock, M. M. (2004). Accounting for prematurity in developmental assessment and the use of age-adjusted scores. Journal of Pediatric Psychology, 29(8), 641-649.

Author's Note

We would like to thank the parents and infants for their participation in the study. We would also like to thank the reviewers for their valuable comments and suggestions that improved the quality of our initial manuscript. The first author was supported by the Foundation for the Coordination of Higher Education and Graduate Training (CAPES), Brazil. This study was funded by the Foundation for Supporting Research of the State of São Paulo (FAPESP), Brazil.

ESTUDO II

(A ser Submetido)

4. ESTUDO II:

Peso adicional influencia o alcance manual de lactentes prematuros de baixo risco

Additional weight load influence the reaching behavior in low risk pre-term infants

Título Condensado: *Peso adicional e alcance / Additional weight load and reaching behavior*

Aline Martins de Toledo¹, Eloisa Tudella²

¹ Curso de Fisioterapia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil.

² Departamento de Fisioterapia, Setor de Neuropediatria, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

Endereço para correspondência: Aline Martins de Toledo, Rua Sete de Setembro, 2008, apto. 1203, 13920-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: toledo_am@yahoo.com.br

Resumo

Apesar do uso do peso adicional ter uma grande relevância clínica, pouco se conhece sobre seus efeitos em atividades funcionais de lactentes, principalmente prematuros. Desta forma, o objetivo do presente estudo é verificar como o alcance se comporta frente à perturbação do peso adicional e o efeito da sua retirada imediata em lactentes prematuros de baixo risco. Foram avaliados 9 lactentes prematuros na faixa etária de 5 a 7 meses com idade corrigida e de baixo risco para lesão neurológica. Os lactentes foram posicionados em uma cadeira infantil, inclinada a 50° com a horizontal. Foi apresentado um brinquedo durante 6 minutos subdivididos em 3 procedimentos: a) linha de base; b) peso-adicional: bracelete correspondente a 20% da massa do membro superior do lactente; c) pós-peso: apresentação do objeto sem o bracelete. A avaliação foi filmada por cinco câmeras digitais. Foram analisadas variáveis cinemáticas: índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento; e preensão do alcance, sendo esta categorizada em: com preensão (quando o lactente tocava o objeto e o apreendia) e sem preensão (quando o lactente somente tocava o objeto, mas sem apreendê-lo). Constatou-se que o peso adicional diminuiu o índice de retidão aos 5 meses, aumentou a velocidade média e diminuiu as unidades de movimento em todas as idades e aumentou a frequência de alcances sem preensão aos 5 e 7 meses. O pós-peso levou a diminuição do índice de retidão aos 5 meses e aumento das unidades de movimento aos 6 e 7 meses. O peso adicional influencia o movimento de alcance de lactentes prematuros tanto durante o seu uso quanto após a sua retirada imediata e sugere-se o uso do mesmo para embasar futuros estudos de intervenção.

Palavras-chave: prematuro, tarefas com carga, intervenção, desenvolvimento infantil.

4.1 INTRODUÇÃO

O alcance manual é uma importante habilidade motora, pois sua emergência é a primeira fase do desenvolvimento motor voluntário durante a infância (FALLANG, et al., 2003). Por meio do alcance os lactentes aprendem sobre o ambiente e desenvolvem novas habilidades para controlar e modular seu padrão de movimento (CORBETTA, 1998). O desenvolvimento do alcance em lactentes a termo está bem documentado na literatura. Inicialmente, por volta dos 3-4 meses a trajetória da mão do lactente até o alvo não é retilínea, segue uma rota indireta e tortuosa, o perfil da velocidade não está bem formado e ocorrem muitos segmentos de acelerações e desacelerações (unidades de movimento) na trajetória (ZAAL, et al., 1999). Com o passar do tempo, por volta do 8º e 9º mês de idade, a trajetória da mão torna-se mais retilínea e suave e a alta variabilidade dos alcances precoces são reduzidos (KONCZAK e DICHGANS 1997; THELEN et al. 1993, 1996).

Estudos têm analisado o alcance manual em diferentes abordagens. Uma das principais refere-se a como os lactentes a termo ajustam seus movimentos quando sujeitos às manipulações do contexto, tais como, mudança de orientação corporal com relação à gravidade (CARVALHO, TUDELLA e SAVELSBERGH, 2007), diferentes propriedades dos objetos (Rocha, et al., 2006), e o uso do peso adicional (OUT, et al., 1997; ROCHA, SILVA e TUDELLA, 2009). O peso adicional tem uma grande relevância clínica, uma vez que contribui para o melhor entendimento da complexa adaptabilidade do lactente a influências ambientais, além de sua aplicabilidade terapêutica.

O uso do peso adicional tem sido explorado em diferentes habilidades motoras, como o chute (THELEN, KELSO e SKALLA, 1997; CHEN et al., 2002; VAAL et al. 2002), marcha (ADOLPH e AVOLIO, 2000) e movimentos de *fidgety* (DIBIASE e EINSPIELER, 2004), além do alcance (ROCHA, et. al., 2009, VAN DER FITS e HADDERS-ALGRA, 1998, OUT, et al., 1997).

Apesar do crescente interesse nos efeitos do peso nas diferentes habilidades motoras de lactentes saudáveis, ainda não há na literatura um consenso sobre o seu real efeito. Há relatos que o peso altera a frequência de chutes (CHEN, et al., 2002; VAAL et al., 2000), aumenta a velocidade média e diminui o número de unidades de movimento do alcance (OUT et al., 1997), além de proporcionar um acoplamento entre os membros superiores em alcances bimanuais (ROCHA et al., 2009) em lactentes a termo saudáveis. Os estudos atribuem tais resultados, em parte, ao aumento da propriocepção e ativação neural causados pelo peso. Por outro lado, há evidências de que os movimentos *fidgety*, (DIBIASE e EINSPIELER, 2004), a amplitude da angulação de joelho e quadril e velocidade de pico durante movimento de chutes (VAAL, et al., 2002) e a velocidade média do membro superior durante o alcance (VAN DER FITS e HADDERS-ALGRA, 1998) não são alteradas pelo peso adicional. Tais controvérsias acontecem, provavelmente, pelos diferentes objetivos, metodologias, quantidade de peso e variáveis empregadas em cada estudo.

Além das manipulações do contexto, outro enfoque abordado no movimento de alcance refere-se ao desenvolvimento desta habilidade em lactentes de risco. Entre os grupos mais estudados destacam-se a síndrome de Down

(CAMPOS, ROCHA e SAVELSBERGH, 2010), lesões cerebrais (KUHTZ-BUSCHBECK, et al., 2003; VAN DER HEIDE, et al., 2004) e a prematuridade (TOLEDO e TUDELLA, 2008; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011; FALLANG, et al., 2003). O interesse pelo estudo da prematuridade tem aumentado recentemente devido a grande sobrevivência desta população e ao grande risco destes apresentarem atrasos no desenvolvimento motor.

Em nosso estudo anterior (TOLEDO e TUDELLA, 2008) pode-se observar que os lactentes prematuros na faixa etária de 5 a 7 meses apresentaram menor velocidade média e final e maior índice de ajuste que lactentes a termo ao realizarem o alcance. Fallang et al. (2003), estudaram lactentes prematuros com idade corrigida de 4 e 6 meses e encontraram um comportamento postural relativamente inativo (poucas oscilações do centro de pressão) durante o movimento de alcance nestes lactentes.

Devido à dinâmica intrínseca diferenciada entre lactentes pré-termo e a termo, estudos devem ser conduzidos com o intuito de se compreender como esta se comporta frente a manipulações do contexto. De acordo com Ulrich (1998), conhecer as fases que uma determinada habilidade encontra-se suscetível a perturbações, além de conhecer quais são as perturbações que facilitam determinada habilidade é extremamente importante para a prática clínica, uma vez que poderemos mudar os padrões na forma desejada e com maior efetividade. Além deste conhecimento acreditamos ser extremamente importante saber como uma determinada habilidade se comporta após a retirada imediata da manipulação do contexto; questão até então não encontrada na literatura pesquisada.

Assim, o objetivo do presente estudo é verificar como o alcance se comporta frente à perturbação do peso adicional e o efeito da sua retirada imediata em lactentes pré-termo de baixo risco, na faixa etária de 5 a 7 meses de idade. Este objetivo foi investigado por meio da análise das variáveis contínuas (índice de retidão, velocidade média e unidades de movimento) e da variável categórica preensão do alcance. A partir desta análise pretende-se verificar se o peso e pós-peso tem um efeito facilitador, ou seja, se há um aprimoramento nos parâmetros dos movimentos analisados; estabilizador, quando não há mudanças nesses parâmetros; ou perturbador, levando a uma limitação dos movimentos.

Mediante ao exposto, acreditamos que o peso terá um efeito facilitador, nas variáveis índice de retidão, unidades de movimento e preensão, enquanto que um efeito perturbador na variável velocidade média.

Verificando o efeito do peso adicional na habilidade de alcance, determinadas condutas poderão ser empregadas na intervenção fisioterapêutica e na orientação aos pais de lactentes típicos e, principalmente, em lactentes prematuros.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 PARTICIPANTES

Participaram do estudo 9 lactentes pré-termo tardios (5 do sexo masculino), com idade gestacional mínima de 34 semanas e máxima de 36 semanas

e 6 dias ($M= 35,6$ semanas; $DP 0,5$), com peso médio ao nascimento de 2,960 kg ($DP 0,25$) e Apgar médio de 8,2 ($DP 0,7$) no primeiro e 9,3 ($DP 0,5$) no quinto minuto. Não foram elegíveis ao estudo lactentes que apresentassem pelo menos uma das seguintes condições: (1) complicações pré-natais; (2) risco para paralisia cerebral, incluindo leucomalácia periventricular, hemorragias intracranianas ou alterações no ultra-som cerebral; (3) problemas cardiorrespiratórios; (4) hiperbilirrubinemia; (5) retinopatia da prematuridade; (6) síndromes genéticas; e (7) peso ao nascimento abaixo de 1.750 gramas. Os prontuários e médicos neonatologistas foram consultados em relação aos critérios de seleção ou não-inclusão dos lactentes no estudo segundo os fatores de risco anteriormente descritos.

4.2.2 PROCEDIMENTOS E MATERIAIS

Os lactentes foram avaliados longitudinalmente aos 5 ($M [DP] = 20,2 [0,6]$ semanas) , 6 ($M [DP] = 24,2 [0,6]$ semanas) e 7 ($M [DP] = 28,2 [0,6]$ semanas) meses de idade corrigida. As avaliações coincidiram com a data de aniversário, com uma tolerância de ± 5 dias. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade envolvida. Os pais autorizaram a participação dos lactentes no estudo mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

No início de cada avaliação foram verificadas as medidas antropométricas do lactente: peso corporal (gramas), comprimento (centímetros), comprimento braço (distância do acrômio à linha articular do cotovelo, em centímetros) e antebraço (distância da linha articular do cotovelo à do punho, em centímetros), circunferência

do terço proximal do braço e antebraço (em centímetros) e largura da mão (distância transversal entre o segundo e quinto metacarpo, em centímetros).

Essas medidas serviram para estimar a massa total de cada membro superior por meio da equação de regressão de Schneider e Zernicke (1992). A partir disto calculou-se o peso de 20% da massa total do membro em cada mês.

Após a medida dos membros superiores, os lactentes foram posicionados numa cadeira infantil com o encosto inclinado a 50° com a horizontal (VON HOFSTEN, 1984; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011). O encosto possuía altura suficiente para promover apoio da cabeça. Uma faixa de tecido, de 15,0 cm de largura, presa na cadeira, promoveu segurança e estabilidade de tronco ao lactente, porém permitindo liberdade de movimentos aos membros superiores e inferiores. Um marcador esférico de 0.5 cm de diâmetro foi fixado no punho do lactente. Foi permitido um período inicial de 10 segundos para que os lactentes se adaptassem à posição. A estimulação do alcance foi realizada por meio de um objeto atrativo, não-sonoro, de borracha, maleável, não familiar ao lactente, com aproximadamente 05 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento. O objeto foi orientado sempre ao longo de seu comprimento.

Os lactentes foram avaliados em estado de alerta inativo ou ativo (PRECHTL e BEINTEMA, 1964), em três condições experimentais aplicados exatamente na seguinte seqüência:

a) Procedimento 1 (P1): o objeto foi exibido pelo examinador, que estava posicionado à frente e fora da distância do alcance do lactente, e apresentado

durante 2 minutos na linha média, na altura do ombro, na distância do comprimento dos braços do lactente (TOLEDO e TUDELLA, 2008; TOLEDO, SOARES e TUDELLA 2011). Após o alcance, o objeto era cuidadosamente retirado (ou apanhado) e reapresentado a fim de eliciar um novo alcance. O intervalo entre as reapresentações do objeto foi de aproximadamente 5 segundos. Assim, o número total de alcances dependeu do lactente.

b) Procedimento 2 (P2) – Peso Adicional: As condições experimentais deste procedimento foram similares ao Procedimento 1, no entanto foi adicionado, em ambos os punhos, um bracelete com peso correspondente a 20% da massa total do membro do lactente. Esta porcentagem foi obtida pela equação de regressão (SCHNEIDER e ZERNICKE, 1992). O objetivo deste procedimento foi verificar o efeito do peso nas variáveis analisadas. A Tabela 1 apresenta o peso médio do bracelete utilizado em cada mês estudado.

c) Procedimento 3 (P3) – Pós-Peso: As condições experimentais deste procedimento foram idênticas ao Procedimento 1. Este procedimento tem como objetivo verificar o efeito imediato da retirada do peso nas variáveis analisadas.

Tabela 1 - Peso médio (\pm desvio padrão) do bracelete em cada mês analisado

Grupo	Peso bracelete (gramas)		
	5 meses	6 meses	7 meses
PT	73.9 \pm 9.3	78.9 \pm 8.1	82.9 \pm 8.0

Os experimentos foram gravados por cinco câmeras digitais. Uma delas foi posicionada pósterio-superiormente à cadeira de forma que os braços do lactente fossem totalmente visíveis durante o movimento de alcance. As outras quatro câmeras, duas delas estavam posicionadas ântero-lateralmente (cada uma de um lado) e duas pósterio-lateralmente (cada uma de um lado) a cadeira. Assim, todos os marcadores ficaram visíveis durante o movimento de alcance (TOLEDO e TUDELLA, 2008, TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

4.3 SISTEMA DE ANÁLISE

As imagens foram capturadas por um computador utilizando o *software* Adobe Premier 6.3. Os arquivos foram abertos no sistema de videogrametria Dvideow® 5.0 (BARROS, et al., 1999), utilizado para identificar quadro a quadro o início e final de cada alcance e analisar a trajetória do movimento.

O movimento de alcance foi considerado quando a mão se movimentava em direção ao objeto resultando em toque do mesmo, seguido ou não de preensão. O início de um alcance foi considerado a partir do primeiro quadro quando a mão do lactente começou um movimento ininterrupto em direção ao objeto. O final do alcance foi definido como o primeiro quadro quando a mão do lactente tocou o objeto (FALLANG et al., 2000; CARVALHO, TUDELLA e SAVELSBERGH, 2007; TOLEDO e TUDELLA, 2008). O início e final de alcance foram verificados visualmente por um único pesquisador.

4.4 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS E MEDIDAS

As variáveis cinemáticas analisadas neste estudo indicaram parâmetros espaciais (índice de retidão e unidades de movimento) e espaço-temporais (velocidade média) do alcance. As variáveis dependentes contínuas são descritas a seguir:

4.4.1. Índice de Retidão: obtido pela razão entre a menor distância que poderia ser percorrida na trajetória (distância entre a posição inicial da mão e o objeto) e a distância percorrida pela mão (trajetória total). Quanto mais próximo de 1 for o índice, mais retilínea é a trajetória. Um índice de retidão igual a 1 indica que o lactente realizou o alcance na menor trajetória possível (THELEN, CORBETTA e SPENCER, 1996; CARVALHO, TUDELLA e SALVESBERGH., 2007; TOLEDO e TUDELLA, 2008).

4.4.2. Velocidade Média: obtida pela razão entre a distância percorrida e a duração do movimento (MATHEW e COOK, 1990) das coordenadas X, Y e Z do marcador do punho.

4.4.3 Unidades de movimento: definida como o número de velocidades máximas entre duas velocidades mínimas, sendo a diferença maior que 1 cm/s (THELEN, CORBETTA e SPENCER, 1996). A curvatura da velocidade com vários picos máximos e mínimos ilustra as várias unidades de movimento. A velocidade foi obtida

pela norma do vetor velocidade, a qual é calculada pela raiz quadrada da soma dos quadrados do vetor velocidade em X, Y e Z. Para cada alcance realizado pelo lactente foi verificada a frequência de unidades de movimento em cada idade, gerando uma frequência média de unidades de movimentos.

Além das variáveis contínuas, foi analisada a variável categórica, preensão do alcance, descrita a seguir:

4.4.4. *Preensão*: classificada em: a) sucesso – quando o lactente foi capaz de apreender o objeto com uma ou ambas as mãos; e b) sem sucesso – quando o lactente tocou o objeto mas não o apreendeu (FAGARD, 2000).

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Com a finalidade de selecionar o método apropriado, os dados foram analisados nas bases dos testes de normalidade e homocedasticidade. Os testes revelaram que os dados não apresentavam uma distribuição normal. A análise gráfica de resíduos não sugeriram qualquer padrão particular para os dados e várias transformações não satisfizeram a normalidade. Uma significância de 5% ($p \leq 0.05$) foi usado para todas as análises.

As variáveis contínuas foram analisadas pela média dos valores medianos, e a preensão pela frequência de movimentos com e sem sucesso.

A ANOVA não-paramétrica para medidas repetidas (teste de Friedman) foi utilizada para identificar diferenças entre os procedimentos em cada idade em cada variável contínua. Quando as diferenças entre os procedimentos foram significantes, os dados foram sujeitos à análise pos hoc por meio do Teste de Dunn.

O Teste Qui-Quadrado foi utilizado para identificar a diferença entre os procedimentos na variável preensão.

4.6 RESULTADOS

Foram analisados um total de 632 alcances nos 3 procedimentos, sendo 231 no P1, 224 no P2 e 177 no P3.

4.6.1 ANÁLISE ENTRE PROCEDIMENTOS

4.6.1.1 Índice de Retidão

A análise indicou que o índice de retidão foi diferente entre os procedimentos ($\chi^2 = 18,13$ (2), $p = <.00001$). Aos 5 meses, o índice de retidão foi significativamente menor no P2 quando comparado ao P1 ($p=0,0002$) e no P3 quando comparado ao P1 ($p<0.0001$) e P2 ($p=0,0181$) (Figura 1). Não houve diferença entre os procedimentos referente ao índice de retidão aos 6 e 7 meses de idade.

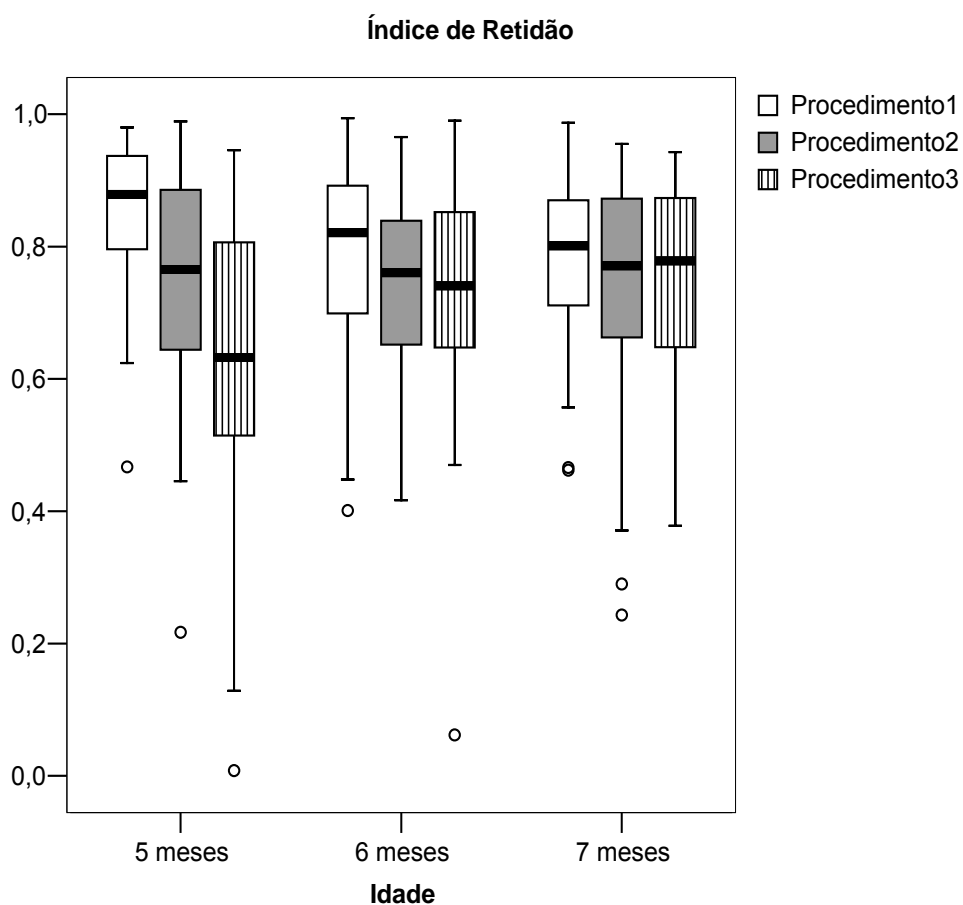


Figura 1 – Mediana e desvio padrão do índice de retidão entre os procedimentos aos 5, 6 e 7 meses

4.6.1.2 Velocidade Média

Com relação à velocidade média foi encontrado diferença significativa entre os procedimentos aos 5 ($X^2 = 5.79$, $p = 0,0036$), 6 ($X^2 = 16.22$, $p = <.0,0000$) e 7 ($X^2 = 11.15$, $p = <.0,0000$) meses. A velocidade média foi maior no P2 quando comparado ao P1 aos 5 meses ($p = 0,0008$). Aos 6 e 7 meses, a velocidade média foi

maior no P2 quando comparado ao P1 ($p < 0.0001$; $p < 0.0001$, respectivamente) e P3 ($p < 0.0001$; $p = 0,0008$) (Figura 2).

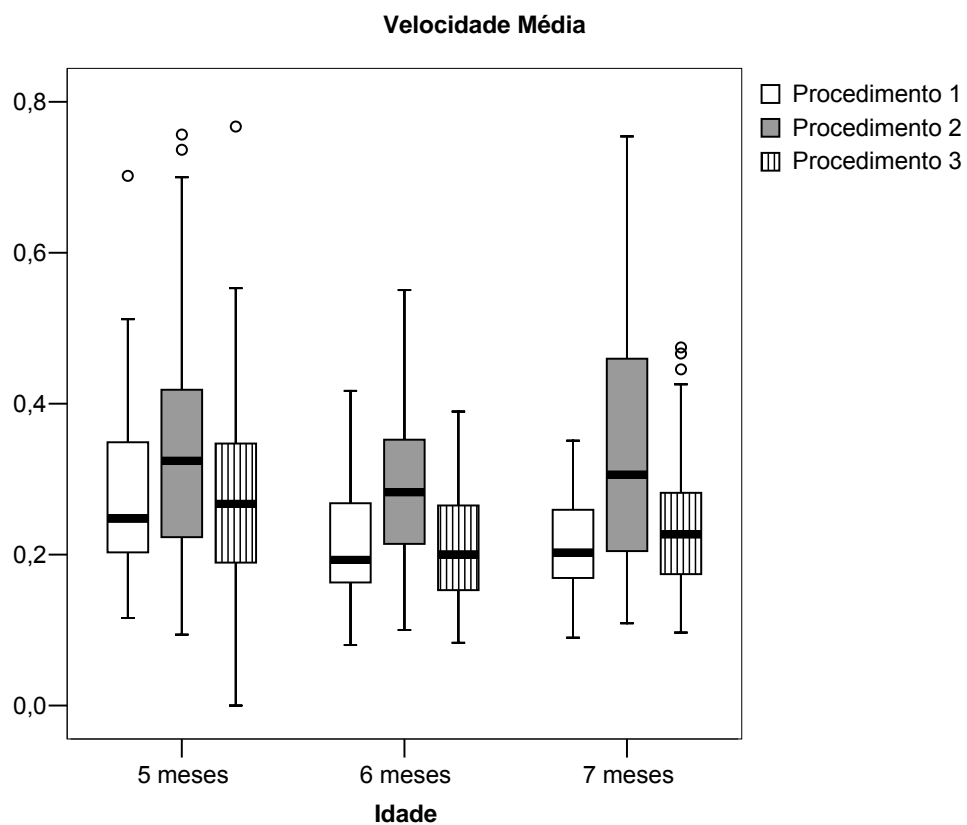


Figura 2 - Mediana e desvio padrão da velocidade média entre os procedimentos aos 5, 6 e 7 meses

4.6.1.3 Unidades de Movimento

Foi encontrada diferença entre os procedimentos ao analisar a variável unidades de movimento aos 5 ($X^2 = 7.73$, $p = 0,0006$), 6 ($X^2 = 25.40$, $p = <.0000$) e 7 ($X^2=21.80$, $p = <.0000$) meses. Houve menos unidades de movimento no P2 quando comparado ao P1 ($p=0,0001$) e ao P3 ($p=0,0444$) aos 5 meses. Aos 6 meses, o P2 apresentou menos unidades de movimento quando comparado ao P1 ($p<0.0001$) e ao P3 ($p<0.0001$); além do P3 ter apresentado menos unidades de movimento quando comparado ao P1 ($p=0,05$). Aos 7 meses, o P2 apresentou menos unidades de movimento quando comparado ao P1 ($p<0.0001$) e ao P3 ($p<0.0001$); além do P3 ter apresentado menos unidades de movimento quando comparado ao P1 ($p=0,0269$) (Figura 3).

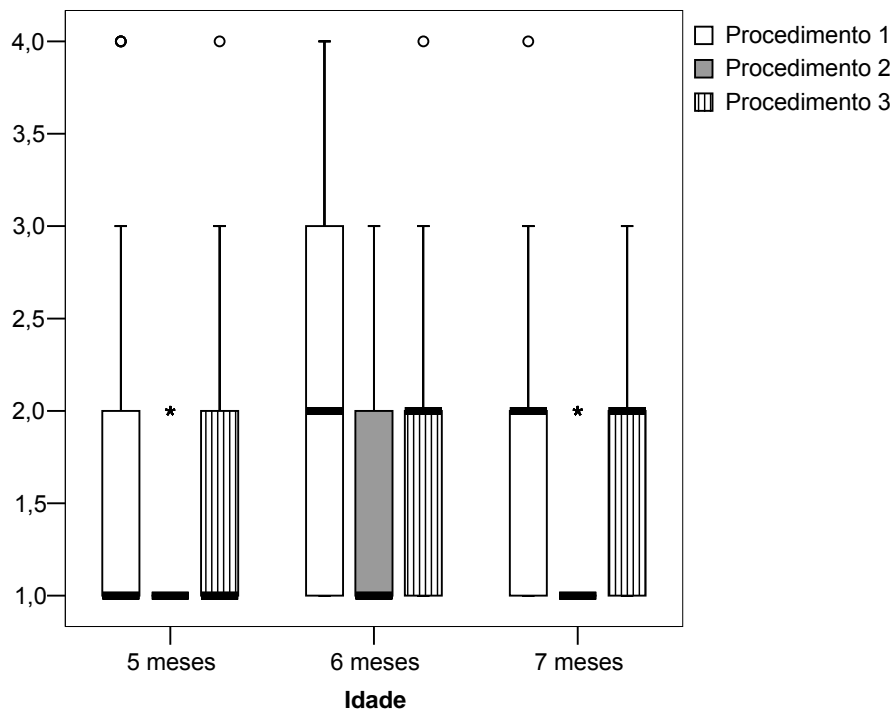


Figura 3 - Mediana e desvio padrão de unidades de movimento entre os procedimentos aos 5, 6 e 7 meses

4.6.1.4 Preensão

Com relação à preensão, foi verificada uma maior frequência de alcance sem preensão no P2 quando comparado ao P1 e ao P3 e menor frequência de alcance com preensão no P2 e P3 quando comparado ao P1 aos 5 meses ($\chi^2 = 11.7106$, $p= 0,0029$) e maior frequência de alcances sem sucesso no P2 quando comparado ao P1 aos 7 meses ($\chi^2 = 11.9380$, $p= 0,0026$) (Tabela 2).

Tabela 2. Frequência de prensão com e sem sucesso nos 3 procedimentos em cada idade

Idade (meses)	P1		P2		P3	
	Com prensão	Sem prensão	Com prensão	Sem prensão	Com prensão	Sem prensão
5	60	31	26	47	26	22
6	54	14	51	23	53	14
7	66	6	57	20	49	13
Total	231		224		177	

4.7 DISCUSSÃO

O objetivo geral do presente estudo foi verificar a influência do peso adicional e pós-peso no alcance de lactentes pré-termo de baixo risco nas idades de 5 a 7 meses de vida.

No presente estudo observou-se de uma forma geral que o peso, quando comparado ao procedimento 1, favoreceu o aumento da velocidade média, diminuiu as unidades de movimento e aumentou a frequência de alcances sem sucesso, além de diminuir o índice de retidão, especificamente aos 5 meses. Desta forma, o peso mostrou-se facilitador, perturbador e estabilizador dependendo da variável analisada.

É importante lembrar que não há relatos na literatura sobre o efeito do peso no alcance de lactentes prematuros. Há escassos estudos com lactentes a termo e estes utilizam diferentes metodologias, objetivos e variáveis, o que não permite uma homogeneidade entre os estudos com peso, dificultando a interpretação sobre o real efeito do mesmo nas habilidades motoras.

É consenso na literatura que o acréscimo do peso leva ao aumento da ativação neural (THELEN, KELSO e SKALA, 1987; ROCHA et al., 2009; FLECKER e KRAEMER, 2004) pelo aumento das unidades motoras envolvidas na ação para suportar o peso adicional e, conseqüentemente, levar ao aumento do recrutamento de fibras musculares. Um fato que ainda permanece incerto na literatura é o quanto de peso é necessário para que a ativação neural ocorrida pelo acréscimo de peso seja suficiente para modificar os parâmetros do alcance. Podemos afirmar, pelos resultados apresentados no presente estudo que o peso de 20% da massa do membro foi suficiente para alterar a dinâmica intrínseca e causar as alterações nas variáveis estudadas em lactentes pré-termo.

Uma das principais alterações ocorridas com o peso adicional foi o aumento da velocidade média em todos os meses analisados, exercendo, desta forma, um efeito facilitador. O aumento da velocidade média no procedimento 2 foi um resultado intrigante, diferente do esperado inicialmente. Acreditávamos que o peso causaria um efeito perturbador na velocidade, uma vez que o aumento da massa do membro causa o aumento da inércia e a diminuição da aceleração do braço, dificultando desta forma o deslocamento do mesmo (LEVAGIE, 2005). No entanto, ao revisar a fórmula de aceleração ($a=F/m$) notamos que o aumento da velocidade pode ter ocorrido, em parte, pelo aumento da força muscular do lactente. Ou seja, para que a velocidade aumentasse, o lactente realizou uma grande força, suficiente para vencer a diminuição da aceleração e aumento da inércia, causados pelo peso adicional. Tal suposição é suportada por Levagie (2005) que afirmam que quanto maior a massa, maior a magnitude de força necessária para o deslocamento

do segmento. Out et al. (1997) afirmaram que o peso distal causa aumento do braço de alavanca e torque dos músculos estabilizadores de ombro e escápula e, portanto para vencer estas alterações mecânicas tais músculos precisam fazer mais força para conseguir realizar o movimento. Seguindo esse raciocínio, acreditamos que a geração de força pelos lactentes deste estudo pode ter contribuído significativamente para um movimento mais veloz e mais fluente, com menos unidades de movimento.

Na faixa etária estudada, o bebê apresenta predominantemente fibras musculares tipo de II, (HOLTGREFE e GLENN, 2005), o que também pode ter contribuído para que o alcance tenha maior velocidade sob a condição de peso. Nesse sentido, Flecker e Kraemer (2004), afirmam que se uma grande quantidade de força é necessária para mover uma pequena carga em grande velocidade, as unidades motoras de alto limiar, ou seja, as fibras tipo II são recrutadas.

O resultado referente à velocidade encontrado no presente estudo é contrário ao estudo de van der Fits et al. (1998), o qual verificou que a velocidade média do membro superior não sofreu influencia do peso, mantendo-se inalterada a partir dos 8 meses. A diferença encontrada entre os estudos pode ser justificada pela diferença do peso utilizado, uma vez que no estudo de van der Fits este era de apenas 56 gramas (aproximadamente 0,7% da massa total do membro superior). No entanto, nosso resultado é similar ao resultado de Out et al. (1997), no qual ao utilizar a mesma quantidade de peso que o presente estudo também encontrou aumento da velocidade na condição peso. Apesar da complexidade dos resultados encontrados nestes dois estudos, os autores não forneceram uma explicação plausível para os mesmos.

Nossos achados com relação às unidades de movimento apóiam a hipótese de que o peso exerce uma influência facilitadora, diminuindo as unidades de movimento durante o alcance nas idades de 5 a 7 meses. Além da contribuição do aumento da força para a diminuição das unidades de movimento, anteriormente citada, acredita-se que o aumento da propriocepção, também causada pelo peso, pode ter auxiliado neste resultado. Estudos indicam que o peso adicional proporciona uma informação háptica e proprioceptiva adicional que pode facilitar a realização do movimento (CHEN et al., 2002). Massion (1998) afirma que o peso estimula receptores que monitoram o esforço muscular, como o Órgão Neurotendíneo de Golgi. Desta forma, este monitoramento do esforço muscular pode ter auxiliado para a execução de um movimento mais harmonioso. A diminuição das unidades de movimento na condição peso deste estudo está de acordo com o encontrado por Out et al. (1997). De acordo com o resultado desses autores, o peso adicional de aproximadamente 20% da massa do membro superior nos punhos de lactentes a termo de 3 a 5 meses de idade também causaram diminuição no número de unidades. Apesar dos lactentes do presente estudo apresentar idade superior à estudada por Out e colaboradores e serem prematuros, concordamos com os autores na suposição de que o controle do movimento do braço envolve estratégias que procuram corrigir a tendência de oscilação do braço, favorecendo, desta forma, a diminuição das unidades de movimento. No entanto, acreditamos que esta estratégia ocorra não somente no início do desenvolvimento do alcance, mas também em idades posteriores, de 5 a 7 meses de idade.

Outra influência importante que o peso exerceu refere-se à diminuição do índice de retidão, especificamente aos 5 meses, refutando desta forma a hipótese referente a esta variável. A diminuição do índice de retidão na condição peso demonstra que o peso exerceu um efeito perturbador, causando uma maior imprecisão na trajetória do alcance do lactente até o toque do objeto. Um movimento mais coordenado e mais preciso é demonstrado, em parte, pela trajetória da mão mais retilínea (KONCZAK e DICHGANS, 1997; MATHEW e COOK, 1990; THELEN et al., 1996), ou seja, com maior índice de retidão. De acordo com Fleck e Kraemer (2004) para que um movimento seja realizado de forma controlada e coordenado, frente a uma carga imposta, é preciso a habilidade de graduação da produção de força muscular pela ativação de unidades motoras suficientes e necessárias para a atividade em questão. Neste sentido, acreditamos que os lactentes do presente estudo aos 5 meses de idade, ainda não desenvolveram esta habilidade de graduar a produção de força, o que pode ter contribuído para um controle insuficiente do movimento. Conseqüentemente ocorreu uma maior distância percorrida pelo braço até o toque no objeto. Por outro lado, constatamos que aos 6 e 7 meses o peso não influenciou o índice de retidão, ou seja, teve um efeito estabilizador, o que nos permite inferir que nesta faixa etária o lactente aprendeu a graduar sua força muscular, evitando desta forma, a imprecisão do movimento observada no 5º mês. Tais idéias podem ser apoiadas pelo estudo de De Groot et al. (1992) ao estudarem a potência muscular ativa, observada pela ativação muscular em movimentos ativos, e potência muscular passiva, observada pela resistência muscular ao movimento passivo. Os autores verificaram em um estudo de caso que na idade de 18 semanas

(aproximadamente 4 meses e 15 dias) o prematuro de baixo risco apresentou uma alta potência muscular ativa, ou seja, uma ativação muscular exagerada, demonstrando assim, uma desarmonia entre a potência muscular ativa e passiva. Já aos 6 meses, a potencia muscular ativa e passiva encontraram-se em completa harmonia uma com a outra. Tais evidências nos permite concluir que a partir dos 6 meses a possível harmonia entre a potência muscular ativa e passiva pode contribuir para uma graduação de força adequada.

Outro efeito perturbador do peso refere-se a variável preensão, uma vez que houve aumento de preensão sem sucesso aos 5 e 7 meses de idade e diminuição da frequência de alcances com preensão aos 5 meses. Este resultado não está de acordo com o estudo de Rocha et al. (2009), no qual foi encontrado que o peso de 10% da massa do membro superior não influenciou a preensão do alcance em lactentes a termo. Os autores concluíram que a quantidade de peso utilizado foi insuficiente para alterar a dinâmica desta variável analisada. No entanto, no presente estudo, acreditamos que o peso de 20% foi suficiente para perturbar a preensão do alcance. Um possível fator que pode ter contribuído para a sua diminuição no procedimento 2 refere-se à dificuldade de realizar um movimento que requer diferentes tipos de contrações em diferentes grupos musculares. Ao realizar a extensão do cotovelo com uma carga no ponto mais distal do antebraço, o lactente precisa realizar uma contração excêntrica do bíceps para manter o braço estendido contra a gravidade e ao mesmo tempo uma contração concêntrica dos músculos intrínsecos da mão e flexores de punho (SMITH, WEISS e LEHMKUHL, 1997), além da ação estabilizadora entre flexores e extensores de punho e mão. Parece, desta

forma, que o peso de 20% da massa do membro causou uma perturbação suficiente para dificultar esta sinergia muscular.

Na condição pós-peso (P3), aos 5 meses constatou-se diminuição do índice de retidão quando comparado ao procedimento 1 e ao procedimento 2, aumento das unidades de movimento quando comparado ao procedimento 2, menor preensão sem sucesso que o procedimento 2 e menor preensão com sucesso que o procedimento 1. Como apresentado até agora, o peso leva a uma sobrecarga do sistema musculoesquelético, que por sua vez precisou se readequar para conseguir realizar a tarefa de alcançar o objeto. Ao retirar o peso esta sobrecarga diminuiu bruscamente e o sistema precisa se adaptar rapidamente a esta nova condição. Um fator muito importante associado às alterações ocorridas com a retirada do peso refere-se à diminuição da informação proprioceptiva adicional que o peso causa. Massion (1998) afirma que o sistema proprioceptivo intervém na presença de um peso, o qual é percebido pelos receptores de peso que monitoram os efeitos da gravidade nos segmentos corporais. Acreditamos desta forma, que ao retirar subitamente o peso, a ação dos receptores do peso que estavam monitorando e controlando aquele movimento, pode ter influenciado a dinâmica neuromuscular e consequentemente ter levado a um descontrole na trajetória. Tal descontrole foi representado pela trajetória menos retilínea e com mais acelerações e desacelerações. No entanto, apesar da diminuição do índice de retidão e aumento das unidades de movimento, os lactentes conseguiram manter a frequência de alcance com preensão e inclusive, diminuíram a frequência de alcances sem preensão. Um fato interessante foi que aos 6 e 7 meses, as alterações ocorridas pela

retirada imediata do peso referentes ao índice de retidão e a preensão de alcance deixaram de existir, e as unidades de movimento passaram a ser menores que o procedimento 1. Parece, desta forma, que com a idade e conseqüente melhora no controle neuromuscular, o sistema musculoesquelético se adapta a condição.

De uma forma geral observa-se que o peso e o pós peso influenciaram o movimento de alcance, o que indica que os sistemas envolvidos no movimento de alcance de lactentes prematuros na faixa etária de 5 a 7 meses estão suscetíveis a sofrerem modificações frente a perturbações do peso. De acordo com Ulrich et al. (1998), quando uma perturbação é grande o suficiente e alcança valores críticos, esta pode transformar um comportamento, modificando seus padrões.

Tais resultados têm um grande impacto clinicamente, uma vez que ilustra que o peso apresenta efeitos facilitadores, e perturbadores, sendo este último principalmente ao se considerar a preensão, no movimento de alcance. Desta forma para que o peso seja utilizado na prática clínica, os objetivos terapêuticos precisam estar bem definidos e os efeitos do pós-peso conscientes. Não podemos deixar de apontar, no entanto, que no presente estudo o peso adicional e o pós-peso foram verificados apenas uma vez em cada idade e não se realizou um treinamento contínuo, o qual poderia modificar drasticamente os resultados aqui apresentados, principalmente quando se refere a preensão do alcance. Estudos relatam que o uso contínuo do peso leva a uma adaptação muscular e modificação do tipo de fibras musculares recrutadas (FLECK e KRAEMER, 2004), mudanças que podem melhorar a coordenação motora. Desta forma, outros estudos precisam ser realizados com

esta finalidade, assim como o uso do peso adicional como exercício terapêutico na prática clínica e a análise do pós-peso em períodos mais prolongados.

O presente estudo é extremamente importante como um primeiro passo para se conhecer os efeitos do peso adicional e do pós-peso no movimento funcional de lactentes pré-termo tardios. No entanto, demais estudos precisam ser realizados visando a prática terapêutica do mesmo.

Pode-se concluir que o peso adicional influencia o movimento de alcance de lactentes prematuros tanto durante o seu uso quanto após a sua retirada imediata e os resultados encontrados poderão servir para subsidiar novos estudos de intervenção com o objetivo de analisar o efeito do treinamento com peso em lactentes. É possível que o peso seja utilizado como uma estratégia terapêutica, desde que os objetivos terapêuticos estejam previamente estabelecidos, no entanto novos estudos delineados para a intervenção precisam ser realizados.

Comentários dos autores

Agradecemos aos pais e lactentes pela participação no estudo. A primeira autora recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). O estudo foi apoiado pela Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

4.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOLPH, K.E.; AVOLIO, A.M. Walking infants adapt locomotion to changing body dimensions. *Journal Experimental Psychology Human Percept Performance*, v. 26, p. 1148-1166, 2000

BARROS, R. M. L., BREZIKOFER, R., LEITE, N. J., & FIGUEIROA, P. J. Development and evaluation of a system for three-dimensional kinematic analysis of human movements. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 15, p. 79–86, 1999

CAMPOS, A.C; ROCHA, N.A.C.F., SAVELSBERGH, G.J. Development of reaching and grasping skills in infants with Down syndrome. **Research in Developmental disabilities**, v. 31, n.1, p. 70-80, 1990

CARVALHO, R. P., TUDELLA, E., SAVELSBERGH, G. J. P. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behavior and Development**, v. 30, p. 23–35, 2007.

CHEN, Y.P. ; FETTERS, L. ; HOLT, K.G. ; SALTZMAN, E.. Making the mobile move: constraining task and environment. **Infant Behavior and Development**, v. 25, p. 195-220, 2002.

CORBETTA, D. Why do infants regress to two-handed reaching at the end of the first year? **Infant Behavior and Development**, v. 21, p. 42, 1998.

DE GROOT L.; HOPKINS, B.; TOUWEN, B.C.L. A method to assess the development of muscle power in preterm after term age. **Neuropediatrics**, v. 23, p.172-179, 1992

DIBIASI, J; EINSPIELER, C. Load perturbation does not influence spontaneous movements in 3-month-old infants. **Early Human Development**, v.77, p. 37-46, 2004.

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 Behavior and Development**, v. 23, p. 317-329, 2000.

FALLANG, B., SAUGSTAD, O. D., GROGAARD, J., HADDERS-ALGRA. Kinematic quality of reaching movements in preterm infants. **Pediatric Research**, v. 53, p. 836–842, 2003

FALLANG, B., SAUGSTAD, O. D., HADDERS-ALGRA, M. Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. **Behavioral Brain Research**, v.115, p. 8–18, 2000

FLECK, S. J., KRAEMER, W. J. (2004). Designing resistance training programs (4th edn.). Champaign, IL: Human Kinetics.

HOLTGREFE, K; GLENN, T.M. Resistance Exercise for Impaired Muscle Performance. In: Therapeutic exercise : foundations and techniques / Carolyn Kisner, Lynn Allen Colby. — 5th ed, F. A. Davis Company. Philadelphia, 2005

KONCZAK, J., DICHGANS, J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3years of life. **Experimental Brain Research**, v. 117, p.346–354, 1997

KUHTZ-BUSCHBECK, J.P.; STOLZE, H.; GOLGE, M.; RITZ, A. Analyses of Gait, Reaching, and Grasping in Children After Traumatic Brain Injury. **Archives Physiology Medicine Rehabilitation**, v.4, 2003

LEVAGIE, P.K. Biomechanical Applications to Joint Structure and Function. In: Joint structure and function: a comprehensive analysis. F. A. Davis Company. Philadelphia, 4th ed. 2005

MASSION, J. Postural Control Systems in Developmental Perspective. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 22, n 4, p. 465–472, 1998

MATHEW, A., COOK, M. The control of reaching movements by young infants. **Child Development**, v.61, p.1238-1257, 1990

OUT; SAVELSBERGH, G. J. P., VAN SOEST, A. J., HOPKINS, B. The effect of posture on early reaching movement. **Journal of Motor Behavior**. V.30, p.260-272, 1997.

PRECHTL, H. F. R., BEINTEMA, D. J. The neurological examination of the full-term newborn infant. In Clinics in development medicine. London: Lavenham Press, 1964

ROCHA, N. A. C. F., SILVA, F. P. S., TUDELLA, E. Impact of object proprieties on infant's reaching behavior. **Infant Behavior and Development**, v.29, p.251–261, 2006.

ROCHA, N. A. C. F., COSTA, C. S. N., SAVELSBERGH, G., TUDELLA, E. The effect of additional weight load on infant reaching. *Infant Behavior and Development*, v. 32, p. 234-237, 2009

SMITH, L.K; WEISS, E.L; LEHMKUHL, L.D. Cinesiologia Clínica de Brunnstrom. Editora Manole. 1ª Edição brasileira, 1997.

THELEN, E., CORBETTA, D., SPENCER, J. P. Development of reaching during the first year: role of movement speed. **Journal Experimental Psychology: Human Percept Perform**, v. 22, p. 1059-1076, 1996

THELEN, E. CORBETTA, D.; KAMM, K. The transition of reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Development**, v. 64, p. 1058-1098, 1993.

THELEN, E; SKALA, K. D.; KELSO, J. A. S. The dynamic nature of early coordination: evidence from bilateral leg movements in young infants. **Development Psychology**, v. 23, n. 2, 179-186, 1987.

TOLEDO, A. M., TUDELLA, E. The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. **Infant Behavior and Development**, 31, 398–407, 2008

TOLEDO, A. M., SOARES, D.A.; TUDELLA, E. Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants . *Journal of Motor Behavior*, 2011, in press.

ULRICH, B.D.; ULRICH, D.A.; ANGULO-KINZLER, R.M. The impact of context manipulation on movement patterns during a transition period. **Human Movement Science**, v. 17, p.327-346, 1997

VAAL, J.; VAN SOEST, K.; HOPKINS, B.; SIE, L.T.L . Spontaneous leg movements in infants with and without periventricular leukomalacia: effects of unilateral weighting. **Behavioural Brain Research**, v. 129, p. 83-92, 2002.

VAAL, J.; VAN SOEST, A. J., K.; HOPKINS, B. Spontaneous kicking behavior in infants: age-related effects of unilateral weighting. **Developmental Psychobiology**, v. 33, p. 111-122, 2000.

VAN DER FITS, I.B.M; HADDERS-ALGRA, M. The development of postural responses patterns during reaching in healthy infants. **Neuroscience and Biobehavioral**, p.521-526, 1998

VAN DER HEIDE, J.C.; FOCK, J.M.; OTTEN, B.; STREMMELAAR, E.; VAN EYKERN, LA.; HADDERS-ALGRA, M. Postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. **Developmental Medicine & Child Neurology** , v.46, p.253–266, 2004

VON HOFSTEN, C. Developmental changes in the organization of prereaching movements. **Developmental Psychology**, v.20, n.3, p.378–388, 1984

SCHNEIDER, K., ZERNICKE, R. F. Biomechanics and developmental neuromotor control. **Child Development**, v.64, p.982–1004, 1992.

ESTUDO III

(A ser Submetido)

5. Estudo III

Uso das idades cronológica e corrigida na avaliação do alcance manual

Use of chronologic and corrected ages in the reaching evaluation

Título Condensado: Alcance e correção da idade / *reaching behavior and corrected age*

Aline Martins de Toledo¹, Daniele de Almeida Soares², Eloísa Tudella²

¹ Curso de Fisioterapia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil.

² Departamento de Fisioterapia, Setor de Neuropediatria, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

Endereço para correspondência: Aline Martins de Toledo, Rua Sete de Setembro, 2008, apto. 1203, 13920-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: toledo_am@yahoo.com.br

Resumo

O uso da idade corrigida ou cronológica na avaliação do lactente prematuro tem um papel importante na prática clínica, pois auxilia na tomada de decisão para o encaminhamento à intervenção. No entanto, ainda há controvérsias na literatura com relação a qual idade deve ser considerada na avaliação de lactentes jovens. O alcance manual é uma importante habilidade funcional, no entanto não há estudos na literatura avaliando esta habilidade nas idades corrigida e cronológica de lactentes prematuros. Desta forma, o objetivo deste estudo é verificar a necessidade da correção da idade ao avaliar o alcance manual de lactentes pré-termo. Foram avaliados 9 lactentes prematuros, de baixo risco para lesão neurológica, na faixa etária de 5 a 7 meses nas idades corrigida e cronológica e 10 a termo. Os lactentes foram posicionados em uma cadeira infantil, inclinada a 50° com a horizontal. Foram analisadas: a) variáveis cinemáticas do alcance: índice de retidão, velocidade média e unidades de movimento; b) ajustes proximais: unimanual ou bimanual; c) ajustes distais: orientação da mão (verticalizada, horizontalizada ou oblíqua) e abertura da mão (aberta, fechada ou semi-aberta); d) preensão: com e sem sucesso. Comparando-se o grupo pré-termo com idade cronológica com o grupo a termo, os primeiros apresentaram menor velocidade, mais unidades de movimento, mão mais horizontalizada e com maior frequência de preensão sem sucesso aos 7 meses. Na idade corrigida os pré-termo apresentaram velocidade menor que o a termo, porém manteve a preensão com sucesso. Parece que ao avaliar o alcance manual o 7º mês de idade cronológica pode ser um marco para o início da manifestação de disfunções no desenvolvimento dessa habilidade. Na idade corrigida a menor velocidade pode ser considerada uma estratégia para os lactentes alcançarem com sucesso. Recomenda-se que ambas as idades sejam consideradas ao se avaliar o alcance manual na faixa etária de 5 a 7 meses, pois assim será possível uma ponderação com relação à decisão clínica a ser tomada no que diz respeito ao encaminhamento do lactente a intervenção.

Palavras-chave: correção da idade, alcance, intervenção, prematuridade.

5.1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 30, quando Mohr e Bartelman (1930) introduziram a idéia de idade concepcional, ajustar a idade pós-termo tem sido prática padronizada entre clínicos. Esta prática reflete uma tentativa de reduzir ou remover as diferenças no desenvolvimento motor decorrentes do nascimento prematuro em relação ao nascimento a termo (WILSON e CRADOCK, 2004). No entanto, ao se utilizar a idade corrigida há possibilidades de ocorrer uma superestimativa do nível da habilidade motora. Neste caso, a presença de eventual atraso seria negligenciada e os lactentes não receberiam a intervenção motora adequado, ou a receberiam tardiamente (RESTIFFE e GHERPELLI, 2006). A correção da idade embasa-se em uma perspectiva biológica, na qual se acredita que o desenvolvimento motor é determinado pela maturação do sistema nervoso central, independentemente de influências ambientais (WILSON e CRADOCK, 2004). Por outro lado, considerar a idade cronológica pode resultar numa sub-estimativa, onde alguns lactentes pré-termo seriam encaminhados para intervenção sem realmente necessitarem dela (SIEGEL, 1983; RESTIFFE e GHERPELLI, 2006). O uso da idade cronológica reflete uma perspectiva ambientalista, a qual destaca a importância de fatores extrínsecos, como estimulação dos pais e estímulos ambientais no desenvolvimento motor dos lactentes (WILSON e CRADOCK, 2004).

Lactentes pré-termo, de uma forma geral, apresentam padrões irregulares no desenvolvimento (BLASCO, 1989) podendo apresentar-se atrasados, equivalentes ou acelerados (RESTIFFE e GHERPELLI, 2006). Para minimizar erros de interpretação

dos resultados na avaliação clínica de lactentes pré-termo, alguns aspectos devem ser considerados para se decidir qual idade deve ser utilizada, se corrigida ou cronológica. Dentre esses aspectos, destacam-se o grau de prematuridade, a idade atual da criança e a habilidade avaliada.

Em relação ao grau de prematuridade, autores concordam que em lactentes pré-termo com idade gestacional superior a 28-32 semanas, com mínimas complicações médicas associadas e peso ao nascimento adequado, deve-se considerar a idade corrigida. Como estes lactentes tendem a apresentar uma evolução do desenvolvimento similar aos lactentes a termo, o uso da idade corrigida poderia evitar uma intervenção precoce desnecessária e reduzir a ansiedade dos pais (WILSON e CRADOCK, 2004). Em lactentes com idade gestacional inferior a 28 semanas, com baixo peso ao nascimento e complicações médicas associadas, o uso da idade cronológica parece a mais indicada. Seu uso diminui a probabilidade de superestimar as habilidades do lactente, favorecendo a indicação da intervenção precoce adequadamente (MATILAINEN, 1987).

Quanto à idade atual da criança é sugerido que o uso da idade cronológica antes dos 2 anos de vida pode diagnosticar disfunção motora inapropriadamente (PALISANO, 1986 ; ALEN e ALEXANDER, 1990; OUDEN, et al., 1991). Estes autores demonstraram que os lactentes pré-termo na idade cronológica apresentam atrasos significativos na aquisição dos marcos motores, enquanto que os lactentes pré-termo com idade corrigida atingem as habilidades motoras tipicamente quando comparados a lactentes a termo. No mesmo sentido, Blasco (1989) afirma que a correção deve ser feita até os 24 meses de idade pós-termo e a partir desta idade deixa-se de corrigir e

considera-se a idade cronológica ao realizar testes de avaliação do desenvolvimento infantil.

Ao se considerar a habilidade avaliada, seja ela motora ou cognitiva há controvérsias na literatura em relação ao comportamento das mesmas ao utilizar as idades corrigida e cronológica. No trabalho de Palisano (1986), constatou-se que os quocientes de desenvolvimento da atividade motora grossa de lactentes pré-termo com idade cronológica, considerados de baixo risco para desordens neurológicas, são muito próximos aos valores preditivos. Por outro lado, o quociente de desenvolvimento motor fino, tanto baseado na idade cronológica como na idade corrigida, não atingiu níveis próximos aos valores preditivos. Allen e Alexander (1990) observaram que a idade de aquisição do sentar com e sem apoio ocorreu tardiamente nos lactentes pré-termo com idade corrigida com idade gestacional abaixo de 32 semanas. Entretanto, este atraso não foi encontrado nos demais marcos motores estudados, como o rolar, engatinhar e puxar-se para de pé. Matilainen (1987) constatou que lactentes pré-termo com idade cronológica e idade gestacional entre 34 e 36 semanas, adquiriram o rolar de supino para prono, controle de cabeça, preensão de objetos e caminhar sem apoio mais tarde que lactentes a termo. Enquanto que na idade corrigida adquiriram a marcha e a fala na mesma idade que lactentes a termo, mas apresentaram uma superestimativa nas habilidades de suporte de cabeça, alcance, preensão em pinça, ficar em pé sem apoio e sentar sem apoio.

Uma importante limitação desses estudos e do diagnóstico tradicional é o foco na idade de aquisição de marcos motores sem a identificação de possíveis ganhos na qualidade do movimento. Desta forma, torna-se fundamental analisar a necessidade da correção da idade em habilidades motoras funcionais e com variáveis específicas

referente a tais habilidades, pois desta forma, será considerado aspectos mais qualitativos do desenvolvimento motor.

Uma habilidade funcional que parece adequada para verificar os efeitos das idades corrigida e cronológica é o alcance manual. Esta habilidade permite as primeiras experiências de exploração e manipulação do ambiente independentemente (THELEN et al., 1993). Com isso, o estudo do alcance proporciona o conhecimento de como o lactente passa a aprimorar a capacidade de interagir com o meio externo e adaptar suas capacidades intrínsecas em função do mesmo (GIBSON, 1988). No entanto, os estudos encontrados na literatura pesquisada sobre o desenvolvimento do alcance em lactentes pré-termo consideraram apenas a idade corrigida (FALLANG, et al. 2003; TOLEDO e TUDELLA, 2008; TOLEDO, SOARES, e TUDELLA, 2011).

Mediante o exposto, pode-se observar que a correção ou não da idade é um assunto controverso na literatura. Os estudos que abordam tal questão são, em sua maioria, antigos e não conclusivos, principalmente por envolver diversos fatores que determinam o desenvolvimento motor. Acreditamos desta forma, que o assunto precisa ser retomado, uma vez que embasa a elegibilidade para o encaminhamento do lactente a intervenção.

Desta forma, o presente estudo tem por objetivo avaliar o alcance de lactentes pré-termo de baixo risco nas idades cronológica e corrigida, com o intuito de analisar as implicações terapêuticas ao utilizar cada uma destas idades na avaliação do alcance. Acredita-se que o presente estudo poderá auxiliar profissionais e pesquisadores na tomada de decisão clínica quanto a qual idade considerar ao avaliar o alcance de lactentes pré-termo.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 PARTICIPANTES

Os lactentes do presente estudo participaram em dois estudos prévios referente à análise cinemática (TOLEDO e TUDELLA, 2008) e análise categórica (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011) do alcance manual. Participaram do presente estudo 9 lactentes pré-termo tardios (de um total de 9 elegíveis dos estudos anteriores), com idade gestacional mínima de 34 semanas e máxima de 36 semanas e 6 dias ($M= 35,6$ semanas; $DP 0,5$), com peso médio ao nascimento de 2,960 kg ($DP 0,25$) e Apgar médio de 8,2 ($DP 0,7$) no primeiro e 9,3 ($DP 0,5$) no quinto minuto. Não foram elegíveis ao estudo lactentes que apresentassem pelo menos uma das seguintes condições: (1) complicações pré-natais; (2) risco para paralisia cerebral, incluindo leucomalácia periventricular, hemorragias intracranianas ou alterações no ultra-som cerebral; (3) problemas cardiorrespiratórios; (4) hiperbilirrubinemia; (5) retinopatia da prematuridade; (6) síndromes genéticas; e (7) peso ao nascimento abaixo do adequado para a idade gestacional. Os prontuários e médicos neonatologistas foram consultados em relação aos critérios de seleção ou não-inclusão dos lactentes no estudo segundo os fatores de risco anteriormente descritos. Para o grupo controle, participaram 10 lactentes a termo (de um total de 10 elegíveis dos estudos anteriores), com idades gestacionais mínima e máxima respectivas de 38 e 42 semanas ($M= 39$ semanas; $DP 0,73$), peso médio ao nascimento de 3,363 kg ($DP 0,14$) e Apgar médio de 8,2 ($DP 0,5$) no primeiro e 9,6 ($DP 0,5$) no quinto minuto.

5.2.2 PROCEDIMENTOS E MATERIAIS

Os lactentes pré-termo e a termo foram avaliados longitudinalmente aos 5 (pré-termo: $M [DP] = 20,2 [0,6]$ semanas; a termo $M [DP] = 20,0 [0]$ semanas), 6 (pré-termo $M [DP] = 24,2 [0,6]$ semanas; a termo: $M [DP] = 24,0 [0,4]$ semanas) e 7 meses de idade (pré-termo $M [DP] = 28,2 [0,6]$; a termo: $M [DP] = 28,1 [0,5]$ semanas). No grupo pré-termo foram consideradas as idades cronológica e corrigida. As avaliações nos grupos a termo e pré-termo com idade cronológica coincidiram com a data de aniversário, com uma tolerância de mais ou menos 5 dias. As datas das avaliações no grupo pré-termo com idade corrigida foram obtidas pela subtração em semanas entre a idade gestacional e a termo (40 semanas). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade envolvida (protocolo n. 0012.0.135.000-06). Os pais autorizaram a participação dos lactentes no estudo mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Um marcador reflexivo foi fixado na região cárpica dorsal dos lactentes (CARVALHO, TUDELLA e SAVELSBERGH, 2007; TOLEDO e TUDELLA, 2008) em ambos os punhos. Em seguida, estes foram posicionados em uma cadeira infantil com o encosto reclinado a 50° com a horizontal (BERGMEIER, 1992; TOLEDO e TUDELLA, 2008). Uma faixa foi ajustada ao redor do tronco dos lactentes para promover estabilidade de tronco, possibilitando movimentação livre dos braços. Foi permitido um período de 10 segundos para que os lactentes se adaptassem à situação, durante o qual nenhum estímulo lhes foi apresentado (TOLEDO e TUDELLA, 2008).

Para estimular o alcance foi utilizado um brinquedo atrativo, maleável e de látex, não familiar aos lactentes, de aproximadamente 5 centímetros de diâmetro e 10

centímetros de altura. O objeto era segurado pelo examinador e apresentado por 2 minutos, na linha média, na altura dos ombros, e na distância do comprimento dos braços do lactente (TOLEDO e TUDELLA, 2008; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011). Neste período, o intervalo entre as reapresentações do objeto foi de aproximadamente 5 segundos. Cada alcance, com ou sem preensão, foi considerado uma tentativa. Desta forma, o número total de tentativas dependeu de cada lactente. Os lactentes permaneceram em estado de alerta inativo ou ativo durante todo o experimento (PRECHTL e BEINTEMA, 1964).

Toda a fase experimental foi filmada por cinco câmeras digitais (frequência de 60 Hz). Para a análise das variáveis contínuas, duas câmeras foram posicionadas ântero-lateralmente à cadeira, cada qual em um dos lados direito e esquerdo, formando um ângulo de 60° entre elas; e duas câmeras foram posicionadas póstero-lateralmente, cada qual em um dos lados, formando um ângulo de 60° entre elas (TOLEDO e TUDELLA, 2008). A quinta câmera, situada póstero-superiormente à cadeira, foi utilizada para a análise das variáveis categóricas (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

5.3 SISTEMA DE ANÁLISE

As imagens foram capturadas por um computador utilizando o *software* Adobe Premier® 6.3 e posteriormente abertas no sistema Dvideow® 5.0 (BARROS, BRENZIKOFER, LEITE, e FIGUEIROA, 1999). Este sistema foi utilizado para obter a reconstrução tridimensional dos marcadores fixados nos punhos do lactente e para a identificação, quadro a quadro, do início e final do movimento de alcance.

Foi considerado alcance somente quando o movimento dos braços resultou

no toque do objeto, com ou sem apreensão deste. O início do alcance foi definido como o primeiro quadro no qual o braço do lactente iniciava ininterruptamente o movimento em direção ao objeto. O final do alcance foi definido como o primeiro quadro quando a mão do lactente tocava o objeto (CARVALHO, TUDELLA e SALVESBERGH, 2007, TOLEDO, SOARES, e TUDELLA, 2011).

Para analisar os movimentos da mão esquerda, foram utilizadas as imagens das duas câmeras posicionadas no lado esquerdo da cadeira; enquanto os movimentos da mão direita foram analisados por meio das imagens das duas câmeras posicionadas no lado direito da cadeira. Para alcances bimanuais, foi analisada a mão que primeiro tocou o objeto.

As variáveis contínuas foram calculadas por meio da reconstrução tridimensional do movimento pelo deslocamento das marcas afixadas nos centros articulares dos membros superiores, utilizando-se o Sistema Dvídeow. A partir disso, foi utilizado o programa Matlab com o objetivo de filtrar esses dados (filtro do tipo Butterworth digital de 4ª ordem, 6 Hz). As rotinas do Matlab foram, então, aplicadas nas coordenadas dos movimentos, e calculadas as variáveis espaço-temporais. As variáveis categóricas do alcance foram analisadas por meio da frequência de ocorrência de cada categoria.

5.4 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CONTÍNUAS

5.4.1. Índice de retidão:

Obtido pela razão entre a menor distância que poderia ser percorrida na trajetória (distância entre a posição inicial da mão e o objeto) e a distância percorrida pela mão (trajetória total). Quanto mais próximo de 1 for o índice, mais retilínea é a trajetória. Um índice de retidão igual a 1 indica que o lactente realizou o alcance na menor trajetória possível (THELEN, CORBETTA e SPENCER, 1996; CARVALHO, TUDELLA e SALVESBERGH., 2007).

5.4.2. Velocidade média:

Obtida pela razão entre a distância percorrida e a duração do movimento (MATHEW e COOK, 1990) das coordenadas X, Y e Z do marcador do punho.

5.4.3. Unidade de movimento:

Definida como o número de velocidades máximas entre duas velocidades mínimas, sendo a diferença maior que 1 cm/s (THELEN, CORBETTA e SPENCER, 1996). A curvatura da velocidade com vários picos máximos e mínimos ilustra as várias unidades de movimento. A velocidade foi obtida pela norma do vetor velocidade, a qual é calculada pela raiz quadrada da soma dos quadrados do vetor velocidade em X, Y e Z. Para cada alcance realizado pelo lactente foi verificada a frequência de unidades de movimento em cada idade, gerando uma frequência média de unidades de movimentos.

5.5 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS CATEGÓRICAS

As variáveis categóricas foram analisadas somente ao toque do objeto.

5.5.1 Ajustes proximais

Os ajustes proximais foram considerados como a iniciativa de direcionar um ou ambos os membros superiores ao alvo apresentado. Foram considerados os seguintes ajustes proximais:

a) *alcance unimanual*: quando o lactente deslocasse somente um dos membros superiores em direção ao objeto (CORBETTA, THELEN e JOHNSON, 2000; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011) ou quando ambos os membros se deslocassem com uma diferença superior a 20 quadros de um membro para o outro (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011);

b) *alcance bimanual*: quando o lactente deslocasse simultaneamente os membros superiores em direção ao objeto (CORBETTA, THELEN e JOHNSON, 2000; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011), ou quando os membros saíssem da posição inicial com atraso igual ou inferior a 20 quadros de uma mão em relação à outra (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011); as mãos deveriam deslocar simultaneamente até pelo menos a metade do arco de movimento (50% da trajetória), e o toque poderia ser ou não com ambas as mãos simultaneamente (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

5.5.2 Ajustes distais

Os ajustes distais foram considerados os ajustes realizados pelas mãos e dedos durante a trajetória do movimento. Foram avaliados os ajustes distais:

a) *orientações da palma da mão*: diz respeito à posição da mão no momento do toque do objeto, classificadas em: *horizontal* – quando o antebraço estivesse em pronação, com a palma da mão voltada para; *vertical* – quando o antebraço estivesse em posição neutra e a palma da mão orientada para a linha média do corpo do lactente (FAGARD, 2000); e *oblíqua* – quando a mão estivesse em posição intermediária em relação às outras duas anteriormente citadas (ROCHA, COSTA, SAVELSBERGH e TUDELLA, 2009; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011);

b) *abertura da mão*: diz respeito à posição dos dedos no momento do toque do objeto, classificada em: *mão aberta* quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estivessem estendidas; *mãos fechadas* quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estivessem fletidas; e *mão semi-aberta* quando as articulações metacarpofalangeanas estavam fletidas (independentemente do grau de flexão), enquanto as articulações interfalangeanas estivessem estendidas, ou ainda, quando as metacarpofalangeanas estivessem estendidas e as interfalangeanas fletidas, independentemente do grau de flexão (TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

5.5.3 Preensão

A preensão foi considerada *com sucesso* quando o lactente conseguisse

tocar e apreender o objeto ou parte dele com uma ou ambas as mãos. A apreensão *sem sucesso* foi determinada quando o lactente conseguisse tocar o objeto, mas não apreendê-lo (FAGARD, 2000; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

5.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O programa computacional utilizado para o tratamento estatístico dos dados foi o *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS, versão 10.0). Para selecionar o método estatístico adequado, os dados foram analisados quanto aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade, revelando que os dados não apresentaram distribuição normal. A análise gráfica de resíduos não sugeriu um padrão particular para os dados e várias transformações não chegaram à normalidade. Uma significância de 5% ($p \leq 0.05$) foi usado para todas as análises.

As variáveis contínuas foram analisadas por meio dos valores medianos e as variáveis categóricas pela porcentagem da frequência de ocorrência dos movimentos. Aplicou-se o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para comparar as variáveis contínuas e categóricas entre os grupos (pré-termo com idade cronológica x a termo e pré-termo com idade corrigida x a termo) em cada idade.

As análises das variáveis contínuas e categóricas referentes à comparação entre os grupos pré-termo com idade corrigida e a termo foram retomadas de nossos estudos prévios (TOLEDO e TUDELLA, 2008; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011) e serão brevemente rerepresentados no item Resultados.

5.7 RESULTADOS

Foram incluídos na análise 709 alcances, sendo 227 realizados pelo grupo pré-termo na idade cronológica, 230 pelo grupo pré-termo na idade corrigida, e 252 pelo grupo a termo.

5.7.1 GRUPO PRÉ-TERMO COM IDADE CRONOLÓGICA X GRUPO A TERMO

5.7.1.1 Variáveis contínuas

Aos 5 e 6 meses de idade não houve diferença entre os grupos ($p>0,05$) ao se analisar as variáveis contínuas. Aos 7 meses foi constatado que a velocidade média do grupo pré-termo com idade cronológica foi significativamente menor ($U=16$; $p<0,018$) (Figura 1) e as unidades de movimento significativamente maior ($U= 16$; $p<0,018$) (Figura 2), que no grupo a termo.

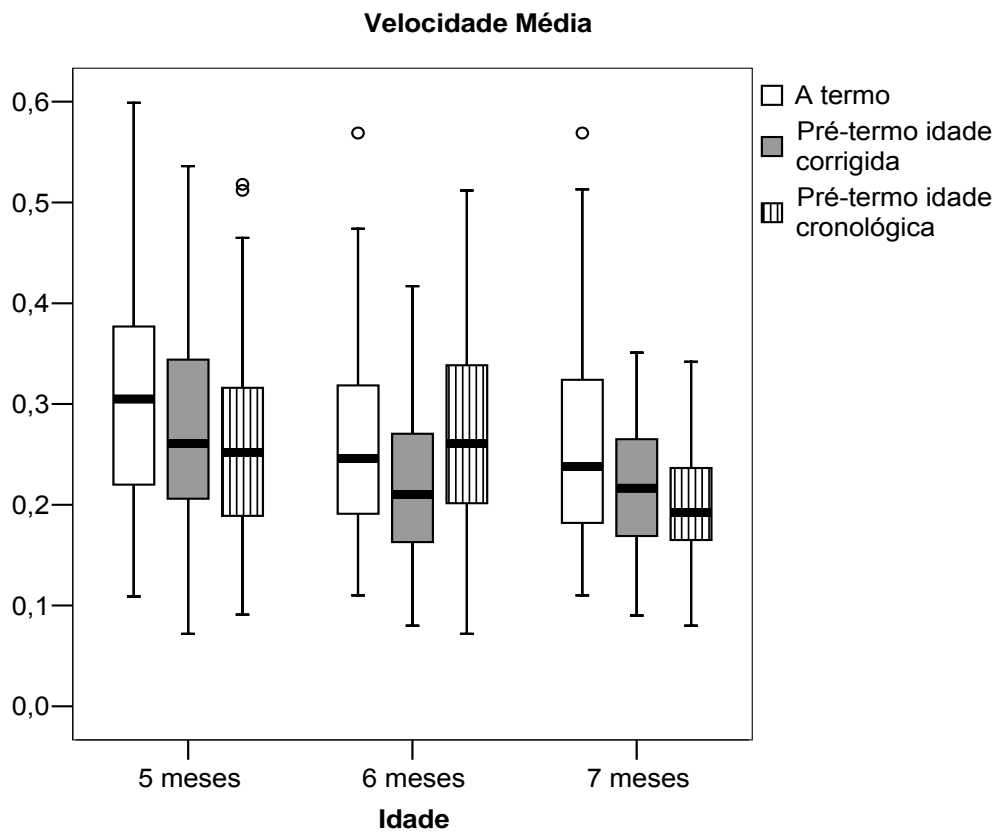


Figura 1 – Mediana e desvio padrão da velocidade média (VM) entre grupos ao longo da idade.

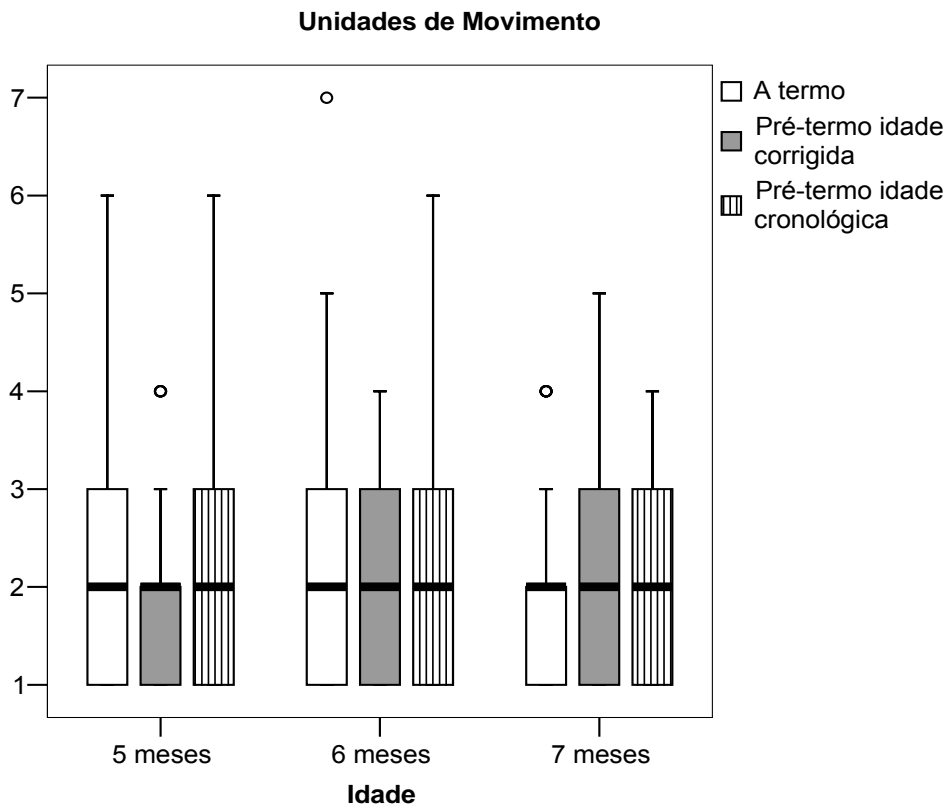


Figura 2 - Mediana e desvio padrão das unidades de movimento (UM) entre grupos ao longo da idade

5.7.1.2 Variáveis categóricas

Aos 5 e 6 meses de idade não houve diferença entre os grupos pré-termo com idade cronológica e a termo ($p > 0,05$) ao analisar as variáveis categóricas do alcance. Aos 7 meses pode-se verificar que o grupo pré-termo com idade cronológica apresentou menor frequência de mão verticalizada e maior frequência de mão

horizontalizada ($U=11,5$; $p=0,004$), e maior frequência de alcances sem preensão do que o grupo a termo ($U=23,5$; $p=0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1 – Proporção de movimentos em cada variável categórica para cada grupo estudado nas idades de 5, 6 e 7 meses

Idade	Grupo	Variáveis									
		Ajuste Proximal		Orientação da palma da mão			Abertura da mão			Preensão	
		Bim**	Uni**	Horiz. **	Vertic**	Obliq**	Aberta**	Semi**	Fech**	Com**	Sem**
5	AT*	0.17	0.83	0.33	0.01	0.66	0.06	0.93	0.01	0.36	0.64
	PTicro*	0.15	0.85	0.37	0.01	0.62	0.12	0.87	0.01	0.28	0.72
	PTcic*	0.22	0.78	0.14	0.10	0.76	0,10	0.90	0.00	0.66	0.34
6	AT*	0.19	0.81	0.16	0.08	0.76	0.07	0.93	0.00	0.68	0.32
	PTicro*	0.22	0.78	0.14	0.10	0.76	0.10	0.89	0.01	0.66	0.34
	PTcic*	0.03	0.97	0.25	0.05	0.70	0.52	0.48	0.00	0.80	0.20
7	AT*	0.07	0.93	0.06	0.36	0.58	0.43	0.57	0.00	0.96	0.04
	PTicro*	0.03	0.97	0.25	0.05	0.70	0.52	0.47	0.01	0.80	0.20
	PTcic*	0.17	0.83	0,07	0.48	0.45	0.51	0.49	0.00	0.93	0.07

* **Grupos:** AT = A termo / PTicro = Pré-termo com idade cronológica / PTcic = Pré-termo com idade corrigida

** **Variáveis:** Ajuste Proximal (Bim = Bimanual / Uni = Unimanual); Orientação da palma da mão (Horiz – Horizontalizada / Vertic = Verticalizada / Obliq = Obliqua); Abertura da mão (Aberta = Aberta / Semi = Semi-aberta / Fech = Fechada); Preensão (Com = Com preensão / Sem = Sem preensão).

5.7.2 GRUPO PRÉ-TERMO COM IDADE CORRIGIDA X GRUPO A TERMO

Os resultados referente a comparação entre os grupos pré-termo com idade corrigida e a termo foram retomadas dos nossos estudos prévios (TOLEDO e TUDELLA, 2008; TOLEDO, SOARES e TUDELLA, 2011).

Referente às variáveis contínuas, os resultados demonstraram que aos 6 e 7 meses de idade o grupo de lactentes pré-termo com idade corrigida apresentou velocidade média menor quando comparados ao grupo a termo. Não houve diferença entre os grupos nas demais variáveis. Ao analisar os ajustes proximais e distais verificou-se que o grupo pré-termo com idade corrigida apresentou maior freqüência de mão aberta do que o grupo a termo aos 6 meses de idade.

5.8 DISCUSSÃO

O presente estudo verificou a influência das idades corrigida e cronológica no desenvolvimento do alcance de lactentes pré-termo de baixo risco de 5 a 7 meses de idade, por meio de variáveis cinemáticas, de ajustes proximais e distais dos membros superiores e da preensão do alcance.

Ao comparar os grupos pré-termo com idade cronológica e a termo, foram encontradas diferenças somente aos 7 meses de idade, quando os primeiros apresentaram maior número de unidades de movimento, menor velocidades média, menor freqüência de mão verticalizada, maior freqüência de mão horizontalizada e menor freqüência de preensão com sucesso. Um desenvolvimento maduro do

alcance é caracterizado pelo mínimo de unidades de movimento, movimentos realizados na menor trajetória possível, ou seja, com maior índice de retidão e mais rápido (THELEN et al., 1993; FALLANG et al., 2003); além da predominância de preensão com sucesso, alcances com mão aberta e verticalizada (FAGARD, 2000). Pode-se observar desta forma que o grupo pré-termo com idade cronológica apresentou parâmetros do alcance menos aprimorados que o a termo aos 7 meses de idade. Ao considerar a idade cronológica assume-se que as influências ambientais são mais importantes que a maturação biológica no desenvolvimento (WILSON e CRADOCK, 2004). Desta forma, parece que no presente estudo a influência ambiental, seja pela estimulação dos pais ou qualidade do próprio ambiente, foi suficiente para igualar o desenvolvimento do alcance de ambos os grupos aos 5 e 6 meses. Uma questão importante é porque que o mesmo não aconteceu aos 7 meses, e porque neste mês especificamente ocorrem tantas alterações nos parâmetros do alcance do lactente pré-termo com idade cronológica.

Estudos têm demonstrado que os 7 meses parece ser um marco de início de alterações perceptíveis no desenvolvimento precoce de lactentes prematuros (ALEN e ALEXANDER, 1989; VAN HAASTERT, et al., 2006). Van Haastert, et al. (2006) ao avaliarem o comportamento motor precoce de lactentes prematuros com o uso da AIMS (Alberta Infant Motor Scale) observaram que nas idades entre 7-8 e 8-9 meses, as diferenças entre os grupos a termo e pré-termo com idade corrigida foram maiores quando comparados com as outras faixas etárias. No mesmo sentido, Alen e Alexander (1989) ao verificar a idade de aquisição das habilidades motoras em lactentes pré-termo com idade cronológica observaram que aos 7

meses mais de 80% dos lactentes prematuros poderia ter sido encaminhado para um programa de intervenção precoce, devido à diferença encontrada entre os grupos na idade de aquisição de marcos motores estudados.

É intrigante perceber que em idades mais precoces, especificamente aos 4 meses de idade, o comportamento do alcance de lactentes pré-termo de baixo risco apresenta comportamento mais satisfatório que em lactentes a termo (FALLANG, et al., 2003), podendo se igualar nas idades de 5 e 6 meses, e, por fim, exibir alterações não detectadas anteriormente, como observado no presente estudo. Desta forma, parece que em algum momento o desenvolvimento do alcance de lactentes pré-termo de baixo risco pode tomar uma direção desfavorável. De acordo com Wilson e Craddock (2004), não se sabe até quando a maturação ou a influência ambiental prediz o desenvolvimento futuro do lactente pré-termo. Pelas evidências anteriormente apresentadas e pelos resultados do presente estudo, parece que ao avaliar o alcance manual o 7º mês de idade cronológica pode ser um marco para o início da manifestação de disfunções no desenvolvimento dessa habilidade.

Os resultados referentes à comparação entre os lactentes pré-termo com idade corrigida e a termo do estudo prévio (TOLEDO e TUDELLA, 2008) apontam que na idade corrigida os lactentes pré-termo apresentaram movimentos mais lentos que o lactente a termo. No entanto, os lactentes pré-termo conseguiram manter o sucesso do alcance durante todos os meses. Baseado neste fato, os autores consideraram esta diferença como uma estratégia destes lactentes para manter o sucesso do alcance. Ao considerar a maioria das variáveis analisadas,

percebe-se que a correção da idade igualou o desenvolvimento do alcance com o de lactentes a termo. Este achado está de acordo com a literatura ao considerar similaridades entre os grupos ao corrigir a idade. Diversos estudos verificaram que ao corrigir a idade de lactentes pré-termo, esses se igualam ao a termo (PALISANO, 1986; ALEN e ALEXANDER, 1989; MATILAINEN, 1987) ou ocorre uma tendência a superestimativa (MATILAINEN, 1987; RESTIFFE e GHERPELLI, 2006) na idade de aquisição de marcos motores. A maioria dos estudos atribui a igualdade entre os grupos ao favorecimento da experiência extra-uterina de um mês a mais e vantagem na maturação do sistema nervoso central ao corrigir a idade. Acreditamos que, de fato, este é um fator que pode ter contribuído para os resultados aqui encontrados. No entanto não foram suficientes para que o lactente pré-termo superestimasse o desenvolvimento do alcance comparativamente ao a termo. Isto pode ter ocorrido, pois a realização do alcance requer um controle neuromuscular e estratégias que envolvem coordenação espaço-temporal e percepção visual diferentes dos que ocorrem na aquisição de marcos motores.

Baseando-se no fato de que com o uso da idade cronológica houve uma subestimativa do alcance aos 7 meses e que com o uso da correção da idade os grupos demonstraram o desenvolvimento desta habilidade similar, recomenda-se que ambas as idades sejam consideradas ao se avaliar o alcance manual na faixa etária de 5 a 7 meses. Acreditamos que com esta medida será possível uma ponderação com relação à decisão clínica a ser tomada no que diz respeito ao encaminhamento do lactente a intervenção. Sugere-se que esta medida seja tomada principalmente até verificar se as alterações encontradas no pré-termo com

idade cronológica são transitórias ou não no desenvolvimento do alcance destes lactentes.

Com os resultados do presente estudo pode-se concluir os seguintes aspectos: a) torna-se necessário que os lactentes pré-termo de baixo risco sejam acompanhados com o intuito de verificar se as alterações encontradas aos 7 meses de idade são transitórias ou permanentes no desenvolvimento do alcance manual. Com isso, será possível detectar fases de transição para sinais tardios de disfunções no desenvolvimento motor, bem como estabelecer critérios mais eficientes para a real necessidade de se encaminhar lactentes pré-termo à intervenção precoce com base nos resultados de avaliação do alcance; b) é necessário avaliar estes lactentes em idades posteriores (pré-escolares e escolares) para verificar quais as repercussões destas alterações precoces em atividades funcionais futuras; c) até que outros estudos sejam realizados com o objetivo de responder tais questões, acredita-se que o uso das duas idades (corrigida e cronológica) demonstraria um perfil mais realista do desenvolvimento do alcance manual em lactentes pré-termo de baixo risco.

Além do alcance manual, acredita-se que outras atividades funcionais e outras idades gestacionais devam ser investigadas com o intuito de verificar se estas alterações que ocorreram são um caso isolado no alcance manual e em lactentes de baixo risco.

Comentários dos autores

Agradecemos aos pais e lactentes pela participação no estudo. A primeira autora recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). O estudo foi apoiado pela Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

5.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.C. e ALEXANDER, G.R. Gross motor milestones in pre-term infants: correction for degree of prematurity. **Journal pediatrics**, v. 116, p. 955-959, 1989

BARROS, R. M. L., BREZIKOFER, R., LEITE, N. J., FIGUEIROA, P. J. Development and evaluation of a system for three-dimensional kinematic analysis of human movements. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 15, p. 79–86, 1999.

BERGMEIER, S. A. An Investigation of reaching in the neonate. **Pediatric Physical Therapy**, v. 1, p. 3-11, 1992

BLASCO, P. A preterm birth: to correct or not correct. **Developmental Medicine and Child Neurology**. V. 31, p. 816-821, 1989

CARVALHO, R. P., TUDELLA, E., & SAVELSBERGH, G. J. P. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behavior and Development**, v. 30, p. 23–35, 2007

CORBETTA, D., & THELEN, E. The developmental origins of bimanual coordination: A dynamic perspective. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 22, n. 2, p. 502–522, 1996

CORBETTA, D., THELEN, E., & JOHNSON, K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. **Infant Behavior and Development**, v. 23, p. 351-374, 2000

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 Behavior and Development**, v. 23, p. 317–329, 2000

FALLANG, B., SAUGSTAD, O. D., GROGAARD, J.; HADDERS-ALGRA. Kinematic quality of reaching movements in preterm infants. **Pediatric Research**, v. 53, p. 836–842, 2003

MATHEW, A.; COOK, M. The control of reaching movements by young infants. **Child Development**, v. 61, p. 1238–1257, 1990.

MATILAINEN, R. The value of correction for age in the assessment of prematurely born children. **Early Human Development**, v. 15, p. 257-264, 1987.

MOHR, G. J., BARTELME, P. Mental and physical development of children prematurely born. **American Journal of Diseases of Children**, v. 40, p. 1000–1008, 1930

OUDEN, L.D.; RIJKEN, M.; BRAND, R. S.; VERLOOVE-VANHORICK, P. RUYS, J.H. Is it correct to correct? Developmental milestones in 555 “normal” preterm infants compared with term infants. **The Journal of Pediatrics**, v. 118, n. 3, p. 399–404, 1991.

PALISANO, R. J. Use of chronological and adjusted ages to compare motor development of healthy preterm and fullterm infants. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 28, p.180-187, 1986.

PRECHTL, H. F. R., BEINTEMA, D. J. The neurological examination of the full-term newborn infant. In: Clinics in development medicine. London: Lavenham Press, 1964.

RESTIFFE, A.P.; GHERPELLI, J.L.D. Comparison of chronological and corrected ages in the gross motor assessment of low-risk preterm infants during the first year of life. **Arquivos de Neuropsiquiatria**. v. 64, p.418-425, 2006

ROCHA, N. A., DA COSTA, C. S., SAVELSBERGH, G., TUDELLA, E. The effect of additional weight load on infant reaching. **Infant Behavior and Development**, v. 32, n. 2, p. 234-237, 2009.

SIEGEL, L. Correction for prematurity and its consequences for the assessment of the very low birth weight infant. **Child Development**, v. 54, p. 1176–1188, 1983

THELEN, E.; CORBETTA, D.; SPENCER, J. P. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. **Journal Experimental Psychology Human Percept Perform**, v. 22, p. 1059-1076, 1996

THELEN, E. CORBETTA, D.; KAMM, K. The transition of reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Development**, v. 64, p. 1058-1098, 1993

TOLEDO, AM.; SOARES, D.A.; TUDELLA, E. Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants. **Journal of Motor Behavior**. *In Press*. 2011

TOLEDO, A. M., TUDELLA, E. The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. **Infant Behavior and Development**, v. 31, p. 398–407, 2008

VAN HAATERT, I.C., DE VRIES, L.S.; HELDERS, P.J.M.; JONGMANS, M.J. Early gross motor development of preterm infants according to the Alberta Infant Motor Sacale. **The Journal of Pediatrics**. 2006

WILSON, S.L. & CRADOCK, M.M. Review: Accounting for Prematurity in Developmental Assessment and the Use of Age-Adjusted Scores. **Journal of Pediatric Psychology**, v. 29, n. 8, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar como o alcance se comporta frente à restrições intrínsecas (prematuridade) e extrínsecas (peso adicional) importantes achados clínicos foram encontrados.

Referente à restrição intrínseca imposta pela prematuridade (ao considerar a idade corrigida dos lactentes pré-termo) parece que esta não foi suficiente para impedir a performance da tarefa do alcance na faixa etária de 5 a 7 meses de idade. Esta afirmação embasa-se no fato de ambos os grupos terem apresentado comportamentos similares ao se analisar os ajustes proximais e distais do alcance e preensão do objeto. No entanto, ao avaliar o alcance em lactente pré-termo com idade cronológica o mesmo apresentou alterações significativas indicando que o 7º mês pode ser um marco para o início da manifestação de disfunções no desenvolvimento dessa habilidade. Tais resultados apontam para uma necessidade fundamental de novas pesquisas acompanharem o desenvolvimento do alcance além da idade de 7 meses em lactentes pré-termo com idade cronológica para verificar se estes desvios são transitórios e qual a implicação funcional e social destes na vida futura destes lactentes. Com isso, será possível detectar fases de transição para sinais tardios de disfunções no desenvolvimento motor, bem como estabelecer critérios mais eficientes para a real necessidade de se encaminhar lactentes pré-termo à intervenção precoce com base nos resultados de avaliação do alcance. Até que tais evidências estejam confirmadas, sugere-se o uso de ambas as idades, corrigida e cronológica, ao se avaliar o alcance manual na

faixa etária de 5 a 7 meses. Esta medida torna-se necessária para uma ponderação com relação à decisão clínica a ser tomada.

Ao verificar a restrição extrínseca causada pelo peso adicional, observou-se que esta influenciou significativamente os parâmetros do alcance de lactentes pré-termo. O fato dos sistemas envolvidos no movimento de alcance de lactentes prematuros na faixa etária de 5 a 7 meses estarem suscetíveis a sofrerem modificações frente a perturbações do peso tem um grande impacto clinicamente. Com os resultados encontrados nesta tese sugere-se o uso do mesmo como método de intervenção precoce desde que estabelecidos previamente os objetivos terapêuticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS-CHAPMAN, I. Neurodevelopmental outcome of the late preterm infant. **Clinics in Perinatology**, v. 33, p. 947-64, 2006.

ADOLPH, K.E.; AVOLIO, A.M. Walking infants adapt locomotion to changing body dimensions. *Journal Experimental Psychology Human Percept Performance*, v. 26, p. 1148-1166, 2000

ALLEN, M.C. e ALEXANDER, G.R. **Gross motor milestones in pre-term infants: correction for degree of prematurity**. *Journal pediatrics*, v. 116, p. 955-959, 1989.

BERGMEIER, S. A. An Investigation of reaching in the neonate. **Pediatric Physical Therapy**, p. 3-11, 1992.

BERTHEIR, N.E.; CLIFTON, R.K.; MCCALL, D.D.; ROBIN, D.J. **Proximodistal structure of early reaching in human infants**. *Exp Brain Research*, v. 127, p. 259 – 269, 1999.

CARVALHO, R.P.; TUDELLA, E.; BARROS, R.M.L. Utilização do sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. **Revista Brasileira de Fisioterapia**; v. 9 (1), p. 1-7, 2005

CARVALHO, R. P.; TUDELLA, E.; SAVELSBERGH, G. J. P. Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behavior and Development**, v. 30, p. 23–35, 2007

CHEN, Y.P. ; FETTERS, L. ; HOLT, K.G. ; SALTZMAN, E.. Making the mobile move: constraining task and environment. **Infant Behavior and Development**, v. 25, p. 195-220, 2002.

CORBETTA, D. Why do infants regress to two-handed reaching at the end of the first year? **Infant Behavior and Development**, v. 21, p. 42, 1998.

CORBETTA, D.; BOJEZYK, K. E. Infants return to two-handed reaching when they are learning to walk. **Journal of Motor Behavior**, v. 34, n. 1, p. 83 – 95, 2002.

CORBETTA, D.; THELEN, E.; JOHNSON, K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. **Infant Behavior and Development**, v.23, p.351-374, 2000

CORBETTA, D.; THELEN, E. The Developmental origins of bimanual coordination: A dynamic Perspective. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.22, n.2, p.502-522, 1996.

DIBIASI, J; EINSPIELER, C. Load perturbation does not influence spontaneous movements in 3-month-old infants. **Early Human Development**, 77, p. 37-46, 2004.

ENGLE, W. A; TOMASHEK, K. M.; WALLMAN, C.;THE COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN. "Late-preterm" infants: a population at risk. **Pediatrics**, v. 120, p. 390-401, 2007

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 Behavior and Development**, 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, n. 3, p. 305-315, 2005.

FALLANG, B.; SAUGSTAD, OLD; HADDERS-ALGRA, M. Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. **Behavioural Brain Research**, v. 115, p. 8-18, 2000

FALLANG, B.; SAUGSTAD, O.D.; HADDERS-ALGRA, M. Postural adjustments in preterm infants at 4 and 6 months post-term during voluntary reaching in supine position. **Pediatric Research**, v. 54, p. 826-833, 2003.

FALLANG, B.; SAUGSTAD, O.D.; GROGAARD, J.; HADDERS-ALGRA, M. Kinematic quality of reaching movements in preterm infants. **Pediatric Research**. V. 53, p. 836-842, 2003

FETTERS, L. CHEN, Y.P.; JONSDOTTIR, J.; TRONICK, E.Z. Kicking coordination captures differences between full term and premature infants with white matter disorder. **Human Movement Science**, v. 22, p. 729-748, 2004.

FIGUEIROA, P.J.; LEITE, N.J.; BARROS, R.M.L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Comput Methods Programs Biomed**, v. 72, p.155-165, 2003

FOGEL, A.; DEDO, J.Y.; MCEWEN, I. Effect of postural position and reaching on gaze during mother infant face – to – face interaction. **Infant Behavior and Developmental**, v. 15, n. 2, p. 231 – 244, 1992.

GESELL A, AMATRUDA, CS. Developmental Diagnosis. New York: Hoeber, 1947.

GORGA, D.; STERN, F.M.; ROSS, G.; NAGLER, W. Neuromotor development of preterm and full-term infants. **Early Human Development**, v. 18, p.137-149, 1988.

GORGA, D.; STERN, F.M.; ROSS, G. Trends in neuromotor behavior of preterm and full-term infants in the first year of life: a preliminary report. **Development Medicine Child Neurology**, v. 27, p.756-766, 1985.

HOWARD, J; PARMELEE, A.H; KOPP, C.B.; LITTMAN, B. A neurologic comparison of pre-term and full-term infants at term conceptional age. **Journal Pediatrics**, v. 88, p. 995-1002, 1976.

JENG, S. F.; CHEN, L. C.; YAU, K.I.T. Kinematic analysis of kicking movements in preterm infants with low birth weight and full term infants. **Physical Therapy**, v. 82, p. 148-159, 2002.

KONCZAK, J.; 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

LANDGRAF, J.F.; TUDELLA, E. Efeitos do peso externo nos chutes espontâneos de lactentes nos primeiros dois meses de vida. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.12, p.468-475, 2008

LEMS, W.; HOPKINS, B.; SAMSOM, J.F. Mental and motor development in preterm infants: the issue of corrected age. **Early Motor Development**, v. 34, p. 113-123, 1993.

LOCKMAN, J.J.; ASHNED, D.H.; BUSNHEL, E.W. The development of anticipatory hand orientation during infancy. **Journal Experimental Child Psychology**, v. 37, p. 176-86, 1984.

MACKENZIE, B. E.; SKOUTERIS, H.; DAY, R. H.; HARTMAN, B.; YONAS, A. Effective Action by Infants to Contact Objects by Reaching and Leaning. **Child Development**, v. 64, p. 415-429, 1993.

MATILAINEN, R. The value of correction for age in the assessment of prematurely born children. **Early Human Development**, v. 15, p. 257-264, 1987.

MATHEW, A., COOK, M. The control of reaching movements by young infants. **Child Development**, v. 61, p. 1238-1257, 1990

MOHR, G. J., e BARTELME, P. Mental and physical development of children prematurely born. **American Journal of Diseases of Children**, v. 40, p.1000–1008, 1930

OUT; SAVELSBERGH, G. J. P., VAN SOEST, A. J.; HOPKINS, B. The effect of posture on early reaching movement. *Journal of Motor Behavior*. V. 30, p.260-272, 1997.

PIEK, J. P; GASSON, N. Spontaneous kicking in full term and preterm infants: are there leg asymmetries? **Human Movement Science**, v. 18, p. 377-395, 1999.

PLANTINGA, Y.; PERDOCK, J.; de GROOT, M. Hand function in low-risk preterm infants: its relation to muscle power regulation. **Development Medicine and Child Neurology**, v. 38, p.6-11, 1997.

PRECHTL, H. F. R.; BEINTEMA, D. J. The neurological examination of the full-term newborn infant. **Clinics in Developmental Medicine**. v. 12, p. 1-73, 1964.

RESTIFFE, A.P.; GHERPELLI, J.L.D. Comparison of chronological and corrected ages in the gross motor assessment of low-risk preterm infants during the first year of life. **Arquivos de Neuropsiquiatria**. v. 64, p.418-425, 2006

ROCHA, N. A. C. F., SILVA, F. P. S., TUDELLA, E. Impact of object properties on infant's reaching behavior. **Infant Behavior and Development**, v. 29, p. 251-261, 2006

ROCHA, N. A. C. F., COSTA, C. S. N., SAVELSBERGH, G.; TUDELLA, E. The effect of additional weight load on infant reaching. **Infant Behavior and Development**, v. 32, p. 234-237, 2009

SCHNEIDER, K.; ZERNICKE, R. F. Mass, center of mass, and moment of inertia estimates for infant limb segments. **J. Biomechanics**, v. 25, n. 22, p. 145-148, 1992

SIEGEL, L.S. Correction for prematurity and its consequences for the assessment of the very low birth weight infant. **Child Development**, v.4, p.1176- 1188, 1983

THELEN, E.; FISHER, D.M.; Newborn stepping: an explanation for a “disappearing reflex”. **Developmental psychology**, v.18, p. 769-775, 1982.

THELEN, E.; FISHER, D.M.; RIDLEY-JOHNSON, R. The relationship between physical growth and a newborn reflex. **Infant Behavior and Development**. p. 479-498, 1984

THELEN, E; SKALA, K. D.; KELSO, J. A. S. The dynamic nature of early coordination: evidence from bilateral leg movements in young infants. **Development Psychology**, v. 23, n. 2, 179-186, 1987.

THELEN, E; CORBETTA, D.; SPENCER, J.P. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. **Journal Experimental Psychology Human Percept Perform**, v.22, p. 1059-1076, 1996

THELEN, E.; SPENCER, J.P. Postural control during reaching in young infants: A dynamic systems approach. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 22, n.4, p. 507-514, 1998.

THELEN, E.; SCHÖNER, G., SCEIER, C. & SMITH, L.B. The dynamic of embodiment: A field theory of infant perseverative reaching. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 24, p. 1 – 34, 2001.

TOLEDO, AM.; SOARES, D.A.; TUDELLA, E. Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants. **Journal of Motor Behavior**. *In Press*. 2011

TOLEDO, A. M., TUDELLA, E. The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. **Infant Behavior and Development**, v. 31, p. 398–407, 2008

VAAL, J.; VAN SOEST, A. J., K.; HOPKINS, B. Spontaneous kicking behavior in infants: age-related effects of unilateral weighting. **Developmental Psychobiology**, v. 33, p. 111-122, 2000.

VAAL, J.; VAN SOEST, K.; HOPKINS, B.; SIE, L.T.L . Spontaneous leg movements in infants with and without periventricular leukomalacia: effects of unilateral weighting. **Behavioural Brain Research**, v. 129, p. 83-92, 2002.

VAN DER FITS, I.B; FLIKWEERT, E.R.; STREMMELAAR, E.F.; MARTIJN, A.; HADDERS-ALGRA, M. Development of postural adjustments during reaching in preterm infants. **Pediatric Research**, v. 46, p. 1-7, 1999

VAN DER FITS, I.B.M; HADDERS-ALGRA, M. The development of postural responses patterns during reaching in healthy infants. **Neuroscience and Biobehavioral**, p. 521-526, 1998

VAN DER HEIDE, J. C; BEGEER, C.O; FOCK, M.; OTTEN, B.; STREMMELAAR, E; van EYKERN, L.A; HADDERS-ALGRA, M. Postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. **Development Medicine and Child Neurology**, v. 46, p.253-266, 2004

VAN DER HEIDE, J.C.; OTTEN, B.; VAN EYKERN, L.A; HADDERS-ALGRA, M. Development of postural adjustments during reaching in sitting children. **Experimental Brain Research**, v. 151, p. 32 – 45, 2003.

VON HOFSTEN, C. Developmental changes in the organization of prereaching movements. **Developmental Psychology**, v. 20, n. 3, p. 378-388, 1984.

VON HOFSTEN, C. Eye-hand coordination in the newborn. **Developmental Psychology**, v. 18, p. 450-461, 1982

VON HOFSTEN, C. Structuring of early reaching movements: A longitudinal study. **Journal of Motor Behavior**, v. 23, p. 280–292, 1991.

VON HOFSTEN, C.; RONQIVVIST, L. Preparation for grasping an object: a developmental study. **Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 14, p. 610-21, 1988.

WILSON, S.L. & CRADOCK, M.M. Review: Accounting for Prematurity in Developmental Assessment and the Use of Age-Adjusted Scores. **Journal of Pediatric Psychology**, v. 29, n. 8, 2004.

ANEXOS

ANEXO I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

LABORATÓRIO DE PESQUISAS EM NEUROPEDIATRIA E MOTRICIDADE

(LaPAN)

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Consentimento formal de participação no estudo intitulado “**A influência de restrições intrínsecas e extrínsecas no alcance de lactentes jovens**”.

Responsável: Aline Martins de Toledo

Orientadora: Prof^a Dr^a Eloísa Tudella

Eu,....., portador (a) do RG nº, residente à nº..... bairro:....., na cidade de....., telefone:....., responsável pelo (a) menor, autorizo a participação de meu (minha) filho (a) na pesquisa “**A influência de restrições intrínsecas e extrínsecas no alcance de lactentes jovens**”, sob coordenação da professora Dr^a Eloísa Tudella.

Objetivo do estudo:

A referida pesquisa tem como objetivo analisar se o peso adicional influencia no comportamento da habilidade manual de alcance, em bebês nascidos a termo e pré-termo de 5 a 7 meses de vida.

Explicação do procedimento:

Estou ciente de que na primeira avaliação serei submetida a um questionário acerca dos meus dados gestacionais, dados do nascimento de meu (minha) filho (a) e seus dados atuais de condições de saúde e de comportamento motor. Meu (minha) filho (a) será despido para ser pesado em uma balança infantil. Em seguida, serão afixados, por meio de esparadrapo, marcadores do tipo “pérola” em três pontos dos membros superiores de meu (minha) filho (a) e ele será sentado em uma cadeira inclinada a 50°. Sucederão a apresentação a meu (minha) filho (a) de um objeto para analisar se ele realiza o comportamento de alcance manual. Todo este procedimento será filmado por 5 câmeras filmadoras colocadas em tripés. Nas outras duas avaliações não haverá nova entrevista comigo apenas os outros procedimentos serão mantidos.

Benefícios previstos:

Participando deste estudo, estarei ajudando na descoberta de novos procedimentos que poderão auxiliar as habilidades manuais, e isto trará benefícios para a compreensão acerca do desenvolvimento de bebês típicos e prematuros e poderá ajudar na orientação das mães sobre como estimular seu (sua) filho (a).

Potenciais riscos e incômodos:

Fui informado de que o experimento não trará nenhum risco para a saúde de meu (minha) filho (a) e que a identidade dele (a) ou minha não serão reveladas.

Seguro saúde ou de vida:

Eu entendo que não existe nenhum tipo de seguro de saúde ou de vida que possa vir a me beneficiar em função de minha participação neste estudo.

Liberdade de participação:

A minha participação neste estudo é voluntária. É meu direito interromper a participação de meu (minha) filho (a) a qualquer momento sem que isto incorra em qualquer penalidade ou prejuízo. Também entendo que a pesquisadora tem o direito de excluir do estudo o (a) meu (minha) filho (a) a qualquer momento.

Sigilo de identidade:

As informações obtidas nas filmagens deste estudo serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem a minha autorização oficial. Estas informações só poderão ser utilizadas para fins estatísticos, científicos ou didáticos, desde que fique resguardada a minha privacidade.

A responsável por este estudo me explicou das necessidades da pesquisa e se prontificou a responder todas as questões sobre o experimento. Eu estou de acordo com a participação de meu (minha) filho (a) no estudo de livre e espontânea vontade e entendo a relevância dele. Julgo que é meu direito manter uma cópia deste consentimento.

Para questões relacionadas a este estudo, contate:

Dr^a Eloísa Tudella

3351 - 8407 (LAPAN)

etudella@power.ufscar.br

Assinatura da mãe ou responsável legal*

Nome por extenso

Assinatura do pesquisador

Nome por extensor

Assinatura de uma testemunha

Nome por extenso

São Carlos, de de

(*) Responsável Legal:

Idade:

Grau de parentesco:

Endereço:

Cidade/Estado: CEP:

Telefones:

RG: CPF:

ANEXO II - Protocolo para Coletas de Dados das Mães e Lactentes

Nº: _____

Grupo: () a termo () pré-termo

1 – DADOS PESSOAIS

Nome do bebê:

.....

Sexo: () M () F

Cor:

.....

Idade:.....

Data de nascimento:...../...../.....

Idade Gestacional:

Endereço.....

Bairro:..... Fone:.....

Nome da mãe:.....

Idade:.....

Data de Nascimento:...../...../.....

Grau de escolaridade:..... Profissão:.....

Estado Civil:.....

2- DADOS GESTACIONAIS

Nº de gestações: () 1º () 2º () 3º () + de 3

Doenças da mãe: () Não () Anemia () Sífilis () Diabete ()

Toxoplasmose () Febre () Rubéola () outras:

.....

Anormalidades na gravidez:

() Não () Hemorragias () Hipertensão () Hipotensão () Edema

() Outras:.....

Ingestão de tóxicos:

() Não () Fumo () Alcoolismo () Outros:.....

Ingestão de medicamentos:

() Não () Tranqüilizantes () Vitaminas () Outros:

.....

Exposição ao RX: () Sim () Não Mês gestação:.....

Desnutrição e/ou maus tratos: () Sim () Não Época

gestação:.....

3 – DADOS AO NASCIMENTO

Tipo de parto: () Espontâneo () Induzido () Fórceps () Cesariana

Cordão Umbilical: () Normal () Circular () Nó

Alguma intercorrência:

.....

4 – DADOS PÓS-NATAL

Idade gestacional: **Peso**

Nascimento:.....

Estatura:.....cm

PC:cm

Apgar: 1'..... 5'

Icterícia: Duração:.....dias

Doenças: () Eritroblastose () Convulsões () Cardiopatias (

)Outras:.....

Medicamentos:

.....

Alimentação: () amamentação – tempo:..... () mamadeira

5 – DADOS DO TESTE

Data do Teste :/...../.....

- Horário da última mamada:..... Horário que acordou:.....
- Está com algum problema de saúde: () sim () não
- Estado comportamental: () alerta ativo () alerta inativo
- Horário do início do teste:..... Término do teste:.....

Quem passa a maior parte do tempo com o bebê?

Brinca freqüentemente com o bebê: () Sim () Não

Qual o brinquedo preferido?

Consegue alcançar o brinquedo sozinho? () Sim () Não () Às vezes

6 – DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Grupo a Termo:

meses	Peso (Kg)	Estatura (cm)	Comp/o Braço		Comp/o Antebraço		Comp/o Mão		Cirt. Braço		Cirt. Antebr		Cirt. Punho	
			D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
5														
6														
7														

Grupo Pré-Termo:

idade	Peso (KG)	Estatura (cm)	Comp/o Braço		Comp/o Antebraço		Comp/o Mão		Cirt. Braço		Cirt. Antebr		Cirt. Punho	
			D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
5														
5														
6														
6														
7														
7														

ANEXO III – Cartão de Agendamento



SETOR DE FISIOTERAPIA EM NEUROPEDIATRIA
UFSCar

Cartão de Identificação e Agendamento

NOME: _____ Nº _____

ENDEREÇO: _____

FONE: _____ MÃE: _____

DATA NASC. ____/____/____ SEXO: F () M ()

Quando voltar queira trazer este cartão

	DATA	HORA	DATA	HORA
Obs.: Avaliação deverá ser sempre entre as mamadas (1h à 1h30min antes ou depois) - Não deverá ser em datas de vacinação.				

ANEXO IV – Aprovação Comitê de Ética



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676
Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110
Fax: (016) 3361.3176
CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil
propp@power.ufscar.br - www.propp.ufscar.br

CAAE 0012.0.135.000-06

Título do Projeto: „O impacto de fatores mecânicos no movimento de alcance de lactentes prematuros de 5 a 7 meses de idade

Classificação: Grupo III

Pesquisadores (as): Aline Martins de Toledo, Profa. Dra. Elísa Tudela (orientadora)

Parecer Nº 041/2006

1. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ___/___/___ e ao término do estudo.

2. Avaliação do projeto

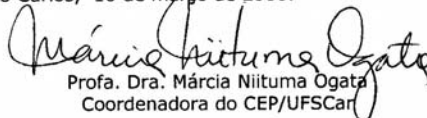
O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU: É um estudo em que os participantes são lactantes, e serão filmados, conforme descrito no projeto. As imagens serão obidas serão tratadas posteriormente para serem utilizadas por programas específicos.

O projeto atende os princípios básicos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 10 de março de 2006.


Profa. Dra. Márcia Niituma Ogata
Coordenadora do CEP/UFSCar

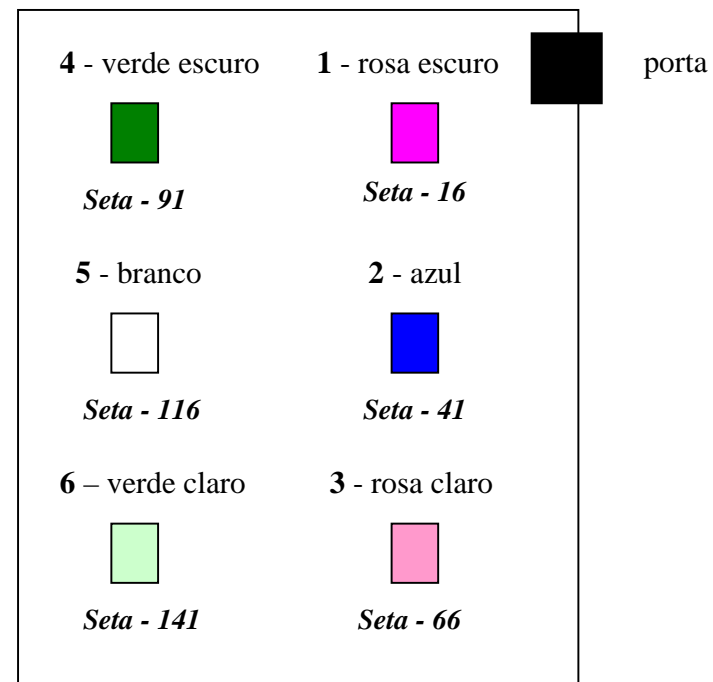
ANEXO V – Registro para Calibração

Número Fio	Câmera 1		Câmera 2		Câmera 3		JVCB	
	Abaixo seta	Acima seta	Abaixo seta	Acima seta	Abaixo seta	Acima seta	Abaixo seta	Acima seta
Fio 1 (rosa escuro)								
Fio 2 (azul)								
Fio 3 (rosa claro)								
Fio 4 (verde escuro)								
Fio 5 (branco)								
Fio 6 (verde claro)								

Número de bolinhas
 Abaixo da seta
 Acima da seta

Marcação nos Fios

Fio 1 (rosa escuro)	De:	A:
Fio 2 (azul)	De:	A:
Fio 3 (rosa claro)	De:	A:
Fio 4 (verde escuro)	De:	A:
Fio 5 (branco)	De:	A:
Fio 6 (verde claro)	De:	A:



ANEXO VI – Análise dos Quadros das Câmeras

Nome do lactente:

Idade:

Procedimento:

Nº Alcance:	Câmera 1	Câmera 2	Câmera 3	Câmera 4
Quadro Início				
Quadro final				
Quadro Sincronização				
Observações:				

Nº Alcance:	Câmera 1	Câmera 2	Câmera 3	Câmera 4
Quadro Início				
Quadro final				
Quadro Sincronização				
Observações:				

Nº Alcance:	Câmera 1	Câmera 2	Câmera 3	Câmera 4
Quadro Início				
Quadro final				
Quadro Sincronização				
Observações:				

Nº Alcance:	Câmera 1	Câmera 2	Câmera 3	Câmera 4
Quadro Início				
Quadro final				
Quadro Sincronização				
Observações:				

Anexo VII - Análise de Registro dos Alcances

Nome do lactente:

Idade:

Procedimento 1

OBSERVAÇÕES:

Câmera:

Alcances com a mão ()D ()E :

Anotações:

Procedimento 2

OBSERVAÇÕES:

Câmera:

Alcances com a mão ()D ()E :

Anotações:

Procedimento 3

OBSERVAÇÕES:

Câmera:

Alcances com a mão ()D ()E :

Anotações:

ANEXO IX – Artigo aceito na Journal of Motor Behavior: “Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants”

RESEARCH ARTICLE

Proximal and Distal Adjustments of Reaching Behavior in Preterm Infants

Aline Martins de Toledo, Daniele de Almeida Soares, Eloisa Tudella

Department of Physiotherapy, Neuropediatrics Section, Federal University of São Carlos, Brazil.

Abstract. The authors aimed to investigate proximal and distal adjustments of reaching behavior and grasping in 5-, 6-, and 7-month-old preterm infants. Nine low-risk preterm and 10 full-term infants participated. Both groups showed the predominance of unimanual reaching, an age-related increase in the frequency of vertical-oriented and open hand movement, and also an increase in successful grasping from 6 to 7 months. The frequency of open hand was higher in the preterm group at 6 months. Intrinsic restrictions imposed by prematurity did not seem to have impaired reaching performance of preterm infants throughout the months of age.

Keywords: Distal adjustment, preterm infants, proximal adjustment, reaching

Early reaching and grasping of objects requires both proximal (uni- or bimanual) and distal (hand orientation, hand opening) movements (Fagard, 2000). These movements of the arm and hand are necessary to reach and grasp a target. In infancy, the performance of proximal and distal movements may differ among pediatric populations at risk for disability. As such, studying proximal and distal adjustments may be applicable to clinical practice as these variables can be directly and easily observed.

Although different researchers have not yet arrived at a clear understanding of the development of proximal and distal adjustments in infants, some studies have pointed to important findings. Proximal adjustments of reaching in full-term infants are known to be initially bimanual, whereas unimanual reaching is only elicited in the emergence of sitting at about 6 months (Fagard & Lockman, 2005; Van Hof, Van Der Kamp, Caljouw, & Savelsbergh, 2005). Distal adjustments of reaching in full-term infants are initially horizontally oriented. The hand may be vertically oriented at about 5 months of age (Fagard). The vertical orientation of the hand at this age may be related to the decrease in forearm pronation between the prereaching period (4–6 weeks before reach onset) and the onset of reaching (at about 4–5 months; Bhat, Lee, & Galloway, 2007).

One of the most common findings when discussing proximal and distal adjustments in reaching during early infancy is the notion of improved control of shoulder motions and how this may contribute to improved reaching control. The movement of the hand toward the midline in the presence of a toy results in an increase in flexion, adduction, and internal shoulder rotation in relation to the prereaching phases. The elbow may also be passively extended, but appears to be more critical to fine tuning arm and hand position, which may require additional movement experience (Bhat et al.). Thus, the hand motion toward a midline object is more closely related

to changes at the shoulder as compared to the elbow (Bhat et al.; Lee, Bhat, Scholz, & Galloway, 2008). In fact, evidence suggests that the development of elbow motion is complex enough not to assume adult-like levels before the age of 2 years (Konczak & Dichgans, 1997).

Besides the fact that hand motion is embedded in the dynamics of upper limb control, hand opening is known to be directly related to object properties. Studies have demonstrated that the degree of hand opening increases proportionally to object size in 9–10-year-old children born full-term (Pryde, Roy, & Campbell, 1998). It seems that 4–6-month-old full-term infants use visual, tactile, and proprioceptive information to adjust their movements according to the object size and also rigidity, thus making grasping easier (Rocha, Silva, & Tudella, 2006a). Von Hofsten and Rönqvist (1988) showed that 5–6-month-old full-term infants start closing their hands around the target before touching it, thus controlling their grasping actions visually according to the object size. Indeed, proximal and distal adjustments reflect the infant's capacity of perceiving the environment, learning about it, and planning their reach-to-grasp actions according to it.

In infants born preterm, it has not been determined how these reaching variables behave over the months. Evidence suggests that the acquisition of reaching and grasping skills may be affected by an alteration in postural control caused by a disturbed muscle tone regulation, typical of these infants. Although it may be transient, this disturbance has an impact on the regulation of axial muscle power, thus hampering the establishment of a stable posture (Plantinga, Perdock, & De Groot, 1997). When body stability is not controlled and preserved during the disturbance imposed by reaching movements, it is more difficult to perform goal-directed arm movements (Fallang, Saugstad, & Hadders-Algra, 2000). Some studies have shown that inadequate postural functions present in preterm infants interfere with the development of arm and hand function. Plantinga et al. showed that some qualitative variables of hand function, such as voluntary pronation and supination, were less satisfactory for low-risk preterm infants at 39 weeks of corrected age compared with full-term infants, due to a dysregulation in trunk muscle power shown by the former. Heathcock, Lobo, and Galloway (2008) studied preterm infants born at less than 33 weeks of gestational age and with a birth weight less than 2,500 g, and showed that they touched a midline toy with less open hands

Correspondence address: Aline Martins de Toledo, Rua Sete de Setembro, 2008, apto 1203, Centro, CEP 79020900 Campo Grande, MS, Brazil. e-mail: toledo.am@yahoo.com.br

and less ventral surface of their hands than full-term infants in their very earliest reaches. However, other studies have demonstrated that preterm infants can show satisfactory reaching and grasping behaviors when compared with full-term infants. Toledo and Tudella (2008) found no significant differences in the frequency of successful grasping and in some kinematic parameters of reaching between 5–7-month-old low-risk preterm and full-term infants. Fallang, Saugstad, Grogard, and Hadders-Algra (2003) demonstrated that 4-month-old low-risk preterm infants showed more often optimal reaching behavior (less movement units and less time reaching) in supine than full-term infants.

The previous data suggest that differences in reaching and grasping behaviors between pre- and full-term infants are dependent on various factors, such as the variables under study (qualitative analyses and kinematics), the methodological design (including the positioning of the chair, experimental arrangement, type of object), and also on the preterm infants' gestational age. These differences can significantly influence the differences found in the studies.

It is important to point out that low-risk preterm infants are an understudied population, especially because they are considered clinically similar to full-term infants. In fact, neuropathology is less frequent in low-risk preterm infants than in infants born at considerably younger gestational ages (De Groot, 2000). However, low-risk preterm infants are not only less physiologically and metabolically mature than full-term infants, but also their central nervous system is more immature (i.e., fewer sulci and gyri, less myelin; Adams-Chapman, 2006; Engle, Tomashek, Wallman, & Committee on Fetus and Newborn, 2007). Thus, the neurodevelopmental outcomes between these groups are often distinct (Petrini, Dias et al., 2009; Stephens & Vohr, 2009).

Although research has indicated that low-risk prematurity may lead to a deficit in goal-directed movements (Plantinga et al., 1997), studies investigating how proximal and distal adjustments affect reaching and grasping skills in low-risk preterm infants have not been found in the literature. In an attempt to fill this gap, this longitudinal study aimed to investigate the development of proximal and distal adjustments of reaching in low-risk preterm infants at 5, 6, and 7 months of corrected age.

We predicted that, to fit their grasp to the target and perform grasps more easily, preterm and full-term infants would reach for the object more often with one hand and with more vertical-oriented and open hand movements, performing successful grasps throughout the months. Research has shown that prematurity may lead to alterations in goal-directed behavior. Considering this as well as the results of our previous study (Toledo & Tudella, 2008) in which these same infants were evaluated showing that there were differences between groups, in some kinematics parameters of reaching, we predicted that the variables analyzed here would also present differences between the groups.

This study may enhance the understanding of reaching and grasping behavior of low-risk preterm infants, thus helping

to design adequate diagnostics for early detection and either short- or long-term therapeutic guidance against motor disorders.

Method

Participants

Participants were 9 low-risk preterm infants (5 boys) with minimal and maximal gestational ages of 32 weeks and 36 weeks and 6 days, respectively ($M = 35.6$ weeks; $SD = 0.5$ weeks), a mean birth weight of 2,960 g ($SD = 0.25$ g), and an Apgar score equal to or greater than 7 at the first and fifth minutes. Infants were not included in the study if one of the following conditions was present: (a) prenatal complications; (b) risk of cerebral palsy, including periventricular leukomalacia, intracranial hemorrhages, or alterations in the cerebral ultrasound; (c) respiratory problems; (d) hyperbilirubinemia; (e) birth weight below 1,750 g; (f) an Apgar score lower than 7 at the 1st and 5th minutes; or (g) retinopathy of prematurity. Ten healthy full-term infants (4 boys) with minimal and maximal gestational ages of 38 and 42, respectively ($M = 39$ weeks; $SD = 0.73$), a mean birth weight of 3,363 g ($SD = 0.14$), and an Apgar score equal or greater than 7 at the 1st and 5th minutes served as the control. All previous data were obtained from the infant's medical records.

Procedures and Materials

Preterm and full-term infants were assessed longitudinally at 5 (Ms [SDs] = 20,2 [0,6] / 20,0 [0] weeks, respectively), 6 (Ms [SDs] = 24,2 [0,6] / 24,0 [0,4] weeks, respectively) and 7 (Ms [SDs] = 28,2 [0,6] / 28,1 [0,5] weeks, respectively) months. For preterm infants, the age was corrected for prematurity. The assessments were conducted at each age within ± 5 days of the scheduled age. The first assessment was at 5 months due to the fact that three preterm infants from the sample did not reach when assessed at 4 months of corrected age in a pilot study. The study was approved by the Human Research and Ethics Committee of the University. Legal informed consent was previously obtained from the infants' parents.

The infant was placed in a baby chair reclined 50° from the horizontal (Bergmeier, 1992; Von Hofsten, 1984). A strap was fastened to the infant's trunk in order to provide truncal stability and thus neutralize major differences in reaching behavior related to postural control between groups (Toledo & Tudella, 2008; Figure 1). An initial 10-s period was allowed for the infants to adapt to the position. An attractive soft rubber object, 5.0 cm diameter \times 10.0 cm height, unfamiliar to the infants, was used to elicit reaching movements. The object was held by the experimenter, who was positioned in front and out of the infant's reaching distance, and was presented for 2 min at the infant's midline, shoulder height, and arm length (Corbetta, Thelen, & Johnson, 2000; Thelen & Spencer, 1998; Van Der Fits, Flikweert, Stremmelaar, Martijn, & Hadders-Algra, 1999; Van Der Fits & Hadders-Algra,



FIGURE 1. Experimental set-up.

1998). During this period, the object was taken away carefully and presented again after each reach, and a 5-s interval was allowed between reaches. Thus, the total number of trials depended on the infant. The object was oriented in a consistent manner throughout the whole session, and the length was always shown. The infants remained in an either inactive or active alert state throughout the experiment (Prechtl & Beintema, 1964). The experiments were recorded by five digital cameras. One of them was positioned posterosuperiorly to the chair in a way that the infant's arms were entirely visible throughout the reaching movement. The other four

cameras, two of them positioned anterolaterally (each on one of the sides) and two positioned posterolaterally (each on one of the sides) to the chair, were used in order to clarify doubts related to the visualization of the variables studied (Figure 1).

System of Analysis

The images were picked up by an image capture board. Adobe Premier 6.3 was used to obtain files in AVI format. The files were opened in the Dvideow 5.0 image analysis system

(Barros, Brenzikofer, Leite, & Figueiroa, 1999), which was used for identifying, frame by frame, the beginning and the end of the reaches.

A reaching movement was considered as the hand movement toward the object resulting in touching it, whether followed by grasping. The beginning of a reach was defined as the first frame when the infant's arm began an uninterrupted movement toward the object. The end of a reach was defined as the first frame when the infant's hand touched the object (Carvalho, Tudella, & Savelsbergh, 2007; Corbetta & Thelen, 1996; Fallang et al., 2000; Rocha et al., 2006a, 2006b; Thelen, Corbetta, & Spencer, 1996).

Description of Variables and Measurements

Proximal Adjustments

The adjustment was considered unimanual when the infant moved only one hand toward the object, managing to touch it (Corbetta et al., 2000), or when both hands were moved from the initial position with a difference of more than 20 frames (7.2 ms) between them and also managing to touch the object (Rocha et al., 2006a). The adjustment was considered bimanual when the infant moved both hands simultaneously toward the object and touched it (Corbetta et al.), or when both hands were moved from the initial position with a difference of less than or equal to 20 frames between them and managing to touch the object (Rocha et al.). In this case, hands should move simultaneously for at least 50% of the movement arch (i.e., 50% of the trajectory) and the object could be touched with both hands at the same time or initially with only one of them (Corbetta et al.; Rocha et al.).

Distal Adjustments

Distal adjustments were analyzed at the end of the reaching movement, that is, when the infant touched the object. Hand orientation was coded as (a) horizontal (when the palm of the hand was faced downwards), (b) vertical (when the palm of the hand was oriented toward the infant's midline—neutral position), and (c) oblique (when the hand was in an intermediary position in relation to the two aforementioned positions; (Rocha, Costa, Savelsbergh, & Tudella, 2009). Hand opening was coded as (a) open (when metacarpophalangeal and interphalangeal joints were fully extended; Fagard, 2000), (b) closed (when metacarpophalangeal and interphalangeal joints were fully flexed), and (c) semiopen (when metacarpophalangeal joints were flexed [regardless of the degree of flexion] and interphalangeal joints were extended, or when metacarpophalanges were extended and interphalanges were flexed [regardless of the degree of flexion]; Rocha et al., 2006a).

Grasping

Grasping was considered as (a) successful (when the infant grasped the object or part of it with one or two hands), or (b) unsuccessful (when the infant touched the object but did not

grasp it; Fagard, 2000; Fagard & Pezé, 1997; Rocha et al., 2006a, 2006b; Van Der Fits et al., 1999).

The mean value for all interrater agreement among three observers computed for all variables studied was 97.9%. For each variable, the interrater agreement was calculated using the following equation: [number of agreements / (number of agreements + number of disagreements)] × 100.

Data Analysis

The Statistical Package for Social Sciences (SPSS; Version 10.0 IBM Corporation, Soners, NY) was used for statistical analysis. A significance level of $p \leq .05$ was used for all analyses. The variables were analyzed by frequencies of their occurrence. A nonparametric analysis of variance (ANOVA) for repeated measures (Friedman's test) was used to identify differences among the ages in each group (intragroup analysis). When the difference between ages was significant, the data were subjected to post hoc analysis by using Dunn's test. The nonparametric Mann-Whitney test was used to compare variables between pre- and full-term infants at each age (intergroup analysis). As the data were not normal, the graphs are shown with median values and maximum and minimum values.

Results

Out of the 561 reaches collected, 78 were excluded due to infant's crying or experimental mistakes. The total of reaches analyzed in each group is demonstrated in Table 1.

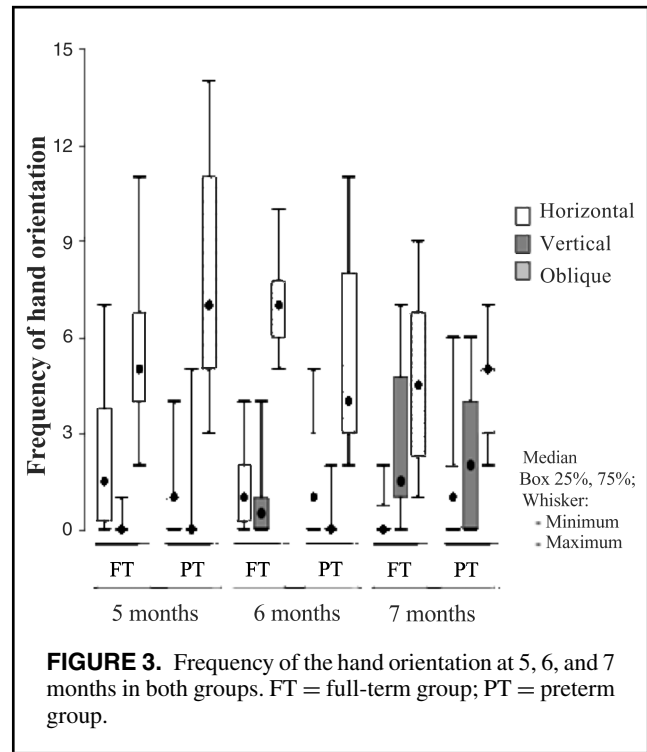
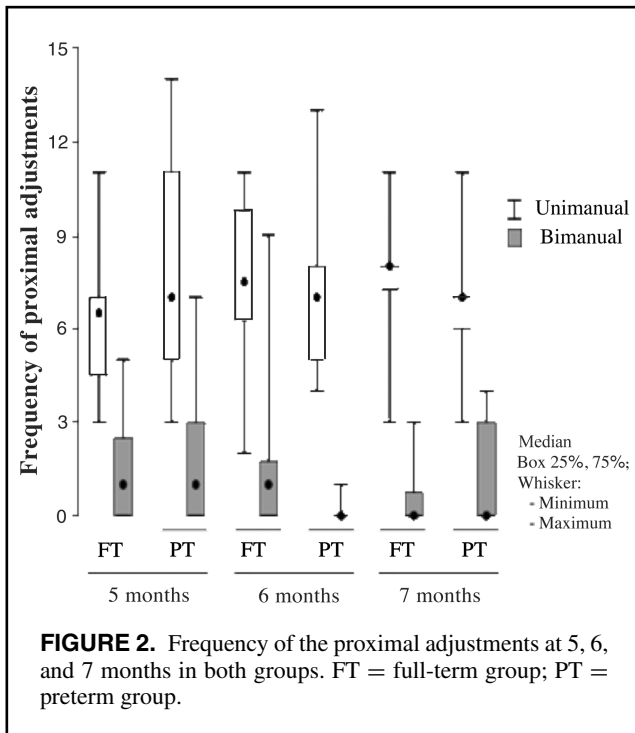
Intragroup Analysis

In both groups, frequency of unimanual reaches was greater than bimanual ones throughout the assessment period, with no significant differences between ages in full-term, $\chi^2(2, N = 10) = 5.537, p = .0628$, and preterm groups, $\chi^2(2, N = 9) = 15.432, p = .0828$ (Figures 2–3). See also Table 2.

The frequency of vertical orientation increased significantly in the preterm, $\chi^2(4, N = 9) = 25.3918, p \leq .001$, and full-term, $\chi^2(4, N = 10) = 65.7906, p \leq .001$, groups (Figure 4). According to the Dunn's test, in the preterm group this increase occurred from 6 to 7 months of age ($p < .05$) and in the full-term group from 5 to 7 months of age ($p < .01$).

TABLE 1. Summary of Number of Trials Analyzed and Excluded in Each Group

Group	Number of trials analyzed	Number of trials excluded	Total of trials collected
Preterm	231	42	273
Full-term	252	36	288
Total	483	78	561



An increase in the frequency of open hand and a decrease in the frequency of semiopen hand movements were observed in the preterm, $\chi^2(2, N = 9) = 39.1093, p \leq .001$, and full-term, $\chi^2(2, N = 10) = 44.1176, p \leq .001$, groups (Figure 5). According to the Dunn's test, in both groups this increase occurred from 5 to 7 months of age ($p < .05$).

An increase in the frequency of successful grasping was observed in both preterm, $\chi^2(2, N = 9) = 17.1582, p = .0002$, and full-term, $\chi^2(2, N = 10) = 59.7683, p \leq .001$, groups (Figure 6). The Dunn's test demonstrated that, in both groups, this difference occurred from 6 to 7 months of age ($p < .05$).

Intergroup Analysis

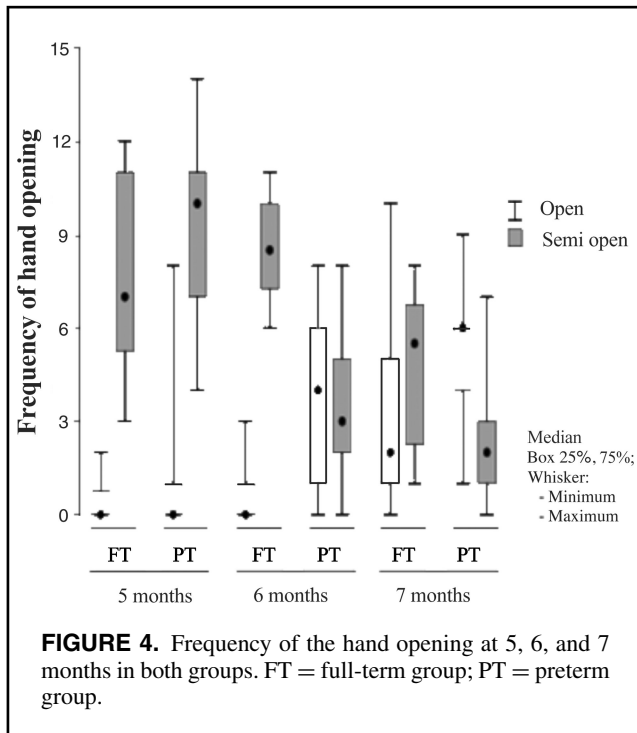
The intergroup analysis showed a statistically higher frequency of open hand movement, $\chi^2(2, N = 9) = 17.6401, p = .0001$, for the preterm infants at 6 months of age when compared with the full-term ones (see Figure 5). There was no significant difference for the other variables studied.

Discussion

The aim of this study was to investigate the development of proximal and distal adjustments of reaching in low-risk

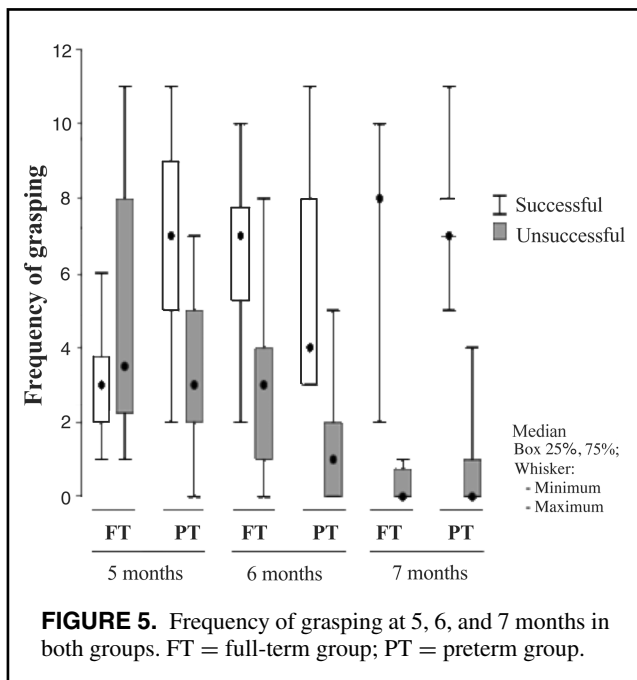
TABLE 2. Unimanual-to-Bimanual (uni/bi) Ratio in Each Group in Each Age

Subject	Preterm infants			Subject	Full-term infants		
	5 months uni/bi	6 months uni/bi	7 months uni/bi		5 months uni/bi	6 months uni/bi	7 months uni/bi
A	3/7	9/0	7/0	A	3/4	6/1	8/0
B	6/0	4/0	8/0	B	11/1	10/1	8/0
C	5/3	4/1	3/4	C	6/0	11/0	3/0
D	7/1	6/1	6/3	D	7/0	4/2	7/1
E	11/9	8/0	7/0	E	7/1	9/0	11/0
F	7/5	13/0	11/0	F	7/5	8/1	5/3
G	14/0	4/0	5/3	G	11/1	7/0	8/0
H	13/0	6/0	7/0	H	6/0	7/3	8/0
I	4/3	5/0	6/2	I	4/0	2/9	9/1
				J	3/3	11/0	8/0



preterm infants at the ages of 5, 6, and 7 months of corrected age.

Confirming our first hypothesis, the results show that pre- and full-term infants reached for the object more often with one hand and with more vertical-oriented and open hand movements, performing successful grasps throughout the months.



Both pre- and full-term groups predominantly performed unimanual reaches from 5 to 7 months of age. This specific result of this study is not consistent with reports that inferred that infants fluctuate between uni- and bimanual reaching during this period of life (Corbetta & Thelen, 1996; Corbetta et al., 2000; Fagard & Pez e, 1997). Fagard (2000) found that the ages from 5 to 6 months is a period of frequent bimanual reaching, which presents a result that is also in contrast with the results of this study. It is possible to argue that these discrepancies may be related to the differences in the infant body position (seated or reclined) used during trials among the studies. We believe that the behavior of proximal reaching adjustments is regardless of the angle of the chair adopted in this study. Rochat (1992) demonstrated that sitter infants aged between 6 and 8 months maintained a predominance of unimanual reaches between four posture conditions: seated (80° relative to the floor), reclined (45° relative to the floor), supine (0° relative to the floor), and prone (75° relative to the floor, reclined). Similarly, Carvalho, Tudella, Caljouw, and Savelsbergh (2008) showed that reaching in skilled infants, at 4 and 6 months of age, differs neither in terms of the frequency of reaches nor in the behavior of kinematics variables between the supine postures (0°), reclined (45°) and seated (70°). These insights show that infants in the age range studied are already capable of finding suitable solutions for biomechanical gravitational problems related to body orientation when reaching. Thus, we do not believe that the reclined chair adopted in this study might have influenced the results and the discrepancy from other literature.

However, it is important to consider the truncal stability and the physical properties of the object offered to the infants during reaching movements. In Fagard’s (2000) study, for example, it does not show clearly which trunk support was provided to the infants during the trials as they were tested on the experimenter’s lap. On the other hand, in the present study, the truncal stability provided by the strap fastened to the infants’ trunk and the reclined chair might have elicited the performance of unimanual movements in both groups. Truncal stability is known to cause decreased postural activity and a consequent improvement in postural control, thus making infants able to produce only the amount of force and torque necessary to defy gravity and better control their arm movements (Carvalho et al., 2008; Van Der Fits et al., 1999; Van Der Fits & Hadders-Algra, 1998). Although Fagard’s study showed that 5-month-old infants tended to reach bimanually regardless of object size, the soft object might have contributed to promoting unimanual rather than bimanual movements in this study. Rocha et al. (2006b) demonstrated that infants as young as 4 months of age are already capable of planning and adjusting their movements based on their perceptions of the physical properties of the objects. Besides, it appears that the soft property of an object provides infants with the option of using only one hand to reach and grasp it, regardless of its size (Corbetta et al., 2000; Rocha et al., 2006b).

Moreover, another important fact that is related to this question is which gross motor skills infants have at the age range in this study. Rochat (1992) suggested that infants at 5–6 months of age due to the mastery of sitting and the emergence of crawling would seem to favor the formation of one-handed reaching. The author found that nonsitting infants showed symmetrical and synergistic engagement of both arms and hands while reaching, whereas sitting infants showed asymmetrical and lateralized (one-handed) reaches. However, the infants in this study were not crawling at 5–6 months of age, and therefore had not mastered sitting. It can be assumed that unimanual reaches occurred due to the use of truncal apparatus, which provides stability in the perceptual and motor systems when reaching, as well as the characteristics of the object that was offered.

The frequency of both the vertically oriented and open hands was shown to increase from 5 to 7 months of age in pre- and full-term infants in this study. It is interesting to point out that our results are different from previous reports. For example, Von Hofsten and Rönnqvist (1988) and Fagard (2000) concluded that full-term infants start to adapt their hand orientation and opening hand to the object only at 9 months. On the other hand, Lockman, Ashmead, and Bushnell (1984) observed that 5-month-old full-term infants are able to do so after physically contacting the object. This result is congruent with the present study, in which the variables were analyzed at the touch of the object. It suggests that tactile and proprioceptive information plays a distinguished role in the control of hand opening and orientation in 5–7 month-old pre- and full-term infants. Moreover, as infants change their arm anthropometry and hand muscle activation they become able to adjust the upper limb movements in order to direct their hand to the target more precisely. These changes occurred as the infants gained experience and as they grew. In a study with full-term infants from 0 to 18 months, Wells, Hyler-Both, Danley, and Wallace (2002) observed an increase in the distance from the forearm center of mass to the trunk with growth. We speculate that this increase creates a mechanical imbalance that in turn facilitates the independent control of the forearm during coordinated movements as compared to moving it together with the proximal arm segment. This may have ultimately facilitated the external rotation of the forearm and consequently verticalization of the hand to touch the object.

In fact, Bhat et al. (2007) observed that from the prereaching period (4–6 weeks before reach onset) to the onset of reaching, infants gradually come to adopt forearms in supination to reach the target. Furthermore, in accordance with Bly (1994), we believe that the increasing capacity to activate finger extensors over months allow the infants to reach for the target using more widely fully opened hands.

The results of this study also demonstrated an increase in the frequency of successful grasping from 6 to 7 months in both pre- and full-term groups. This may be related to the increase in the frequency of vertical-oriented and open hand movement as they become older. Thus, we agree with Fa-

gard (2000), who argued that hand orientation and opening are more significant determinants of successful grasping than proximal adjustments are, specifically for objects which can be easily grasped either uni- or bimanually, as used in the present study (small and soft). In addition to the increased capacity to align the wrist with the mobility of carpal and metacarpal joints throughout growth, particular affordances of the object seem to be responsible for the success in increasing grasping during the months found in both groups. As infants became capable of controlling their hand movements and learned new correlations between the object properties and successful action, they may have developed the ability to shape and direct their hand functions for the purpose of grasping.

Furthermore, improved shoulder and elbow control may also have played an important role in the increase of successful grasping from 6 to 7 months in the present study. From the prereaching period to reach onset, the infants gradually show an increase in flexion, internal rotation, and adduction of the shoulder in the presence of a midline object. These changes help in the gradual shift of the hand to the midline, upward and forward, thus helping it to get closer to the object (Bhat et al., 2007). Furthermore, there is a decrease in forearm pronation at approximately 3–5 months of age (Bhat et al.). It is worth mentioning that there was an increase in the verticalization of the hand concomitantly to the increase of successful grasping from 6 to 7 months of age in the present study. Based on this information, we believe that in this period, the infants gained sufficient shoulder and elbow control now not only to touch, but also to grasp the object. However, this hypothesis should be tested in future investigations, as the shoulder and elbow were not measured directly in this study.

The intergroup analysis indicated a difference in reaching behavior between groups, which was determined by the higher frequency of open hand in the preterm group at 6 months of age. In our previous study (Toledo & Tudella, 2008) in which the same infants of the present one were evaluated, preterm infants increased their adjustment index at 6 months of age, indicating that they adopted a strategy to increase the deceleration time before touching the object in order to achieve successful grasps. Taking this into account, this increase in the deceleration time may also have helped these infants to adjust their movement and open their hands more before touching the object. As a higher adjustment index correlates with an increase in the time of movement, the hand opening behavior presented by the 6-month-old preterm infants may have been dependent on the time they needed to visually perceive the affordances of the object and adjust their hand in order to grasp it. Thus, we believe that the 6th month may represent a transition age in the coupling between vision and fine manual action in preterm infants. Moreover, despite the significant difference between the groups having occurred at only 6 months of age, in Figure 4 it can be seen that the preterm group opened their hands more often than the full-term group in all the months. This result can be partially

attributed to the possible low muscular tonus presented by the preterm infants (Plantinga et al., 1997). This may have helped the hand to stay open, however without restricting the movement to the point of preventing the infants from grasping the object. Nevertheless, as our study was not designed to provide more conclusive answers concerning these issues (coupling between vision and fine manual action; and low muscular tonus), further research with preterm infants should be specifically conducted to check this.

The similarity between groups found in the rest of the variables is consistent with other studies that observed kinematic variables. Fallang et al. (2003), for example, demonstrated that from 4 to 5 months of corrected age, low-risk preterm infants do not present significant differences in reaching movements when compared with full-term infants. However, this similarity refutes the hypothesis of this study in that the variables analyzed would show differences between the groups.

Why did the preterm infants perform similarly to the full-term ones throughout the period of the studied ages? And why did the intergroup analysis indicate that there were more similarities than differences between the groups?

Although our results cannot be generalized for all preterm infants, proximal and distal development found in this study may be characteristic for this population. In fact, besides using age correction, in this study the preterm infants were at low risk, with weight adequate for gestational age and with no medical complications. According to Wilson and Cradock (2004), motor development in this group of infants seems to have no significant differences in relation to full-term infants. Fallang et al. (2003) argued that the additional extrauterine experience has a subtle and transitory effect and this may be beneficial to the development of reaching, as it allows infants to surpass the negative effects associated to prematurity at low-risk. Heathcock et al. (2008) observed that higher risk preterm infants showed qualitative disadvantages in hand-toy interactions when reaching in relation to their full-term counterparts. Even when these preterm infants received daily training for 8 weeks, they improved some variables comparably to the full-term infants, but it was not effective at lessening all differences between the groups. They suggested that preterm infants are at an initial disadvantage in the reach onset, but this may be diminished by providing them with intensive interactions among motor, sensory, and social systems. Considering that the infants in this study are at low risk, it would be possible for these environmental interactions to have been sufficient to compensate prematurity and thus contribute to the similarities between the groups, even without daily training.

Furthermore, the use of a strap fastened to the infants' body provided trunk support, which may have contributed to the constant behavior in the development of variables over the months, as well as neutralized major differences in reaching performance between groups.

Despite these similarities, we emphasize the importance of implementing follow-up programs to check the need for early intervention in low-risk preterm infants and prevent

dysfunctions in goal-directed behavior development at later ages. Furthermore, as our findings are based on a sample of preterm infants born 32–36 weeks gestation, further studies need to be carried out to test a possible existence of subgroups reflecting individualized grasping and reaching behaviors. Because our results were constrained by the specificity of the experimental set up (infants sitting in a semireclined position were offered a malleable toy at the midline), further research on different body positions, object locations, and object physical characteristics is also required to fully understand the development of proximal and distal adjustments as well as the ontogenetic relationship between them.

It can be concluded from this study that proximal adjustments remained unchanged for pre- and full-term infants from 5 to 7 months of age, while the characteristics of distal adjustments changed over the ages in both groups. Pre- and full-term infants also performed more successful grasping from 6 to 7 months of age. As both groups presented similar reaching and grasping behavior over the months, it seems that possible intrinsic restrictions imposed by prematurity in the preterm infants were not enough to impair their task performance. This may be attributed to the characteristics of the preterm group studied (low-risk, with corrected age), as well as the favorable postural apparatus (trunk support, reclined position) and object's physical properties (soft and small) provided to the infants during trials.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the parents and infants for their participation in the study. They would also like to thank the reviewers for their valuable comments and suggestions that improved the quality of our initial manuscript. The first author was supported by the Foundation for the Coordination of Higher Education and Graduate Training (CAPES), Brazil. This study was funded by the Foundation for Supporting Research of the State of São Paulo (FAPESP), Brazil.

REFERENCES

- Adams-Chapman, I. (2006). Neurodevelopmental outcome of the late preterm infant. *Clinics in Perinatology*, 33, 947–964.
- Barros, R. M. L., Brenzikofer, R., Leite, N. J., & Figueiroa, P. J. (1999). Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos [Development and evaluation of a system for three-dimensional kinematic analysis of human movements]. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 15, 79–86.
- Bergmeier, S. A. (1992). An investigation of reaching in the neonate. *Pediatric Physical Therapy*, 1, 3–11.
- Bhat, A. N., Lee, H. M., & Galloway, J. C. (2007). Toy-oriented changes during early arm movements II: Joint kinematics. *Infant Behavior and Development*, 30, 307–324.
- Bly, L. (1994). *Motor skills acquisition in the first year: An illustrated guide to normal development*. San Antonio, TX: Therapy Skills Builders.
- Carvalho, R. P., Tudella, E., Caljouw, S. A., & Savelsbergh, G. J. P. (2008). Early control of reaching: Effects of experience and body orientation. *Infant Behavior and Development*, 31, 23–33.
- Carvalho, R. P., Tudella, E., & Savelsbergh, G. J. P. (2007). Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are

- influenced by body orientation. *Infant Behavior and Development*, 30, 23–35.
- Corbetta, D., & Thelen, E. (1996). The developmental origins of bimanual coordination: A dynamic perspective. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 502–522.
- Corbetta, D., Thelen, E., & Johnson, K. (2000). Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. *Infant Behavior and Development*, 23, 351–374.
- De Groot, L. (2000). Posture and motility in preterm infants. *Development Medicine and Child Neurology*, 42, 65–68.
- Engle, W. A., Tomashek, K. M., Wallman, C., & Committee on Fetus and Newborn. (2007). “Late-preterm” infants: A population at risk. *Pediatrics*, 120, 390–401.
- Fagard, J. (2000). Linked proximal and distal changes in the reaching behavior of 5- to 12-month-old human infants grasping objects of different sizes. *Infant Behavior and Development*, 23, 317–329.
- Fagard, J., & Lockman, J. (2005). The effect of task constraints on infants’ (bi)manual strategy for grasping and exploring objects. *Infant Behavior and Development*, 28, 305–315.
- Fagard, J., & Pez , A. (1997). Age changes in interlimb coupling and the development of bimanual coordination. *Journal of Motor Behavior*, 29, 199–208.
- Fallang, B., Saugstad, O. D., Groggaard, J., & Hadders-Algra. (2003). Kinematic quality of reaching movements in preterm infants. *Pediatric Research*, 53, 836–842.
- Fallang, B., Saugstad, O. D., & Hadders-Algra, M. (2000). Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. *Behavioural Brain Research*, 115, 8–18.
- Heathcock, J. C., Lobo, M., & Galloway J. C. (2008). Movement training advances the emergence of reaching in infants born at less than 33 weeks of gestational age. *Physical Therapy*, 88, 310–322.
- Konczak, J., & Dichgans, J. (1997). The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. *Experimental Brain Research*, 117, 346–354.
- Lee, H. M., Bhat, A. N., Scholz, J. P., & Galloway, J. C. (2008). Toy-oriented changes during early arm movements IV: Shoulder-elbow coordination. *Infant Behavior and Development*, 31, 447–469.
- Lockman, J. J., Ashmead, D. H., & Bushnell, E. W. (1984). The development of anticipatory hand orientation during infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37, 176–186.
- Petrini, J. R., Dias, T., McCormick, M. C., Massolo, M. L., Green, N. S., & Escobar, G. J. (2009). Increased risk of adverse neurological development for late preterm infants. *Journal of Pediatrics*, 154, 169–176.
- Plantinga, Y., Perdock, J., & De Groot, M. (1997). Hand function in low-risk preterm infants: Its relation to muscle power regulation. *Development Medicine and Child Neurology*, 38, 6–11.
- Prechtl, H. F. R., & Beintema, D. J. (1964). *The neurological examination of the full-term newborn infant. Clinics in development medicine*. London, England: Lavenham.
- Pryde, K. M., Roy, E. A., & Campbell, K. (1998). Prehension in children and adults: The effects of object size. *Human Movement Science*, 17, 743–752.
- Rocha, N. A. C. F., Costa, C. S. N., Savelsbergh, G., & Tudella, E. (2009). The effect of additional weight load on infant reaching. *Infant Behavior and Development*, 32, 234–237.
- Rocha, N. A. C. F., Silva, F. P. S., & Tudella, E. (2006a). Influência do tamanho e da rigidez dos objetos nos ajustes proximais e distais do alcance de lactentes [Influence of object size and rigidity on proximal and distal adjustments to infant reaching]. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 10, 262–268.
- Rocha, N. A. C. F., Silva, F. P. S., & Tudella, E. (2006b). Impact of object properties on infant’s reaching behavior. *Infant Behavior and Development*, 29, 251–261.
- Rochat, P. (1992). Self-sitting and reaching in 5- to 8-month-old infants: The impact of posture and its development on early eye-hand coordination. *Journal of Motor Behavior*, 24, 210–220.
- Stephens, B. E., & Vohr, B. R. (2009). Neurodevelopmental outcome of the premature infant. *Pediatric Clinics of North America*, 56, 631–646.
- Thelen, E., Corbetta, D., & Spencer, J. P. (1996). Development of reaching during the first year: Role of movement speed. *Journal Experimental Psychology: Human Perception Perform*, 22, 1059–1076.
- Thelen, E., & Spencer, J. P. (1998). Postural control during reaching in young infants: A dynamic systems approach. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 22, 507–514.
- Toledo, A. M., & Tudella, E. (2008). The development of reaching behavior in low-risk preterm infants. *Infant Behavior and Development*, 31, 398–407.
- Van Der Fits, I. B., Flikweert, E. R., Stremmelaar, E. F., Martijn, A., & Hadders-Algra, M. (1999). Development of postural adjustments during reaching in preterm infants. *Pediatric Research*, 46, 1–7.
- Van Der Fits, I. B. M., & Hadders-Algra, M. (1998). The development of postural responses patterns during reaching in healthy infants. *Neuroscience and Biobehavioral*, 22, 521–526.
- Van Hof, P., Van Der Kamp, J., Caljouw, S., & Savelsbergh, G. J. P. (2005). The confluence of intrinsic and extrinsic constraints on 3- to 9-month-old infants catching behavior. *Infant Behavior and Development*, 28, 179–193.
- Von Hofsten, C. (1984). Developmental changes in the organization of prereaching movements. *Developmental Psychology*, 20, 378–388.
- Von Hofsten, C., & R nnqvist, L. (1988). Preparation for grasping and object: A developmental study. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 610–621.
- Wells, J. P., Hyler-Both, D. L., Danley, T. D., & Wallace, G. H. (2002). Biomechanics of growth and development in the healthy human infant: A pilot study. *Journal of the American Osteopathic Association*, 102, 313–319.
- Wilson, S. L., & Cradock, M. M. (2004). Accounting for prematurity in developmental assessment and the use of age-adjusted scores. *Journal of Pediatric Psychology*, 29, 641–649.

Submitted April 17, 2010

Revised August 24, 2010

Second revision November 17, 2010

Accepted December 28, 2010