

REJANE VALE GONÇALVES

**O Desenvolvimento do Alcance em Bebês Nascidos a Termo:
Um Estudo Longitudinal**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

REJANE VALE GONÇALVES

**O Desenvolvimento do Alcance em Bebês Nascidos a Termo:
Um Estudo Longitudinal**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências da Reabilitação, Nível Mestrado, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Área de concentração: Desempenho Funcional Humano
Linha de pesquisa: Avaliação do Desenvolvimento e Desempenho Infantil
Orientadora: Profa. Dra. Elyonara Mello de Figueiredo
Co-Orientadora: Profa. Dra. Marisa Cotta Mancini

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
2009

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte da minha vida. O Senhor é a minha rocha, meu escudo, Deus da minha salvação. Reconheço minha total dependência de ti.

Ao meu marido, companheiro, amigo, por ser meu maior incentivador, por entender minhas ausências e por cuidar de mim e do Gabriel. Amo você.

Ao Gabriel, motivo de tanta alegria e amor. À Alice que está sendo gerada e vai encher minha vida de alegria, assim como o Gabriel faz.

Aos meus pais, que sempre acreditaram e investiram em mim, por seu amor e ensino. À irmã Renata e minha cunhada Márcia, que nunca se recusaram em me ajudar nos momentos que precisei.

À Profa. Elyonara Figueiredo pelos ensinamentos durante anos de investimento nessa pesquisa. Por ser um exemplo, que me fez crescer como pessoa, aluna e profissional. Obrigada por sua dedicação, disponibilidade e competência na orientação deste estudo.

Aos professores dos Departamentos de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, em especial à Profa. Lívia Magalhães, por ser a primeira pessoa com a qual conversei no início de tudo, pelo apoio e incentivo e à Profa. Daniela Vaz, pelas contribuições e auxílio no desenvolvimento desse estudo. À Profa. Marisa Mancini, por sua paixão incomparável pelo ensino e pesquisa, por suas contribuições valiosas e fundamentais no papel de co-orientadora desse estudo.

Às meninas do Projeto Alcance, Camila, Larissa, Olívia, Rafaela e Solange, porque sem vocês, a concretização deste estudo não seria possível. Obrigada por tanto

investimento e dedicação, mas principalmente pela amizade que construímos ao longo destes anos.

Aos estagiários da Engenharia de Computação, hoje profissionais, João Lucas e Nadja, pelo competente e árduo trabalho de vocês no processo de construção do programa utilizado no processamento e na redução dos dados deste estudo.

Aos pais e crianças participantes deste estudo, pela disponibilidade e empenho de vocês durante o período de coleta de dados. Obrigada pela confiança e por terem concluído todo o processo com tanta dedicação.

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu:
há tempo de nascer e tempo de morrer; tempo de plantar e tempo de arrancar;
tempo de matar e tempo de curar; tempo de derrubar e tempo de construir.
tempo de chorar e tempo de rir; tempo de prantear e tempo de saltar;
tempo de espalhar pedras e tempo de ajuntá-las; tempo de abraçar e tempo de afastar.
tempo de buscar e tempo de perder; tempo de guardar e tempo de desperdiçar;
tempo de rasgar e tempo de coser; tempo de ficar calado e tempo de falar.
Há tempo de amar e tempo de aborrecer; tempo de guerra e tempo de paz.
Deus marcou o tempo certo para cada coisa”.

Eclesiastes 3:1-8,11
Bíblia Sagrada (Almeida Revista e Corrigida)

RESUMO

A investigação do desenvolvimento do alcance tem sido tradicionalmente feita através de estudos que documentam características espaciais e temporais da trajetória do movimento do membro superior (MS) durante a ação de alcançar objetos. A variação nos métodos, incluindo desenhos transversais e longitudinais, diferentes variáveis cinemáticas e diferentes intervalos de tempo, dificulta a comparação entre os resultados dos estudos e pode trazer informações redundantes e/ou incompletas sobre esse processo de mudanças e sobre os fatores que as influenciam. Estudo longitudinal sobre o desenvolvimento da habilidade de alcançar objetos permitirá a documentação de mudanças nos movimentos dos membros superiores, e oferecer informações sobre fatores envolvidos em tais mudanças. Dentre esses fatores, o ganho e a distribuição de massa corporal característicos do crescimento infantil podem influenciar os torques intrínsecos e conseqüentemente a cinemática do movimento do MS durante o alcance. O objetivo do presente estudo foi investigar a influência do aumento do torque gravitacional do membro superior (MS) sobre as mudanças em variáveis espaço-temporais do MS durante o desenvolvimento do alcance, dos 4 aos 8 meses de vida. Este estudo foi longitudinal com 9 medidas repetidas de 13 bebês, totalizando 3938 alcances. Dados antropométricos, operacionalizados pelo torque gravitacional do MS (TG), e cinemáticos do MS foram coletados em intervalos quinzenais. Comprimento e perimetria dos segmentos do MS foram usados para o cálculo do TG. Alcances foram identificados através de vídeo-análise. Dados cinemáticos de cada alcance foram identificados pela correspondência entre os quadros de início e fim de cada alcance extraídos dos vídeos, e os quadros da trajetória de deslocamento tridimensional da marca reflexiva afixada no punho da criança. ANOVA para medidas repetidas foi

utilizada para investigar mudanças no número de alcances ao longo do período do estudo. Modelos de regressão testaram a influência da idade e do TG sobre as seguintes variáveis dependentes: número de unidades de movimento (UM), índice de retidão (IR), distância, pico de velocidade e tempo para atingir o pico de velocidade do alcance. Houve aumento significativo no número de alcances ($p < 0,005$), redução no UM ($R^2 = 2\%$; $p = 0,034$), e no IR ($R^2 = 5\%$; $p = 0,003$) até os 6 meses e retorno aos valores iniciais aos 8 meses; aumento na distância percorrida pelo MS ($R^2 = 20\%$; $p < 0,001$), no pico de velocidade ($R^2 = 15\%$; $p < 0,001$) e tempo para atingir o pico de velocidade ($R^2 = 3\%$; $p = 0,002$). Houve influência do TG sobre distância ($R^2 = 8\%$; $p < 0,001$) e pico de velocidade ($R^2 = 4\%$; $p < 0,001$). O aumento do número de alcances, a diminuição do número de UM e o aumento do pico de velocidade do membro superior durante o alcance indicam que houve aprimoramento da habilidade de alcançar objetos no período investigado. O aumento do pico de velocidade e da distância percorrida pelo membro superior ao longo do tempo sofreu influência do TG do membro superior, indicando que o desenvolvimento do alcance é parcialmente influenciado por fatores mecânicos. Os participantes deste estudo descobriram soluções para o problema de adaptar a dinâmica do membro superior a seus objetivos e às características do alvo a ser alcançado, expressas pelo IR, distância percorrida e tempo para atingir o pico de velocidade. Diferenças entre esses resultados e os apresentados por outros autores reforçam a idéia de que os padrões de movimento são influenciados pelo contexto em que o alcance ocorre. Além disso, a variabilidade típica destes padrões pode expressar invariâncias na ação de alcançar objetos.

Palavras-chave: Comportamento motor, desenvolvimento motor, alcance, cinemática, torque gravitacional.

ABSTRACT

The development of reaching has been traditionally investigated by studies involving the kinematics of arms movements during the action of reaching. Various methods including cross-sectional and longitudinal study designs, different time intervals, as well different kinematic variables might compromise the comparison among studies' results, therefore leading to redundant and/or incomplete information about the changes that characterize the development of reaching as well as the factors associated with those changes. The changes in body mass and mass distribution that typically occurs during the infant development might be a factor that influences the kinematics of reaching. A longitudinal study about the development of reaching allows the documentation of spatial and temporal changes in arm movements that characterize this process, and offer information about relevant factors associated with those changes. Furthermore, it might inform about how arm movements are coordinated during the action of reaching for objects. The goal of the present study was to investigate the influence of increasing gravitational torque (GT) on the arms on the changes in reaching kinematics during the development of reaching, from 4 to 8 months of age, as well to investigate the influence of mass gain and distribution on the arms on the changes. This was a longitudinal study involving 9 repeated measures of 13 babies, totalizing 3938 reaches. Anthropometric data was collected and used to calculate the arm's gravitational torque, and kinematic data of arm movements were collected by the Pro-reflex Motion Analysis System, in 15 days intervals. Video-analysis was used to identify the valid reaches. These data were combined with the kinematic data by the use of the first and last frames from the video with the correspondent frames of the 3-D displacement of the babies' wrist reflexive

markers. Length and circumference of the upper limb were used to calculate the GT. Repeated measures ANOVA was used to identify changes on the number of reaches over time. Regression models tested the influence of age and GT on the following dependent variables: number of movement units (MU), straightness ratio (SR), distance, speed peak, time of speed peak during reaching. There was significantly increasing on number of reaches ($p < 0,005$), decreasing of UM ($R^2 = 2\%$; $p = 0,034$) and SR ($R^2 = 5\%$; $p = 0,003$) until six months, returning to initial values at eight months; increasing of distance traveled by arm ($R^2 = 20\%$; $p < 0,001$), of speed peak ($R^2 = 15\%$; $p < 0,001$) and of time of speed peak ($R^2 = 3\%$; $p = 0,002$). There were significant influence of GT on distance ($R^2 = 8\%$; $p < 0,001$) and on peak speed ($R^2 = 4\%$; $p < 0,001$). The increasing in number of reaches, decreasing of UM and increasing of speed peak of arm during reaching shows that there was improving on reaching skills during the period of investigation. The effect of GT on distance and on peak speed shows that the development of reaching is partially influenced by mechanical factors. The participants of this study found solutions for the problem of adapt their intrinsic dynamics to their goals and to the object characteristics, demonstrated by SR, distance and time of speed peak. Differences between these results and others studies reinforces the idea that movements patterns are influenced by context. Besides that, the typical variability of these patterns can express invariances on action of reaching for objects.

Key words: motor behavior, motor development, reaching, kinematics, gravitational torque.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	22
1.1.1 Geral	22
1.1.2 Específicos	23
1.2 Hipóteses	23
2 MATERIAIS E MÉTODO	24
2.1 Participantes	24
2.2 Instrumentação	26
2.2.1 Sistema de Análise de Movimento	26
2.2.2 Câmeras digitais	26
2.2.3 Alvo	26
2.3 Procedimentos	27
2.4 Redução dos dados	30
2.5 Cálculo das variáveis	32
2.6 Análise estatística	34
2.6.1 Análise descritiva	34
2.6.2 Análise inferencial	34
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
4 ARTIGO	38

Introdução	39
Materiais e método	42
Resultados	47
Discussão e conclusão	49
Referências	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	62
APÊNDICE B - Transformação das medidas antropométricas em torque gravitacional	64
ANEXO A - Critério de Classificação Sócio-Econômica Brasil (ABIPEME)	66
ANEXO B - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais	68

1 - INTRODUÇÃO

Desenvolvimento motor refere-se a um conjunto de mudanças no comportamento motor, diretamente relacionado com a idade do indivíduo (VAN SANT, 1991). O alcance é um marco do desenvolvimento motor que tipicamente emerge e se desenvolve no primeiro ano de vida da criança. Alcançar um objeto significa transportar a mão a partir de uma posição inicial para um alvo específico (ROSBLAD, 1995). O alcance é, portanto, uma ação que tem o objetivo de tocar ou apreender um objeto. Uma vez que o bebê toca o objeto, o objetivo é explorá-lo manualmente. Assim, o alcance é um componente necessário para a atividade exploratória do bebê e é um marco que representa a capacidade de execução de movimentos habilidosos (GIBSON, PICK, 2000; KLUZIK, FETTERS, CORYELL, 1990).

Parece haver consenso na literatura de que a habilidade de alcançar objetos de forma bem sucedida inicia por volta dos quatro meses de idade (VON HOFSTEN, LINDHAGEN, 1979; FETTERS, TODD, 1987; VAN DER FITTS, HADDERS-ALGRA, 1998). Muitos são os fatores que influenciam o início do alcance. Dentre eles a habilidade de controlar a fixação ocular e acompanhar visualmente o objeto, de manter o equilíbrio da cabeça e de sentar com apoio (ROSBLAD, 1995; THELEN, SPENCER, 1998; VAN DER FITTS, HADDERS-ALGRA, 1998; BERTENTHAL, VON HOFSTEN, 1998).

A documentação da aquisição e do desenvolvimento típico do alcance tem sido tradicionalmente feita através do registro de mudanças espaciais e temporais da trajetória do membro superior em direção ao alvo (BERTHIER, KEEN, 2006). Von Hofsten (1979) foi pioneiro na pesquisa sobre as mudanças desenvolvimentais nas

trajetórias do membro superior de bebês à medida que eles aprendem a alcançar. Este estudo clássico documentou longitudinalmente o desenvolvimento do alcance de objetos móveis, de 5 crianças de 4 a 9 meses, com intervalo de 3 semanas entre as avaliações. Curvas de velocidade tangencial dos membros superiores durante os alcances foram usadas para identificar as unidades de movimento (UM) dos alcances. Estas são definidas como picos de aceleração e desaceleração do membro superior, calculadas a partir das curvas de velocidade tangencial (raiz quadrada da soma dos quadrados dos componentes x, y, e z, utilizando-se o Teorema de Pitágoras). Além disso, o autor calculou o índice de retidão (IR) da trajetória do membro superior em direção ao alvo, através da razão entre a distância real percorrida pela mão e a menor distância existente entre os pontos de localização da mão no início e no fim do alcance. Essas variáveis cinemáticas vêm, desde então, sendo usadas por diferentes autores para caracterizar o perfil espaço-temporal do alcance durante o desenvolvimento (FETTERS, TODD, 1987; MATHEW, COOK, 1990; THELEN ET AL, 1993; BERTHIER, KEEN, 2006).

A curva de velocidade tangencial da mão durante o movimento de alcance de um adulto tem o formato de U invertido, ou seja, apresenta um único pico de velocidade, com uma fase de aceleração seguida de uma fase de desaceleração da mão, ou seja, uma unidade de movimento (ROSBLAD, 1995). Estudos de Von Hofsten (1979) e Feters e Todd (1987) revelaram que os perfis de velocidade da mão durante o alcance de bebês são bem diferentes do adulto. No período no qual o bebê começa a alcançar objetos, a trajetória da mão apresenta uma série de unidades de movimento (VON HOFSTEN, 1979; VON HOFSTEN, 1980). Von Hofsten (1979) demonstrou que aos quatro meses de vida o alcance dos bebês apresenta tipicamente três a cinco unidades

de movimento. Além disso, Fethers e Todd (1987) evidenciaram que a trajetória da mão se modifica nos períodos em que a velocidade tangencial atinge o valor zero (FETHERS, TODD, 1987; VON HOFSTEN, 1991), sendo, portanto, as unidades de movimento consideradas uma expressão do ajuste da trajetória da mão em direção ao alvo. Outros autores sugerem que à medida que a coordenação motora se desenvolve, o número de unidades de movimento vai diminuindo, tornando a trajetória do membro superior mais suave em direção ao alvo a ser alcançado (MATHEW, COOK, 1990; VON HOFSTEN, 1991; KONCZAK ET AL, 1995). Até o momento, ainda não há um consenso na literatura com relação ao intervalo etário no qual o número de unidades de movimento atinge valores semelhantes aos de adultos.

De acordo com Von Hofsten (1991), aos oito meses de idade o alcance consiste de somente uma a duas unidades de movimento. Tal resultado está de acordo com o estudo de Mathew e Cook (1990). Entretanto, Fethers e Todd (1987) encontraram um aumento da média do número de unidades de movimento entre 7 e 9 meses de idade. Os outros estudos não encontraram influência significativa da idade no número de unidades de movimento (THELEN ET AL, 1993; THELEN, CORBETTA, SPENCER, 1996; BERTHIER, KEEN, 2006). Um estudo transversal com cinquenta e quatro crianças, de quatro a doze anos de idade, mostrou que o número de unidades de movimento diminuiu de 2.1 aos quatro anos para 1.1 aos 12 anos de idade (KUHTZ-BUSHBECK ET AL, 1998). Este estudo sugere, portanto, um período de tempo mais longo para que essa variável atinja os valores de um adulto.

A segunda variável cinemática frequentemente utilizada para descrever o processo de desenvolvimento do alcance é o índice de retidão da trajetória do membro superior durante o alcance. Mathew e Cook (1990) revelaram que no adulto o índice de

retidão é igual a 1 (um), ou seja, a trajetória percorrida pela mão durante o alcance é retilínea. Portanto, no adulto, a distância percorrida pela mão durante o alcance equivale à menor distância existente entre os pontos de localização da mão no início e no fim do alcance. Ao contrário, uma trajetória mais sinuosa daria uma razão maior, como acontece no alcance de bebês. Von Hofsten (1979) e Fethers e Todd (1987) demonstraram que nos meses iniciais do desenvolvimento do alcance, o índice de retidão apresenta valores em torno de 2 (dois). Os achados sobre as mudanças que ocorrem nos valores do índice de retidão da trajetória do membro superior durante o desenvolvimento do alcance são mais consistentes entre os estudos, do que os achados sobre as mudanças no número de unidades de movimento. A maioria dos estudos encontrou que o valor do índice de retidão se aproxima de um durante o primeiro ano de vida (VON HOFSTEN, 1991; MATHEW, COOK, 1990; BERTHIER, KEEN, 2006).

O número de unidades de movimento e o índice de retidão da trajetória do membro superior são variáveis que expressam o grau de suavidade da trajetória do membro superior durante o movimento de alcance (KLUZIK, FETHERS, CORYELL, 1990; MATHEW, COOK, 1990). O movimento dos membros superiores durante o alcance é inicialmente “desajeitado” e sinuoso, mas em poucos meses apresenta trajetória mais retilínea em direção ao alvo. A simplificação do perfil de velocidade tangencial do membro superior (redução no número de UM) e a maior retificação da trajetória (redução do IR) indicam melhora da capacidade de direcionar o membro superior com precisão até o alvo.

A partir do estudo clássico de Von Hofsten (1979), diversos outros estudos foram conduzidos com o objetivo de investigar o desenvolvimento do alcance e os possíveis

fatores envolvidos neste processo. Fetters e Todd (1987) avaliaram longitudinalmente o alcance de objeto estacionário de 10 crianças aos 5, 7 e 9 meses de idade. Duas variáveis investigadas foram as mesmas do estudo de Von Hofsten (1979), número de unidades de movimento e índice de retidão, mas os resultados foram distintos daqueles apresentados por Von Hofsten em 1979. O número de unidades de movimento e o índice de retidão não diminuíram durante o período investigado. A outra variável investigada foi duração do alcance, que permaneceu estável durante o período entre 5 e 9 meses de idade. Mathew e Cook (1990) investigaram transversalmente o desenvolvimento do alcance de 10 crianças em cada um dos seguintes grupos etários: quatro meses e meio, seis, e sete meses e meio (MATHEW, COOK, 1990). O número de unidades de movimento e o índice de retidão diminuíram ao longo do tempo, confirmando os achados de Von Hofsten (1979); a duração do alcance também diminuiu ao longo do tempo, determinando, portanto, resultados diferentes daqueles reportados por Fetters e Todd (1987). Mathew e Cook (1990) investigaram ainda as variáveis cinemáticas: distância percorrida pelo membro superior durante o alcance e o pico de velocidade do membro superior durante o alcance. A distância percorrida pelo membro superior diminuiu ao longo do tempo, já o pico de velocidade permaneceu estável, indicando que os participantes deste estudo alcançaram o alvo utilizando uma mesma velocidade do membro superior para percorrer uma menor distância em um menor intervalo de tempo.

Nestes três estudos reportados acima, a análise cinemática foi feita através de vídeo-análise. O avanço tecnológico vem permitindo o uso de métodos mais precisos, através de sistemas de análise de movimento, para se investigar o processo de desenvolvimento do alcance. O sistema de análise de movimento registra

temporalmente o deslocamento de pontos no espaço, ex.: marcadores colocados em pontos específicos dos membros superiores, nos três planos de movimento: sagital, frontal e transversal, em diferentes frequências, oferecendo dados mais precisos acerca da trajetória de movimento do que aqueles extraídos de vídeo-análise.

O primeiro estudo investigando o desenvolvimento do alcance através de sistema de análise de movimento foi do próprio Hofsten em 1991. O número de unidades de movimento e índice de retidão foram documentados em 5 crianças dos 4 aos 8 meses de idade, com intervalos de 3 semanas entre as avaliações, mas, diferente do estudo de 1979, o alvo a ser alcançado foi estacionário (VON HOFSTEN, 1991). Os achados confirmaram os resultados encontrados no estudo anterior do mesmo pesquisador (VON HOFSTEN, 1979). Além disso, as outras duas variáveis investigadas, duração do alcance e pico de velocidade do membro superior durante o alcance, não sofreram influência significativa da idade, ou seja, permaneceram estáveis durante o período de 4 a 8 meses de idade. Os resultados da variável duração do alcance corroboraram com os resultados apresentados por Fetters e Todd (1987), mas discordaram dos encontrados por Mathew e Cook (1990). Já os resultados da variável pico de velocidade do membro superior confirmaram os resultados apresentados por Mathew e Cook (1990). Thelen e colaboradores (1993; 1996) investigaram quatro crianças nas idades de 3 a 30 semanas, com intervalos de 1 semana entre as avaliações e posteriormente de 30 a 52 semanas com intervalos de 2 semanas. As variáveis incluídas neste estudo envolvendo o alcance de alvo estacionário foram: número de unidades de movimento, índice de retidão, duração do alcance, distância percorrida pelo membro superior durante o alcance, velocidade no início do alcance, velocidade no final do alcance, ou seja, no contato com o objeto, pico de velocidade e

velocidade média do membro superior durante o alcance. Com exceção da duração do alcance e da distância percorrida pelo membro superior durante o alcance, todas as variáveis apresentaram tendências desenvolvimentais consistentes, ou seja, para todos os bebês as variáveis apresentaram diminuição ou aumento dos valores ao longo do tempo. Cada um dos bebês investigados por Thelen e colaboradores (1993; 1996) apresentou durante vários meses uma trajetória do membro superior sinuosa e com alta ou baixa velocidade do membro superior durante o alcance. Em torno de 7 meses e meio a 9 meses de idade, todos os bebês conseguiram maior ajuste da velocidade e da trajetória do membro superior em direção ao alvo. Embora este estudo tenha investigado grande número de variáveis, houve acompanhamento de somente quatro crianças sendo, portanto, possível descrever as variações individuais acerca dos desfechos investigados. Já Konczak e colaboradores (1995; 1997) acompanharam 9 bebês dos 4 aos 15 meses com intervalo de um mês entre as medidas. Foram investigadas as variáveis: número de unidades de movimento, índice de retidão e duração do alcance e os achados corroboram com os resultados apresentados por Von Hofsten (1991).

Em estudo mais recente, Berthier e Keen (2006) avaliaram cinco bebês desde o início do alcance até os cinco meses de idade, outros cinco bebês de dois meses e meio a quatro meses e dois bebês de dois meses a um ano e oito meses, com intervalos de um mês entre as medidas. Os autores documentaram a influência da idade sobre onze variáveis cinemáticas que são freqüentemente usadas para caracterizar o alcance de bebês: número de unidades de movimento, índice de retidão, duração do alcance, distância percorrida pelo membro superior durante o alcance, distância em linha reta entre os pontos de localização da mão no início e final do

alcance, mudança na distância entre o ombro e a mão durante o alcance, velocidade média, pico de velocidade, tempo para o pico de velocidade mensurado em milissegundos, tempo para o pico de velocidade mensurado como a porcentagem da duração do movimento e *jerk*, ou seja, a terceira derivada da posição com relação ao tempo. O principal objetivo foi investigar se todas essas variáveis são necessárias para proporcionar uma completa descrição do desenvolvimento do alcance. Por meio de análise fatorial os autores concluíram que as onze variáveis estudadas não proporcionam informações independentes sobre as características espaço-temporais da trajetória do membro superior durante o alcance e, portanto, o alcance poderia ser descrito por um grupo menor, de cinco variáveis: número de unidades de movimento, índice de retidão da trajetória do membro superior, distância percorrida pelo membro superior, pico de velocidade e tempo para atingir o pico de velocidade do membro superior durante o movimento de alcance. Neste estudo longitudinal, foi encontrada influência da idade no índice de retidão da trajetória do membro superior, no pico de velocidade e tempo para atingir o pico de velocidade do membro superior durante o movimento de alcance. Os valores destas variáveis diminuíram ao longo do tempo.

A distância percorrida pelo membro superior durante o alcance parece variar de acordo com a especificidade da tarefa (BERTHIER, KEEN, 2006). Mathew e Cook documentaram diminuição da distância de 420 mm aos 4 meses e meio para 320 mm durante alcance de um adulto. Os outros estudos não encontraram influência da idade sobre essa variável (THELEN ET AL, 1993; THELEN, CORBETTA, SPENCER, 1996; BERTHIER, KEEN, 2006).

Os achados na literatura sobre a velocidade do alcance também têm sido controversos. Utilizando métodos baseados na análise de vídeo, Halverson (1933)

afirmou que a criança alcança mais rápido à medida que se torna mais eficiente nesta habilidade. Entretanto, Thelen e colaboradores (1996) demonstraram que cada um dos quatro bebês avaliados tinha uma velocidade preferencial no início do desenvolvimento do alcance e aprendiam a controlar a trajetória, aumentando ou diminuindo a velocidade, de acordo com suas características próprias. Já a porcentagem do tempo de alcance em que ocorre o pico de velocidade da mão diminui com a idade segundo Berthier e Keen (2006). Este estudo juntamente com os estudos de Konczak e colaboradores (1995; 1997) e Newman e colaboradores (2001) mostram que o tempo para o pico de velocidade está entre 35% e 50% da duração total do alcance no início da aquisição do alcance e muda para 20% a 40% em idades posteriores.

Vários aspectos relacionados aos métodos empregados pelos diversos estudos poderiam justificar a falta de consenso entre os resultados encontrados. Um fator relevante parece ser o desenho do estudo. Estudos longitudinais constituem o principal método de se investigar o processo de desenvolvimento, pois envolvem medidas repetidas dos mesmos participantes ao longo do tempo e, por isso, permitem documentar a influência da idade sobre desfechos de interesse (EMDE, HARMON, 1984; VON HOFSTEN, 1989; LAMB, BORNSTEIN, TETI, 2002). Dentre os estudos revisados, a maioria teve desenho longitudinal, com exceção dos estudos de Mathew e Cook (1990), Berthier e McCarty (1995) e McCarty e Ashmead (1999). Além disso, a caracterização do processo de desenvolvimento do alcance tem sido feita utilizando-se diferentes variáveis espaço-temporais e com diferentes intervalos de tempo, o que dificulta a comparação entre os estudos e pode trazer informações redundantes e incompletas sobre esse processo.

A divergência nos resultados entre os diferentes estudos sobre as mudanças nas características espaço-temporais da trajetória dos membros superiores durante o desenvolvimento do alcance levanta uma questão importante. Mudanças espaço-temporais do movimento do membro superior são adequadas para informar sobre a ação de alcançar objetos, em um ambiente específico? São dois níveis de análise distintos, pois o nível da ação refere-se ao comportamento do indivíduo, ou seja, à forma escolhida para usar os recursos disponíveis em um dado ambiente. De acordo com Reed (1982), as ações devem ser categorizadas em termos funcionais, ou seja, uma ação, como o alcance, deve ser categorizada pela especificidade da função alcançada pelas posturas e movimentos que a compõem. Assim, a tarefa parece ser a estrutura organizadora de diferentes combinações possíveis de unidades de ação (posturas e movimentos). Sistemas de ação permitem, portanto, a adaptação do indivíduo ao seu ambiente (REED, 1982). Dessa forma, discordâncias nos achados sobre mudanças nas características espaço-temporais da trajetória do membro superior durante o desenvolvimento do alcance podem também ser atribuídas aos diferentes contextos ambientais em que esta habilidade se desenvolve e vem sendo testada. Por exemplo, no estudo de Fetters e Todd (1987) o objeto a ser alcançado era uma caixa de plástico, com botões coloridos, fixada em uma mesa em frente ao participante. Já no estudo de Thelen e colaboradores (1993;1996), os objetos eram apresentados de três formas: usando um equipamento que movia o objeto de trás da criança até ser posicionado em frente à ela, na linha média; o responsável pela criança apresentava o objeto a ser alcançado; ou o pesquisador apresentava o objeto. A ordem de apresentação era escolhida pelos pesquisadores e os objetos eram brinquedos pequenos, atrativos, com diâmetro que variava de 4,5 a 5,5 cm. Um outro exemplo de

contexto ambiental no qual o alcance é testado é a forma utilizada no estudo de Von Hofsten (1991). Cada alcance documentado deveria iniciar com a mão do participante em repouso no seu colo. Assim que o objeto era apresentado, o período de coleta se iniciava e tinha a duração de 3 segundos. Esse procedimento era repetido até houvesse em torno de 20 alcances por participante.

Vários fatores, do organismo e do ambiente, têm sido apontados como relevantes para o desenvolvimento do alcance. Além do nível de maturação do sistema nervoso central (GESELL, 1939), mudanças corporais devido ao ganho de massa e aumento do comprimento dos membros (KAMM, THELEN, JENSEN, 1990; SCHNEIDER, ZERNICKE, 1992; OUT ET AL, 1997), bem como as características do alvo a ser alcançado (ex. rigidez e deslocamento) (VON HOFSTEN, 1979; NEWMAN, ATKINSON, BRADDICK, 2001) podem influenciar a emergência do alcance.

Durante o primeiro ano de vida ocorrem grandes mudanças na massa e proporções relativas do bebê (SCHNEIDER, ZERNICKE, 1992). Como os movimentos do bebê são produzidos em um campo gravitacional constante, o ganho de massa e o crescimento levam à mudança na carga sobre os membros superiores. Portanto, o bebê precisa gerar torque muscular suficiente para vencer o torque gravitacional, ou seja, a força da gravidade agindo sobre o centro de massa do segmento, durante o movimento de alcance (THELEN ET AL, 1993). Os bebês se movem de forma diferente quando eles ganham peso ou quando estão em posturas diferentes em relação à gravidade (OUT ET AL, 1998). Chagas e colaboradores (2006) encontraram associação significativa entre o Índice de massa corporal (IMC) e o desempenho motor de crianças saudáveis no início da aquisição da marcha independente, sendo que crianças com maior massa corporal e maior IMC obtiveram menores escores no teste *Alberta Infant*

Motor Scale (AIMS). Out e colaboradores (1997) compararam o alcance com e sem a adição de massa ao membro superior de bebês e encontraram menor número de unidades de movimento durante o alcance com adição de massa. O número de unidades de movimento diminuiu segundo o mesmo princípio pelo qual o aumento da massa de um pêndulo reduz sua frequência de oscilação. Além disso, os autores compararam o alcance com a criança posicionada nas posturas sentada e supina. Na postura sentada, o centro de massa do membro superior está, na maior parte do tempo, abaixo do centro de rotação, portanto a força da gravidade age como neutralizadora de qualquer perturbação. Assim, é provavelmente mais fácil controlar o membro superior durante o alcance na postura sentada que em supino.

O ganho de massa poderia agir como uma restrição física durante o alcance do bebê se esse ganho não fosse acompanhado pelo ganho de força muscular. Entretanto, Konczak e colaboradores (1995) não encontraram nenhuma mudança relacionada à idade no torque máximo de bebês entre 4 e 16 meses, e concluíram que a força muscular insuficiente não é um fator que restringe o comportamento de alcance no início do desenvolvimento.

A caracterização longitudinal das mudanças do torque gravitacional do membro superior ao longo do desenvolvimento e sua influência nas mudanças nos padrões de movimento dos membros superiores podem oferecer informações que fundamentem princípios teóricos sobre o desenvolvimento motor, além de orientar clínicos sobre fatores que influenciam a emergência de padrões típicos de movimento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

- Investigar a influência do aumento do torque gravitacional do membro superior sobre as mudanças em variáveis espaço-temporais do membro superior durante o desenvolvimento do alcance, dos 4 aos 8 meses de vida.

1.1.2 Específicos

- Investigar se mudanças no torque gravitacional influenciam a cinemática do membro superior no desenvolvimento do alcance;
- Documentar mudanças no número de unidades de movimento da trajetória do membro superior durante o desenvolvimento do alcance de bebês;
- Documentar mudanças no índice de retidão da trajetória do membro superior durante o desenvolvimento do alcance de bebês;
- Documentar mudanças na distância percorrida pelo membro superior durante o desenvolvimento do alcance de bebês;
- Documentar mudanças no pico de velocidade do membro superior durante o desenvolvimento do alcance de bebês;
- Documentar mudanças no tempo para atingir o pico de velocidade de membro superior durante o desenvolvimento do alcance de bebês.

1.2 Hipóteses

H1- Mudanças no torque gravitacional estarão associadas a mudanças na cinemática do membro superior durante o desenvolvimento do alcance;

H2- O número de unidades de movimento da trajetória do membro superior durante o alcance irá diminuir no período de 4 a 8 meses;

H3- O índice de retidão da trajetória do membro superior durante o alcance irá diminuir no período de 4 a 8 meses;

H4- A distância percorrida pelo membro superior durante o alcance irá diminuir no período de 4 a 8 meses;

H5- O pico de velocidade da trajetória do membro superior irá aumentar no período de 4 a 8 meses;

H6- O tempo para atingir o pico de velocidade do membro superior irá diminuir no período de 4 a 8 meses.

2 - MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Participantes

Participaram deste estudo treze crianças saudáveis nascidas a termo. O cálculo do tamanho da amostra foi feito com base no estudo de Von Hofsten (1991), que documentou mudanças no número de unidades de movimento e no índice de retidão da trajetória do membro superior durante o alcance de oito crianças na faixa etária de quatro meses a oito meses. A magnitude do efeito da idade sobre essas variáveis foi $d=1,86$. Considerando-se uma análise não-direcional, com nível de significância igual a 0.05 e um poder estatístico de 0.85 a 0.90, o tamanho da amostra necessário para documentar o efeito citado seria de 10 a 12 crianças (COHEN, 1988).

As crianças que participaram do estudo foram recrutadas de forma não-aleatória em consultórios de pediatras da região metropolitana de Belo Horizonte, e filhos de pessoas conhecidas dos pesquisadores. As características sócio-econômicas das famílias foram registradas conforme critério proposto pela Associação Brasileira de Institutos de Pesquisa de Mercado (ABIPEME, 2001) (ANEXO A). Esse critério classifica o nível sócio-econômico por meio de um questionário que foi aplicado mediante

entrevista estruturada com um dos pais da criança. O questionário abrange informações sobre o poder aquisitivo da família: quantidade de eletrodomésticos disponíveis na residência, se a família possui automóvel e empregada mensalista e, ainda, o nível de instrução do chefe da família. A classificação sócio-econômica geral resultante desse critério varia de A (indicando classe sócio-econômica elevada) a E (indicando classe sócio-econômica muito baixa), com categorias intermediárias (B, C e D) que indicam classes sócio-econômicas média, média-baixa e baixa. A fim de aumentar a homogeneidade da amostra nesta variável, para o presente estudo foram selecionadas somente as crianças de famílias das categorias A, B e C.

Os critérios de inclusão para a participação das crianças foram: idade gestacional superior a 37 semanas, peso ao nascimento igual ou superior a 2.500g, não apresentar quaisquer intercorrências neonatais ou sinais de comprometimento neurológico, malformações congênitas, síndromes genéticas, alterações do sistema visual, auditivo ou limitações cardiorrespiratórias documentadas. As informações sobre as intercorrências foram obtidas a partir do que foi documentado no sumário de alta da criança do berçário ou do relato da mãe ou responsável. O critério de exclusão das crianças foi apresentar escore inferior ao percentil 10 da *Alberta Infant Motor Scale* (AIMS). A AIMS é uma escala padronizada, observacional, utilizada avaliar o repertório de movimentação espontânea de crianças na faixa etária de 0 a 18 meses (PIPER, DARRAH, 1994). O desenvolvimento motor grosso é avaliado nas posturas prona, supina, sentada e de pé.

Após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG sob o parecer nº ETIC 418/05 (ANEXO B), os pais ou os responsáveis pela criança foram contatados, informados sobre os procedimentos e tiveram suas dúvidas esclarecidas.

Àqueles que concordaram em participar foi solicitado assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido para participação voluntária da criança (APÊNDICE A). Ao final do estudo as famílias receberam um DVD com as imagens do bebê durante todas as nove sessões de coletas de dados sobre o seu desenvolvimento motor.

Foram convidadas 14 crianças para esse estudo. Dessas, uma não foi incluída porque a mãe desistiu de participar por falta de disponibilidade de tempo, totalizando uma amostra de 13 participantes.

2.2 Instrumentação

2.2.1 Sistema de Análise de Movimento

Dados cinemáticos tridimensionais dos movimentos dos membros superiores durante o desenvolvimento do alcance foram coletados através do Sistema de Análise de Movimentos *ProReflex Motion Capture Unit 240*, Qualisys, (Gothenburg, Suécia). Quatro câmeras, que captaram imagens a uma frequência de 120 Hz, foram utilizadas para registrar tridimensionalmente os movimentos dos membros superiores durante o desenvolvimento do alcance dos participantes, dos 4 aos 8 meses de vida em intervalos quinzenais, totalizando 9 avaliações longitudinais.

2.2.2 Câmeras Digitais

Todas as avaliações foram filmadas, utilizando-se duas câmeras filmadoras digitais (8 mm,), fixadas em um tripé, com o objetivo de registrar o comportamento da criança durante os alcances. Uma câmera foi colocada na diagonal direita e outra na diagonal esquerda, a um metro de distância da criança, que estava posicionada no colo de sua mãe ou cuidador, em frente à haste com o alvo fixo a ser alcançado.

2.2.3 Alvo

Foi utilizada uma haste de metal com um brinquedo afixado em sua extremidade superior, confeccionada especialmente para o presente estudo. A haste tinha altura regulável e o brinquedo era uma esfera de plástico rígido transparente de 5,8 cm de diâmetro, contendo um cachorrinho amarelo e três bolinhas vermelhas soltas dentro dela. Essa esfera podia ser girada em seu eixo no plano frontal. Quando a esfera era girada as três bolinhas se moviam e isso gerava barulho, tornando o brinquedo mais atrativo para exploração.

Outros equipamentos utilizados neste estudo foram: balança infantil para documentar o peso da criança; fita métrica para medir o comprimento e a circunferência dos membros superiores e régua pediátrica para mensurar a altura da criança.

2.3 Procedimentos

Foi realizado contato telefônico com os pais dos potenciais participantes para convidá-los a participarem do estudo. Àqueles que se interessaram em participar foram pedidas informações sobre a história de nascimento da criança, identificando as possíveis intercorrências que excluiriam a criança de participar do estudo. O horário e o dia das avaliações das crianças foram definidos conforme a conveniência dos pais ou dos responsáveis. Todo esforço foi feito no sentido de se garantir a coleta de dados nos horários em que as crianças estivessem alerta e interativas.

Dados cinemáticos e antropométricos foram coletados longitudinalmente a partir dos quatro meses até os oito meses de idade, com intervalos quinzenais entre cada coleta. Para definição da faixa etária foi considerado o limite de mais ou menos até 7 dias para a coleta dos dados de cada idade. Todos os dados foram coletados no Laboratório de Análise de Movimento, localizado no primeiro andar do prédio da Escola

de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Campus Universitário, Pampulha, Belo Horizonte. Este local foi previamente preparado. As quatro câmeras do Sistema de Análise de Movimento foram montadas, duas de cada lado, e o espaço onde as crianças realizariam o alcance foi calibrado usando-se uma batuta que estabelecia os pontos zero dos três planos de movimento. As câmeras filmadoras digitais foram colocadas em frente, nas diagonais direita e esquerda, a um metro de distância de uma cadeira, que foi posicionada no centro do volume calibrado. A haste com o alvo foi colocada em frente à cadeira.

Antes de iniciar as avaliações, o termo de consentimento livre e esclarecido era entregue ao responsável pela criança que tinha tempo livre para ler e fazer perguntas sobre o protocolo do estudo. Após o esclarecimento das dúvidas, era solicitado ao responsável pela criança o preenchimento do formulário da ABIPEME (ANEXO A). Em seguida, com a criança no colo do responsável, um marcador reflexivo de 1,5cm de diâmetro era colocado em cada membro superior da criança, na região dos acrômios, por meio de uma fita adesiva dupla-face antialérgica e uma pulseira feita de elástico e presa com velcro era colocada em cada punho da criança, com um marcador reflexivo afixado de forma a ficar na linha mediana da articulação do punho da criança (VAN DE MEER ET AL, 1995). Outros dois marcadores estavam afixados na haste de metal, onde se localizava o alvo (FIGURA 1).



FIGURA 1 - Posicionamento do participante e dos marcadores reflexivos no plano sagital.

A mãe ou o responsável assentava-se na cadeira com o participante em seu colo de frente para a haste com o alvo, a uma distância do alvo que correspondesse ao comprimento do membro superior da criança (THELEN ET AL, 1993). Essa distância foi definida para cada participante, em cada coleta, como sendo equivalente ao comprimento do membro superior da criança estendido de forma que ela tocasse o alvo (em torno de 90° de flexão do ombro e 15° de flexão de cotovelo). A altura da haste foi ajustada para que o alvo ficasse na altura do ombro da criança. A mãe ou o responsável segurava a criança no nível dos quadris de forma a proporcionar estabilidade ao tronco inferior da criança, permitindo livre movimentação dos membros superiores (FIGURA 1).

O alvo, coberto por uma capa de tecido ao início da coleta, era então descoberto. Se a criança não fixasse o olhar no alvo, a pesquisadora girava o alvo de forma a atrair a atenção da criança para ele (VON HOFSTEN, 1980), e a captura do Sistema de Análise de Movimentos era iniciada. O Sistema de Análise de Movimentos estava sincronizado com a câmera filmadora digital que registrava o comportamento da criança durante duas coletas de um minuto e meio cada. A coleta na qual houve menor

interpolação da trajetória da marca reflexiva afixada no punho era armazenada, juntamente com os dados comportamentais, para posterior redução e análise, em um computador Pentium® 4 de 2,8 GHz.

Em todas as avaliações longitudinais, após a coleta dos dados cinemáticos, o desenvolvimento motor grosso das crianças era avaliado, utilizando-se a AIMS.

Os dados antropométricos dos participantes foram coletados ao final dos procedimentos para se evitar que o manuseio resultasse em choro da criança. Foram registrados o peso, a altura, o perímetro cefálico, o comprimento e a circunferência do braço, antebraço e da mão da criança em cada dia de coleta de dados de acordo com Schneider e Zernicke (1992). O peso foi mensurado por meio de uma balança eletrônica, a altura por meio de uma régua infantil e as demais medidas foram mensuradas utilizando-se uma fita métrica com a criança posicionada em supino em uma maca, sendo distraída pela mãe ou responsável.

2.4 Redução dos dados

Inicialmente foi feita a confiabilidade entre cinco examinadores para identificação dos alcances em vídeo. O vídeo de um participante foi sorteado entre todas as coletas e cada um dos cinco examinadores extraiu os dados dos 10 primeiros alcances realizados com o membro superior direito e com o esquerdo. Para análise de concordância foram considerados: 1) a identificação de um alcance (definido como o movimento detectável da mão em direção ao alvo que resultasse no toque da mão no alvo, com ou sem fixação visual do alvo a ser alcançado) (CORBETTA, THELEN, 1995), e os quadros de 2) início e 3) fim de cada alcance. O contato da mão ao alvo foi definido como o primeiro

quadro no qual a mão ou um dos dedos tocou o alvo. Uma vez identificado o quadro do fim do alcance, o vídeo era rebobinado quadro a quadro, até o quadro no qual a mão da criança fazia o primeiro movimento claro em direção ao alvo.

Para o cálculo de concordância entre os examinadores utilizou-se a variável número de alcances, realizado através do teste Kappa; para a concordância entre os quadros de início e fim de cada alcance utilizou-se o Índice de concordância intra-classe (ICC). O treinamento para a extração dos alcances entre os cinco examinadores aconteceu até que se atingiram valores de concordância acima de 0,8. Após esta concordância, os cinco examinadores extraíram de forma independente os dados referentes aos movimentos dos membros superiores que eram alcance, e aos quadros inicial e final de todos os alcances apresentados pelos participantes em cada etapa do estudo. Quando houvesse dúvidas, discussão era feita entre ao menos três examinadores até que um consenso fosse atingido. Considerando a grande quantidade de dados envolvidos neste estudo (todos os alcances dos 13 participantes em nove coletas) cinco examinadores foram necessários para a extração dos dados em vídeo, de forma a garantir a confiabilidade dos mesmos minimizando-se a influência do cansaço.

Dessa forma foi possível determinar o número de alcances realizados por cada criança em cada intervalo de tempo. Todos os alcances encontrados que não tiveram toda a trajetória do movimento capturada pelo Sistema de Análise de Movimento, devido à perda da visão pelas câmeras do marcador do punho, foram excluídos. Isso garantiu que a análise dos alcances fosse realizada somente utilizando-se dados sem nenhuma interpolação da trajetória dos membros superiores durante os alcances.

Os valores dos quadros de início e fim de cada alcance, identificados no vídeo, foram registrados em um arquivo em formato de texto (txt) e exportados para o software

MATLAB®, assim como os dados de deslocamento dos membros superiores nos planos sagital, frontal e transversal, a 120 quadros por segundo. Um programa desenvolvido especificamente para o presente estudo realizou inicialmente a filtragem dos dados cinemáticos com o filtro passa-baixa Butterworth (fase zero - filtragem direta e reversa) de 4ª ordem com frequência de corte de 6Hz. Essa frequência foi inicialmente considerada de acordo com o estudo de Fallang e colaboradores (2003). Além disso, foi verificado através de Análise da Densidade de Potência Espectral se tal frequência de corte era adequada aos dados do presente estudo. Esta indicou uma maior potência de frequências inferiores a 6Hz (FIGURA 2), sendo então definida essa como a frequência de corte.

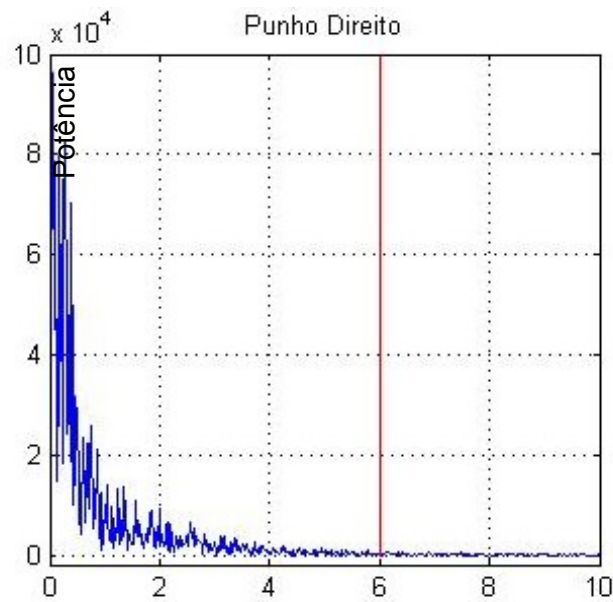


FIGURA 2 - Análise de densidade de potência espectral
Frequência

Após a filtragem a 6Hz, o programa criou uma correspondência entre os quadros de início e fim de cada alcance extraídos dos vídeos, e os quadros da trajetória de deslocamento tridimensional da marca reflexiva afixada no punho da criança. Os dados

de deslocamento do membro superior foram utilizados para o cálculo das variáveis: índice de retidão do membro superior durante o alcance e distância percorrida pelo membro superior durante o alcance. As variáveis número de unidades de movimento do alcance e pico de velocidade tangencial foram calculadas após derivação dos dados de deslocamento em velocidade. E o tempo para o pico de velocidade do membro superior durante o movimento de alcance foi obtido através de cálculo de porcentagem.

2.5 Cálculo das variáveis

Comprimento e perimetria dos segmentos do membro superior (braço, antebraço e mão) foram usados para o cálculo do torque gravitacional, de acordo com os procedimentos descritos por Winter (1990) e Kugler e Turvey (1987). Detalhes sobre os procedimentos de transformação das medidas antropométricas em torques gravitacionais estão disponíveis no APÊNDICE B.

O número de unidades de movimento (UM) foi extraído da curva de velocidade tangencial e equivale ao número de fases de aceleração seguida de desaceleração em um alcance. Os critérios formais para identificação da UM na curva de velocidade tangencial foram: (a) a curva de velocidade tangencial deveria iniciar com uma fase de aceleração, (b) no início da UM o aumento da velocidade deveria exceder 2 mm/s (VON HOFSTEN, 1991; KUHTZ-BUSCHBECK ET AL, 1998; FALLANG ET AL, 2003) e (c) o pico de velocidade da UM deveria ser maior que 5% do valor do maior pico de velocidade identificado naquele alcance (THELEN, CORBETTA, SPENCER, 1996; FALLANG ET AL, 2003).

O índice de retidão foi calculado como a distância percorrida pelo membro superior durante o alcance dividida pela distância entre a posição do marcador do punho

no início e no final do alcance. A distância percorrida pelo membro superior durante o alcance foi obtida pela distância tridimensional resultante, em mm, percorrida pelo membro superior durante o alcance.

O pico de velocidade foi definido como o valor máximo, em mm/s, identificado na curva de velocidade tangencial do membro superior durante um alcance. E finalmente, o tempo para o pico de velocidade foi obtido através do cálculo da porcentagem do tempo total do alcance onde a velocidade atingiu o pico.

2.6 Análise Estatística

2.6.1 Análise descritiva

Estatística descritiva, utilizando medidas de tendência central (média) para as variáveis quantitativas, e frequência para as variáveis categóricas, foram usadas para descrever a amostra em relação às variáveis: sexo, idade gestacional, peso ao nascimento e nível sócio-econômico da família, além de idade (em meses) e número de alcances em cada avaliação longitudinal.

2.6.2 Análise inferencial

Para caracterizar mudanças no número de alcances ao longo do tempo foi utilizada a ANOVA para medidas repetidas.

Modelos de regressão mista testaram a associação da idade e do torque gravitacional com cada variável dependente do estudo: número de unidades de movimento do alcance, índice de retidão da trajetória do membro superior durante o alcance, distância percorrida pelo membro superior durante o movimento de alcance, pico de velocidade e tempo para atingir o pico de velocidade do membro superior durante o alcance. Se houvesse forte correlação entre as duas variáveis independentes

do estudo, idade e torque gravitacional, seria utilizado o modelo de regressão linear ou quadrático, ou seja, o modelo de regressão seria utilizado para testar a influência da idade e do torque gravitacional, de forma separada, sobre cada variável dependente do estudo. O critério de escolha entre o efeito linear e o não linear foi o nível de significância. Para a construção do modelo testou-se a variância dos dados para verificar a homocedasticidade, ou seja, se as variâncias dos dados ao longo do tempo eram similares, e testou-se também a normalidade dos resíduos. Se a variância dos dados de uma variável não foi igual ou se a distribuição dos dados foi diferente da distribuição normal, foi feita a transformação logarítmica dos dados dessa variável. Para todas as análises inferenciais foi considerado nível de significância $\alpha=0,05$. O pacote estatístico STATA, versão 10.0 foi utilizado para todas as análises estatísticas.

3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS INSTITUTOS DE PESQUISA DE MERCADO (ABIPEME). **Critério de classificação econômica Brasil**. Disponível em <http://www.targetmark.com.br/bf2001/br/criterio.htm> > Acesso em: 30 jan. 2005.

BERTENTHAL, B.; VON HOFSTEN, C. Eye, head and trunk control: the foundation for manual development. **Neuroscience Biobehavioral Review**, v. 22, n. 4, p. 515-20, jul. 1998.

BERTHIER, N.; MCCARTY, M. Speed of infant reaching during the first year: Confirmation of a prediction. **Infant Behavior and Development**, vol. 19, p. 531, 1995.

BERTHIER, N.; KEEN, R. Development of reaching in infancy. **Experimental Brain Research**, vol.169, p. 507-518, 2006.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2.ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1988.

CORBETTA, D.; THELEN, E. A method for identifying the initiation of reaching movements in natural prehension. **Journal of Motor Behavior**, vol. 28, p. 285-293, 1995.

CHAGAS, P.S.; MANCINI, M.C.; FONSECA, S.T.; SOARES, T.B.; GOMES, V.P.; SAMPAIO, R.F. Neuromuscular mechanisms and anthropometric modifications in the initial stages of independent gait. **Gait & Posture**, vol. 24, n. 3, p.375-381, nov. 2006.

EMDE, R.N.; HARMON, R.J. **Continuities and Discontinuities in Development**. New York and London: Plenum Press, pp. 418, 1984.

FALLANG, B.; SAUGSTAD, O.; GROGAARD, J.; HADDERS-ALGRA, M. Kinematic quality of reaching movements in preterm infants. **Pediatric Research**, vol. 53, n. 5, p. 836-42, 2003.

FETTERS, L.; TODD, J. Quantitative assessment of reaching movements. **Journal of Motor Behavior**, vol.19, p. 147-66, 1987.

GESELL, A. Reciprocal interweaving in neuromotor development. **Journal of Comparative Neurology**, vol. 70, p. 161-180, 1939.

GIBSON, E.J.; PICK, A.D. **An ecological approach to perceptual learning and development**. NY: Oxford University Press, 2000.

HALVERSON, H. The acquisition of skill in infancy. **Journal Genetic Psychology**, vol. 43, p. 3-48, 1933.

KAMM, K.; THELEN, E.; JENSEN, J. A dynamical systems approach to motor development. **Physical Therapy**, vol.70, p. 753-775, 1990.

KLUZIK, J.; FETTERS, L.; CORYELL, J. Quantification of control: a preliminary study of effects of neurodevelopmental treatment on reaching in children with spastic cerebral palsy. **Physical Therapy**, vol. 70, n. 2, p. 65-76, fev. 1990.

KONCZAK, J.; BORUTTA, M.; TOPKA, H.; DICHGANS, J. The development of goal-directed reaching in infants; hand trajectory formation and torque control. **Experimental Brain Research**, vol. 106, n.1 p. 156-68, 1995.

KONCZAK, J.; DICHGANS, J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. **Experimental Brain Research**, vol. 117, n. 2, p. 346-54, nov. 1997.

KUGLER, P. N.; TURVEY, M. T. **Information, natural law, and the self-assembly of rhythmic movement**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.,1987.

KUHTZ-BUSCHBECK, J.P.; STOLZE, H.; JÖHNK, K.; BOCZEK-FUNCKE, A.; ILLERT, M. Development of prehension movements in children: a kinematic study. **Experimental Brain Research**, vol. 122, n. 4, p. 424-32, out. 1998.

LAMB, M.; BORNSTEIN, M.; TETI, D. **Development in infancy**. 4.ed. Mahwah (NJ): Erlbaum, 2002.

MATHEW, A.; COOK, M. The control of reaching movements by young infants. **Child Development**, vol.61, n.4, p.1238-1257, ago. 1990.

MCCARTY, M.E.; ASHMEAD, D.H. Visual control of reaching and grasping in infants. **Developmental Psychology**, vol. 35, n. 3, p. 620-631, maio, 1999.

NEWMAN, C.; ATKINSON, J.; BRADDICK, O. The development of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. **Developmental Psychology**, vol. 37, n.4, p. 561-72, 2001.

OUT, L.; SAVELSBERGH, G.; SOEST, A. VAN.; HOPKINS, B. Influence of mechanical factors on movements units in infant reaching. **Human Movement Science**, vol. 16, p. 733-748, 1997.

OUT, L.; SOEST, A. VAN.; SAVELSBERGH, G.; HOPKINS, B. The effect of posture on early reaching movements. **Journal of Motor Behavior**, vol. 30, p. 260-272, 1998.

PIPER, M.; DARRAH, J. **Motor assessment of the developing infant**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994.

REED, E. S. An outline of a theory of action systems. **Journal of Motor Behavior**, vol.14, p. 98-134, 1982.

ROSBLAD, B. Reaching and eye-hand coordination. In: Henderson, Anne. **Hand function in the child: foundations for remediation**. St. Louis: Mosby, 1995.

SCHNEIDER, K.; ZERNICKE, R.F. Mass, center of mass, and moment of inertia estimates for infant limb segments. **Journal of Biomechanics**, vol. 25, n.2, p. 145-8, fev. 1992.

THELEN, E.; CORBETTA, D.; KAMM, K.; SPENCER, J.; SCHNEIDER, K.; ZERNICKE, R. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Development**, vol. 64, p. 1058-98, 1993.

THELEN, E.; CORBETTA, D.; SPENCER, J. Development of reaching during the first year: role of movement speed. **Journal of Experimental Psychology**, vol. 22, n. 5, p. 1059-76, 1996.

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

VAN DER FITTS, I.; HADDERS-ALGRA, M. The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. **Neuroscience Biobehavioral Reviews**, vol. 22, n. 4, p. 521-6, jul.1998.

VAN DER MEER, A.; VAN DER WEEL, F.; LEE, D.; LAING, I.; LIN, J. Development of prospective control of catching moving objects in preterm at-risk infants. **Developmental Medicine and Child Neurology**., vol. 37, p. 145-158, 1995.

VAN SANT, A. Life-span motor development. In: **Contemporary management of motor control problems**: Proceedings of the II STEP Conference. Foundations for Physical Therapy, 1991.

VON HOFSTEN, C. Development of visually directed reaching: the approach phase. **Journal of Human Movement Studies**. vol. 5, p. 160-178, 1979.

VON HOFSTEN, C.; LINDHAGEN, K. Observations on the development of reaching for moving objects. **Journal of Experimental Child Psychology**. vol. 28, p. 158-73, 1979.

VON HOFSTEN, C. Predictive reaching for moving objects by human infants. **Journal of Experimental Child Psychology**. vol. 30, p. 369-82, 1980.

VON HOFSTEN, C. Motor development as the development of systems: comments on the special section. **Developmental Psychology**, vol. 25, n. 6, p. 950-3, 1989.

VON HOFSTEN, C. Structuring of early reaching movements: a longitudinal study. **Journal of Motor Behavior**, vol.23, n. 4, p. 280-92, 1991.

WINTER, D. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. Hardcover Ed., 325 pgs, 1990.

4 - ARTIGO

Influência de fatores mecânicos no desenvolvimento do alcance

RESUMO

Estudo sobre desenvolvimento do alcance pode subsidiar fundamentos de abordagens teóricas do comportamento motor. Objetivou-se investigar a influência do aumento do torque gravitacional do membro superior (MS) sobre as mudanças em variáveis espaço-temporais do MS durante o desenvolvimento do alcance, dos 4 aos 8 meses de vida. Método: estudo longitudinal com 9 medidas repetidas de 13 bebês, totalizando 3938 alcances. Dados antropométricos, operacionalizados pelo torque gravitacional do MS (TG), e cinemáticos do MS foram coletados em intervalos quinzenais. Modelos de regressão testaram a influência da idade e do TG sobre: número de unidades de movimento (UM), índice de retidão (IR), distância, pico de velocidade e tempo para atingir o pico de velocidade do alcance. Resultados: houve aumento significativo no número de alcances ($p < 0,005$), redução no número de UM ($p = 0,034$), e no IR ($p = 0,003$) até os 6 meses e aumento, retornando para os valores iniciais aos 8 meses; aumento na distância percorrida pelo MS ($p < 0,001$), no pico de velocidade ($p < 0,001$) e tempo para atingir o pico de velocidade ($p = 0,002$). Houve influência do TG sobre distância ($R^2 = 8\%$; $p < 0,001$) e pico de velocidade ($R^2 = 4\%$; $p < 0,001$). Conclusão: houve desenvolvimento do alcance no período investigado; influência do TG reforça a hipótese de que fatores mecânicos influenciam o desenvolvimento do alcance. Estes devem ser considerados durante a avaliação e intervenção para promoção do desenvolvimento de habilidades motoras.

Palavras-chaves: comportamento motor, desenvolvimento motor, alcance, cinemática, torque gravitacional.

IDENTIFICAÇÃO DOS AUTORES: Gonçalves, R.V.¹, Figueiredo, E.M.¹, Mancini, M.C.¹, Rocha, R.F.², Mourão, C.B.¹, Haddad J.P.M.³

Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação - UFMG¹
Fisioterapeuta²

Curso de Medicina Veterinária - UFMG³

Apoio financeiro: FAPEMIG

Autor para correspondência:

Elyonara Mello de Figueiredo

Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Fisioterapia

Av. Antonio Carlos 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP: 31270-90 email: elyonara@ufmg.br

Artigo a ser submetido ao periódico: *Human Movement Science*

Introdução

A investigação do desenvolvimento do alcance tem sido tradicionalmente feita através de estudos que documentam características espaciais e temporais da trajetória do movimento do membro superior durante a ação de alcançar objetos (Von Hofsten, 1979; Berthier & Keen, 2006). Nas primeiras tentativas de execução do alcance, os movimentos dos membros superiores apresentam trajetórias sinuosas que raramente culminam com o contato da mão ao alvo. Com o aumento da atividade exploratória dos bebês (Gibson, 1988), observa-se aumento das taxas de sucesso do alcance e redução da oscilação da mão em direção ao alvo, com movimentos gradativamente mais suaves e efetivos (Von Hofsten, 1991).

A variação nos métodos utilizados em diferentes investigações, incluindo estudos transversais e longitudinais, diferentes variáveis cinemáticas e diferentes intervalos de tempo de observação, tem dificultado a comparação entre os resultados de estudos. Dessa forma, esses estudos podem trazer informações redundantes e/ou incompletas sobre as mudanças que ocorrem durante o desenvolvimento do alcance e sobre os fatores que o influenciam. Por exemplo, parece haver consenso sobre a redução do número de unidades de movimento (UM) e do índice de retidão (IR) ao longo do desenvolvimento do alcance, no entanto os achados sobre velocidade e distância percorrida pelo membro superior são conflitantes (Mathew & Cook, 1990). Konczak, Borutta, Topka & Dichgans (1995) reportaram aumento da velocidade e da distância percorrida pelo membro superior, já Thelen, Corbetta & Spencer (1996) não encontraram influência do tempo sobre essas variáveis.

A falta de consenso entre os diferentes estudos sobre mudanças nas variáveis espaço-temporais da trajetória dos membros superiores mencionadas acima pode estar

relacionada também às características do alvo (fixo vs. estacionário) e à forma como movimentos são organizados em conjunto para o desenvolvimento de ações relevantes, dentro de dado contexto ambiental. De acordo Reed (1982), as ações do indivíduo são compostas por movimentos e posturas ou unidades de ação, organizadas especificamente pela função que desempenham. Desta forma, invariâncias na ação de alcançar um objeto (interface mão-alvo) são a estrutura organizadora dos movimentos e posturas envolvidos na demanda que emerge da interação indivíduo-ambiente. Sendo a ação o modo pelo qual o indivíduo estabelece uma relação particular com o ambiente, diversos fatores, do organismo e do ambiente, tem sido apontados como relevantes para o desenvolvimento do alcance. Além do nível de maturação do sistema nervoso central (Gesell, 1939), mudanças corporais devido ao ganho de massa e aumento do comprimento dos membros (Kamm, Thelen, & Jensen, 1990; Schneider & Zernicke, 1992; Out, Savelsbergh, Soest, & Hopkins, 1997), bem como características do alvo a ser alcançado (ex. forma, rigidez e deslocamento) (Newman, Atkinson, & Braddick, 2001) parecem influenciar a emergência do alcance.

Como os movimentos do bebê são produzidos em um campo gravitacional constante, o ganho de massa e o crescimento corporal levam à mudança na carga exercida sobre os membros superiores - torque gravitacional. Portanto, o bebê precisa gerar torque muscular suficiente para vencer o torque gravitacional (TG), ou seja, a força da gravidade agindo sobre o centro de massa do segmento, durante o alcance (Thelen, Corbetta, Kamm, Spencer, Schneider & Zernicke, 1993). Out, Savelsbergh, Soest, & Hopkins (1997) investigaram o efeito da adição de massa ao membro superior de bebês durante alcances, e encontraram redução no número de UM durante o alcance com adição de massa. O número de UM diminuiu segundo o mesmo princípio

pelo qual o aumento da massa de um pêndulo reduz sua frequência de oscilação. A manipulação experimental de recursos dinâmicos, tais como, massa, comprimento de membros e rigidez, parecem influenciar a solução motora não só em indivíduos típicos, mas também com paralisia cerebral (Fonseca, Holt, Fethers & Saltzman, 2004). No entanto, a adição súbita de massa ao membro superior pode ser um fenômeno distinto do aumento gradativo de massa e comprimento do membro superior próprios do crescimento infantil. Não há na literatura estudos que investigaram a influência do aumento gradativo do torque gravitacional, típico do processo de crescimento corporal, nas soluções motoras observadas durante o desenvolvimento do alcance.

Berthier & Keen (2006) investigaram através de análise fatorial, onze variáveis espaço-temporais comumente utilizadas para documentar o desenvolvimento do alcance. Os autores concluíram que as variáveis: UM, IR, distância percorrida pelo membro superior, pico de velocidade e tempo para atingir o pico de velocidade do membro superior durante o movimento de alcance oferecem informações independentes e são suficientes para uma completa descrição espaço-temporal do desenvolvimento do alcance.

A documentação longitudinal destas variáveis permite caracterizar as soluções motoras, ou seja, a organização espaço-temporal dos membros superiores, que emergem da interação entre os recursos dinâmicos disponíveis aos bebês sob pressões ambientais específicas (propriedades físicas do alvo), durante o desenvolvimento do alcance. Estas informações podem subsidiar fundamentos teóricos sobre o desenvolvimento motor, além de orientar clínicos sobre fatores que influenciam a emergência de padrões típicos de movimento.

O presente estudo hipotetizou, portanto, que mudanças nas características espaço-temporais do membro superior durante o desenvolvimento do alcance estão associadas a fatores mecânicos, expressos pelo ganho de massa e comprimento do membro superior (torque gravitacional).

Materiais e método

Participantes

Participaram deste estudo treze crianças (6 meninos e 7 meninas), nascidas a termo (idade gestacional média = 39 semanas; peso ao nascimento médio = 3447 gramas), recrutadas de forma não-aleatória em consultórios de pediatras em Belo Horizonte. Todos os procedimentos deste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG sob o parecer n° ETIC 418/05. Termo de consentimento livre e esclarecido para participação voluntária da criança foi obtido dos responsáveis antes do início do estudo. Ao final do estudo as famílias receberam um DVD com as imagens do bebê durante todas as nove sessões de coletas de dados sobre o seu desenvolvimento motor.

Instrumentação e Procedimentos

Dados cinemáticos e antropométricos foram coletados longitudinalmente a partir dos quatro até os oito meses de idade, em intervalos quinzenais, no Laboratório de Análise de Movimento da Universidade Federal de Minas Gerais. Para definição da faixa etária, foi considerado o limite de mais ou menos até 7 dias para a coleta dos dados de cada idade. Quatro câmeras do Sistema de Análise de Movimentos *ProReflex Motion Capture Unit 240*, Qualisys, (Gothenburg, Suécia), duas de cada lado, captaram imagens tridimensionais, a uma frequência de 120 Hz, dos movimentos dos membros superiores durante os alcances dos participantes. Marcas reflexivas de 1,5cm de

diâmetro foram afixadas na região dos acrômios e do punhos (Van der Meer, Van der Weel, Lee, Laing, & Lin, 1995). Com o objetivo de registrar o comportamento da criança durante os alcances, foram utilizadas duas câmeras filmadoras digitais (8mm), fixadas em tripés posicionados nas diagonais direita e esquerda, a um metro de distância da criança, que estava posicionada no colo de sua mãe, em frente à haste com o alvo fixo a ser alcançado. A haste tinha altura regulável e o alvo a ser alcançado era uma esfera de plástico rígido transparente de 5,8 cm de diâmetro, contendo um cachorrinho amarelo e três bolinhas vermelhas soltas dentro dela. Essa esfera podia ser girada em seu eixo no plano frontal. Quando a esfera era girada, as três bolinhas se moviam e isso gerava barulho, tornando o alvo mais atrativo para exploração. Dois marcadores foram afixados na haste de metal, onde se localizava o alvo (FIGURA 1).

A mãe ou o responsável assentava-se na cadeira com o participante em seu colo de frente para o alvo, a uma distância do alvo que correspondia ao comprimento do membro superior da criança a cada coleta (Thelen, Corbetta, Kamm, Spencer, Schneider & Zernicke, 1993). A altura da haste foi ajustada a cada coleta de forma que o alvo ficasse na altura do ombro da criança. A mãe ou o responsável segurava a criança no nível dos quadris de forma a proporcionar estabilidade à região inferior do tronco da criança, mas permitindo livre movimentação dos membros superiores (FIGURA 1).

O alvo, coberto por uma capa de tecido ao início da coleta, era então descoberto. Se a criança não fixava o olhar no alvo, a pesquisadora girava o alvo de forma a atrair a atenção da criança para ele. A partir daí, o Sistema de Análise de Movimentos capturava os movimentos da criança durante um minuto e meio, sincronizado com as filmadoras digitais.

Dados antropométricos dos participantes foram coletados ao final dos alcances para se evitar que o manuseio resultasse em choro da criança. Foram registrados o peso, a altura, o comprimento e a circunferência do braço, antebraço e da mão da criança, em cada dia de coleta de dados, de acordo com Schneider & Zernicke (1992).

Redução dos dados

Alcances foram identificados através de vídeo-análise. O alcance foi definido como o movimento detectável da mão em direção ao alvo que resultasse no toque da mão no alvo, com ou sem fixação visual do alvo a ser alcançado (Corbetta, Thelen, 1995). O contato da mão ao alvo foi definido como o primeiro quadro no qual a mão ou um dos dedos tocou o alvo. Uma vez identificado o quadro do fim do alcance, o vídeo era rebobinado quadro a quadro, até o quadro no qual a mão da criança fazia o primeiro deslocamento claro em direção ao alvo. Considerando a grande quantidade de dados envolvidos neste estudo (todos os alcances dos 13 participantes em nove coletas), cinco examinadores foram necessários para a extração dos dados em vídeo, de forma a garantir a confiabilidade dos mesmos minimizando-se a influência do cansaço. Estes examinadores foram treinados e a extração de dados teve início após atingir níveis adequados de concordância entre examinadores ($Kappa > 0,8$ para identificação dos alcances e $ICC > 0,8$ para identificação dos quadros de início e fim de cada alcance).

Todos os alcances que não tiveram toda a trajetória do movimento capturada pelo Sistema de Análise de Movimento devido à perda da visão pelas câmeras do marcador do punho, foram excluídos. Isso garantiu que a análise dos alcances fosse realizada somente utilizando-se dados sem interpolação da trajetória dos membros superiores durante os alcances.

Os valores dos quadros de início e fim de cada alcance, identificados no vídeo, foram registrados em um arquivo no formato texto (*txt*) e exportados para o software MATLAB®, assim como os dados de deslocamento dos membros superiores nos planos sagital, frontal e transversal. Um programa desenvolvido especificamente para o presente estudo realizou inicialmente a filtragem dos dados cinemáticos com o filtro passa-baixa Butterworth (fase zero - filtragem direta e reversa) de 4ª ordem com frequência de corte de 6Hz, determinada através de análise de potencia espectral e de acordo com Fallang, Saugstad, Groggaard, & Hadder-Algra (2003). Os dados cinemáticos de cada alcance foram identificados pela correspondência entre os quadros de início e fim de cada alcance, extraídos dos vídeos, e os quadros da trajetória de deslocamento tridimensional da marca reflexiva afixada no punho da criança. Os dados de deslocamento da marca reflexiva do punho foram utilizados para o cálculo das variáveis: índice de retidão do membro superior (IR) durante o alcance e distância percorrida pelo membro superior durante o alcance. As variáveis: número de unidades de movimento do alcance (UM) e pico de velocidade tangencial foram calculadas após derivação dos dados de deslocamento em velocidade. E o tempo para o pico de velocidade do membro superior durante o movimento de alcance foi obtido através de cálculo de porcentagem.

Cálculo das variáveis

Comprimento e perimetria dos segmentos do membro superior (braço, antebraço e mão) foram usados para o cálculo do torque gravitacional (TG), de acordo com os procedimentos descritos por Winter (1990) e Kugler & Turvey (1987). Detalhes sobre os procedimentos de transformação das medidas antropométricas em torques gravitacionais estão disponíveis no APÊNDICE I.

O número de UM foi extraído da curva de velocidade tangencial e equivale ao número de fases de aceleração seguida de desaceleração em cada alcance. Os critérios formais para identificação da UM na curva de velocidade tangencial foram: (a) a curva de velocidade deveria iniciar com uma fase de aceleração, (b) no início da UM o aumento da velocidade deveria exceder 2 mm/s (Fallang, Saugstad, Grogard, & Hadder-Algra, 2003) e (c) o pico de velocidade da UM deveria ser maior que 5% do valor do maior pico de velocidade identificado naquele alcance (Fallang, Saugstad, Grogard, & Hadder-Algra, 2003). O IR foi calculado como a distância percorrida pela marca reflexiva do punho durante o alcance dividida pela distância entre a posição da marca reflexiva do punho no início e no final do alcance. A distância percorrida pelo membro superior durante o alcance foi obtida pela distância tridimensional resultante, em mm, percorrida pelo membro superior durante o alcance. O pico de velocidade foi definido como o valor máximo, em mm/s, identificado na curva de velocidade tangencial do membro superior durante um alcance. E finalmente, o tempo para o pico de velocidade foi obtido através do cálculo da porcentagem do tempo total do alcance onde a velocidade tangencial atingiu o pico.

Análise Estatística

Para caracterizar mudanças no número de alcances ao longo do tempo foi utilizada a ANOVA para medidas repetidas.

Modelos de regressão mista testaram a associação da idade e do torque gravitacional com cada variável dependente do estudo: número de unidades de movimento do alcance, índice de retidão da trajetória do membro superior durante o alcance, distância percorrida pelo membro superior durante o movimento de alcance, pico de velocidade e tempo para atingir o pico de velocidade do membro superior

durante o alcance. Se houvesse forte correlação entre as duas variáveis independentes do estudo, idade e torque gravitacional, seria utilizado o modelo de regressão linear ou quadrático, ou seja, o modelo de regressão seria utilizado para testar a influência da idade e do torque gravitacional, de forma separada, sobre cada variável dependente do estudo. O critério de escolha entre o efeito linear e o não linear foi o modelo apresentar significância estatística. Para a construção do modelo testou-se a variância dos dados para verificar a homocedasticidade, ou seja, se as variâncias dos dados ao longo do tempo eram similares, e testou-se também a normalidade dos resíduos. Se a variância dos dados de uma variável não foi igual ou se a distribuição dos dados foi diferente da distribuição normal, foi feita a transformação logarítmica dos dados dessa variável. Para todas as análises inferenciais foi considerado nível de significância $\alpha=0,05$. O pacote estatístico STATA, versão 10.0 foi utilizado para todas as análises estatísticas.

Resultados

Um total de 4258 alcances foi documentado no período de 4 a 8 meses de idade. Desses, 320 (8%) foram excluídos devido à perda de visibilidade dos marcadores reflexivos afixados nos punhos pelas câmeras em algum momento durante o alcance, totalizando 3938 alcances considerados para análise.

As análises dos vídeos mostraram que os participantes do presente estudo adotaram comumente duas formas de explorar o alvo. A primeira delas foi tocar no alvo utilizando pequenas amplitudes de movimento articulares do membro superior até em torno de 6 meses de idade. Após essa faixa etária, os participantes escolheram uma nova forma de explorar o alvo, utilizando movimentos cíclicos de flexão e extensão de ombro e cotovelo, com o objetivo de bater no alvo.

ANOVA para medidas repetidas mostrou aumento significativo no número de alcances ($p < 0,005$), indicando que os participantes alcançaram mais vezes o alvo ao longo do tempo (FIGURA 2).

Foram utilizados dois modelos de regressão separados para cada variável independente, tempo e TG, porque as análises iniciais (modelos de regressão mistos) mostraram forte associação positiva entre estas duas variáveis ($p < 0,001$; $r = 0,70$). Portanto, quando tempo e TG eram inseridos juntos em um modelo de regressão misto, uma variável anulava o efeito da outra e o modelo perdia a significância estatística.

Unidades de movimento

A distribuição da variável número de UM foi diferente da distribuição normal, portanto foi feita a transformação logarítmica destes dados. O número de UM diminuiu de forma linear a longo do tempo ($p = 0,034$), sendo que a variável idade explicou 2% das mudanças observadas na UM ($R^2 = 2\%$) (FIGURA 3). Não houve influência do TG no número de UM ($p = 0,81$).

Índice de retidão

Os valores de IR diminuíram significativamente até o sexto mês e aumentaram a partir daí, retornando aos valores iniciais aos oito meses ($p = 0,003$), apresentando, portanto um comportamento quadrático ao longo do tempo. A variável idade explicou 5% dessas mudanças ($R^2 = 5\%$) (FIGURA 3). Não houve influência do TG no IR ($p = 0,62$).

Distância percorrida

A distância percorrida pelo membro superior aumentou de forma linear ao longo do tempo ($p < 0,001$), sendo que a variável idade explicou 20% dessa variação ($R^2 = 20\%$)

(FIGURA 3). Houve influência do TG ($p < 0,001$), sendo esse responsável por 8% na variação da distância durante o período investigado (FIGURA 4).

Pico de velocidade

A distribuição da variável pico de velocidade do membro superior foi diferente da distribuição normal, portanto foi feita a transformação logarítmica destes dados. O pico de velocidade do membro superior durante o alcance aumentou de forma linear ao longo do tempo ($p < 0,001$), sendo que a variável idade explicou 15% dessa mudança ($R^2=15\%$) (FIGURA 3). Houve influência do TG sobre o pico de velocidade ($p < 0,001$), onde esse explicou 4% do aumento do pico de velocidade do membro superior ao longo do tempo, indicando que o ganho de massa e a distribuição desta no membro superior influenciaram a média da velocidade máxima que o membro superior atingiu durante os alcances (FIGURA 4).

Tempo para atingir o pico de velocidade (%)

A porcentagem do tempo total do alcance em que a velocidade do membro superior atinge seu pico aumentou de forma linear ao longo do tempo ($p = 0,002$), sendo que a idade explicou 3% dessa mudança ($R^2=3\%$) (FIGURA 3). Não houve influência do TG sobre essa variável ($p = 0,54$).

Discussão e Conclusão

O presente estudo investigou longitudinalmente o impacto do TG do membro superior nas mudanças em variáveis espaço-temporais do movimento do membro superior durante o desenvolvimento do alcance de bebês, dos quatro aos oito meses de idade. Este intervalo foi selecionado por ser um período apontado pela literatura onde se observam mudanças e estabilidade nas variáveis espaço-temporais que caracterizam o desenvolvimento do alcance (Spencer, Vereijken, Diedrich, & Thelen, 2001).

O aumento da atividade exploratória do alvo, expressa pelo aumento no número de alcances, permitiu a descoberta de solução motora caracterizada por padrão de movimento pendular do membro superior, com movimentos cíclicos de flexão e extensão de ombro para levar a mão ao alvo, caracterizados por menor oscilação do membro superior (UM), maior distância percorrida, maior velocidade e maior tempo para atingir o pico de velocidade. Enquanto estudos anteriores relatam redução nos valores destas variáveis ao longo do tempo (Mathew & Cook, 1990; Von Hofsten, 1991; Berthier & Keen, 2006), no presente estudo estes valores aumentaram. Aumentos na distância percorrida pelo membro superior e no pico de velocidade do membro superior ao longo do tempo sofreram influência do aumento do TG. Esses achados confirmam os resultados apresentados por Konczack & Dighgans (1997), que encontraram associação entre o pico de velocidade do membro superior e o aumento do comprimento deste. Isso indica que mudanças na distância percorrida e na velocidade da mão durante o desenvolvimento do alcance são parcialmente influenciadas por mudanças biomecânicas. A combinação de forças gravitacionais com torques dependentes do movimento resulta em padrões irregulares de forças agindo sobre o MS durante o alcance. O sistema neuromuscular deve ser ativado de forma a equilibrar estas forças para produzir um movimento coordenado (Kamm, Thelen, Jensen, 1990). Provavelmente, os participantes deste estudo aprenderam a tirar vantagem do ganho de massa e aumento do comprimento do membro superior para adotar um padrão de movimento cíclico no qual a velocidade do movimento é alta para percorrer uma maior distância.

Em conjunto, estes resultados parecem estar relacionados à solução de coordenação encontrada pelos participantes do estudo durante sua interação com o

alvo. Esta solução decorre da relação entre os recursos dinâmicos disponíveis (aumento gradativo do TG do MS, que gerou maior momento de inércia na articulação do ombro), e as características físicas do alvo que, por girar em torno do próprio eixo, especificava atividade exploratória de “bater” ao invés de tocar no alvo. Os participantes do presente estudo descobriram uma forma de explorar o alvo, tirando vantagem da dinâmica intrínseca do membro superior.

O aumento do número de alcances, a diminuição do número de UM e o aumento do pico de velocidade do membro superior durante o movimento de alcance indicam que houve um aprimoramento da habilidade de alcançar objetos, confirmando o padrão de desenvolvimento identificado em pesquisas anteriores (Von Hofsten, 1991; Thelen, Corbetta, Kamm, Spencer, Schneider & Zernicke, 1993; Konczak, Dichgans, 1997).

A diminuição do número de UM indica que houve redução no número de picos de aceleração e desaceleração do membro superior, e sugere que os bebês aprenderam a equilibrar as forças desestabilizadoras intrínsecas geradas pelo movimento do membro superior em direção ao alvo (Kluzik, Feters, & Coryell, 1990; Mathew & Cook, 1990), permitindo o aumento no número de alcances (mão em contato com o alvo). Enquanto a súbita adição de massa no membro superior parece influenciar diretamente a redução do número de UM (Out et al, 1997), a adição gradativa de massa, característica do crescimento infantil, parece não produzir efeito tão claro uma vez que houve influência do tempo, mas não das mudanças do TG no número de UM no presente estudo. Estes resultados sugerem que a manipulação experimental da massa do MS seja um fenômeno distinto do ganho gradativo de massa tipicamente observado durante o crescimento infantil.

Além disso, diferente de estudos anteriores que demonstraram que o IR se aproxima de 1 (um) ao longo do desenvolvimento do alcance (Mathew & Cook, 1990; Von Hofsten, 1991), no presente estudo houve aproximação do IR do membro superior de 1 (um) aos 6 meses, seguido de aumento deste, retornando aos valores iniciais, aos 8 meses. Este aumento foi decorrente do aumento na distância percorrida pelo MS durante o alcance, que aumentou em virtude da maior amplitude percorrida pela mão nos movimentos cíclicos do MS. Houve ainda aumento do tempo para atingir o pico de velocidade do membro superior durante o alcance. Esta variável está relacionada à precisão da tarefa. Quando a tarefa exige maior precisão, o tempo de aceleração do movimento do membro superior é mais curto, seguido de longa fase de desaceleração para que a mão se ajuste precisamente para a preensão do alvo (Marteniuk, Mackenzie, Jeannerod, Athene & Dugas, 1987). Mas se a tarefa é “bater” em um objeto, a fase de aceleração passa a ser maior que a de desaceleração e a velocidade do movimento relativamente mais alta, como foi observado nos alcances dos participantes deste estudo.

Em suma, os resultados apresentados até agora expressam que a interação entre os recursos dinâmicos dos participantes do estudo (maior massa e comprimento de membros – maior TG) e as propriedades físicas do alvo a ser alcançado (que especificava “bater” ao invés de “tocar”) modulou a ação de alcançar, indicando que os participantes deste estudo descobriram novas *affordances*, pois aprenderam a explorar as propriedades do alvo de acordo com seus recursos dinâmicos disponíveis (Gibson, 2000). Estes resultados reforçam a idéia de que, em consonância com Gibson (1979), *affordance* seja uma propriedade emergente da interação organismo-ambiente, uma vez que não somente as características do alvo a ser alcançado, mas também as

mudanças nos recursos dinâmicos dos participantes contribuíram para a solução motora encontrada.

Os resultados do presente estudo referentes à variável distância percorrida pelo membro superior divergem dos achados de Thelen et al (1993;1996) e Berthier & Keen (2006), que não encontraram efeito da idade sobre essa variável. Com relação ao pico de velocidade do membro superior durante o alcance, Mathew & Cook (1990) e Von Hofsten (1991) não encontraram efeito da idade sobre essa variável, diferentemente do achado do presente estudo. Além disso, ao contrário do resultado reportado por Berthier & Keen (2006), o tempo para o pico de velocidade do membro superior no presente estudo, aumentou ao longo do tempo. Essa divergência nos resultados entre os diferentes estudos sobre as mudanças nas características espaço-temporais da trajetória dos membros superiores durante o desenvolvimento do alcance é um achado esperado se considerarmos o alcance como um sistema de ação (Reed, 1982). Sistemas de ação permitem ao indivíduo se ajustar ao seu ambiente (Reed, 1982). Dependendo do tipo de objeto apresentado à criança, do seu posicionamento e da forma como foi operacionalizada a coleta dos dados, o comportamento da criança irá variar.

Os achados do presente estudo reforçam a idéia de que mudanças no padrão de movimento do membro superior durante o desenvolvimento do alcance são influenciadas pelo contexto no qual o comportamento emerge. Os participantes deste estudo parecem ter descoberto soluções para o problema de adaptar a dinâmica do membro superior a seus objetivos (alcançar o alvo) e às características do alvo a ser alcançado. Desta forma, características espaço-temporais do membro superior durante o alcance parecem ser suficientes para descrever soluções motoras decorrentes da

interação organismo-ambiente, mas podem não expressar adequadamente a ação de alcançar objetos, uma vez que movimentos não informam necessariamente sobre o nível das ações (Gibson, 1979; Reed, 1982). A percepção das propriedades do alvo a ser alcançado, associada aos recursos disponíveis à criança, permitiu a emergência de um padrão de movimento com características espaço-temporais diferentes daquelas previamente reportadas. Assim, se a interpretação dos resultados do presente estudo for feita apenas no nível da cinemática, os achados da variável IR sugeririam, por exemplo, que o alcance dos participantes não se tornou mais eficiente durante o período investigado. No entanto, a nível da ação, houve aumento na frequência do contato da mão com o alvo. Desta forma, a análise das variáveis espaço-temporais fora do contexto no qual o movimento está inserido parece não ser adequada. Considerando-se a complexidade da ação, o aumento do número de alcances dos participantes deste estudo reflete a maior exploração do alvo ao longo do tempo, e a forma de exploração escolhida, bater no alvo, influenciou as mudanças nas variáveis espaço-temporais.

Referências Bibliográficas

- Berthier, N. E. & Keen, R. (2006). Development of reaching in infancy. *Experimental Brain Research.*, 169, 507-518.
- Corbetta, D. & Thelen, E. (1995). A method for identifying the initiation of reaching movements in natural prehension. *Journal of Motor Behavior*, 28, 285-293.
- Fallang, B., Saugstad, O., Groggaard, J. & Hadder-Algra, M. (2003). Kinematic quality of reaching movements in preterm infants. *Pediatric Research*, 53, 836-842.
- Fonseca, S.T, Holt, K. G., Fetters, L. & Saltzman, E. (2004). Dynamic resources used in ambulation by children with spastic hemiplegic cerebral palsy: relationship to kinematics, energetics and asymmetries. *Physical Therapy*, 84, 344-358.

- Gesell, A. (1939). Reciprocal interweaving in neuromotor development. *Journal of Comparative Neurology*, 70, 161-180.
- Gibson, J J. *The ecological approach to visual perception*. (1979). Boston, Houghton Mifflin.
- Gibson, E. (1988). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. *Annual Review*, 39, 1-41.
- Gibson, E., Pick, A. (2000). *An ecological approach to perceptual learning and development*. Oxford University Press.
- Kamm, K., Thelen, E. & Jensen, J. (1990). A dynamical systems approach to motor development. *Physical Therapy*, 70, 753-775.
- Kluzik, J., Feters, L. & Coryell, J. (1990). Quantification of control: a preliminary study of effects of neurodevelopmental treatment on reaching in children with spastic cerebral palsy. *Physical Therapy*, 70, 65-76.
- Konczak, J., Borutta, M., Topka, H., Dichgans, J. (1995). The development of goal-directed reaching in infants; hand trajectory formation and torque control. *Experimental Brain Research*, 106, 156-168.
- 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.
- Kugler, P. N., Turvey, M. T. (1987). *Information, natural law, and the self-assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Marteniuck, R., Mackenzie, C., Jeannerod, M. Athenes, S. & Dugas C. (1987). Constraints on human arm movements trajectories. *Canadian Journal of Psychology*, 41, 365-368.
- Mathew, A. & Cook, M. (1990). The control of reaching movements by young infants. *Child Development*, 61, 1238-1257.
- Newman, C., Atkinson, J. & Braddick, O. (2001). The development of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. *Developmental Psychology*, 37, 561- 572.
- Out, L., Savelsbergh, G., Soest, A. van, & Hopkins, B. (1997). Influence of mechanical factors on movements units in infant reaching. *Human Movement Science*, 16, 733-748.
- Reed, E. S. (1982). An outline of a theory of action systems. *Journal of Motor*

Behavior, 14, 98-134.

Schneider, K & Zernicke, R. (1992). Mass, center of mass, and moment of inertia estimates for infant limb segments. *Journal of Biomechanics*, 25, 145-148.

Spencer, J., Vereijken, B., Diedrich, F. & Thelen, E. (2001). Posture and emergence of manual skills. *Developmental Science*, 3(2):216-33.

Thelen, E., Corbetta, D., Kamm, K., Spencer, J., Schneider, K., Zernicke, R. (1993). The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Development*, 64, 1058-1098.

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

Van der Meer, A., Van der Weel, F., Lee, D., Laing, I. & Lin, J. (1995). Development of prospective control of catching moving objects in preterm at-risk infants. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 37, 145-158.

Von Hofsten, C. (1979). Development of visually directed reaching: the approach phase. *Journal of Human Movement Study*. 5,160-178.

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

Winter, D. (1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Hardcover editions, 325 pgs.

FIGURA 1 - Posicionamento do participante e dos marcadores reflexivos no plano frontal



FIGURA 2 - Distribuição do número de alcances ao longo do tempo

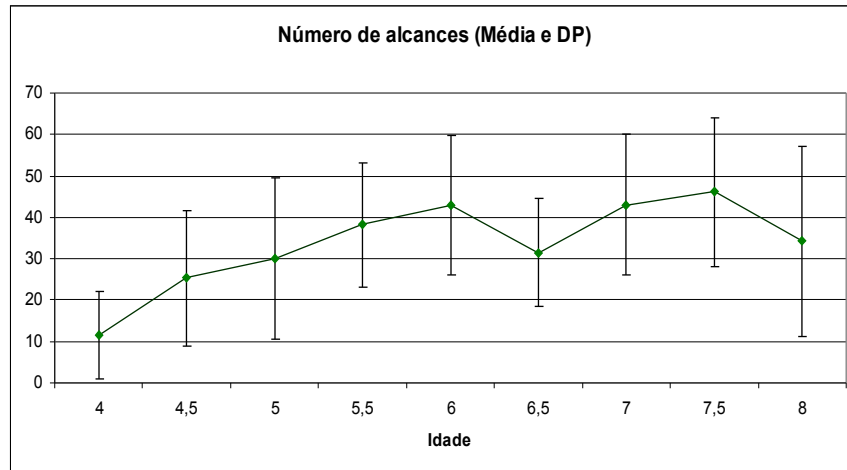
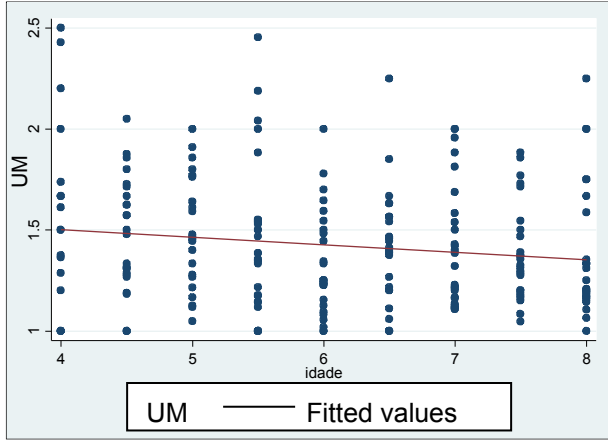
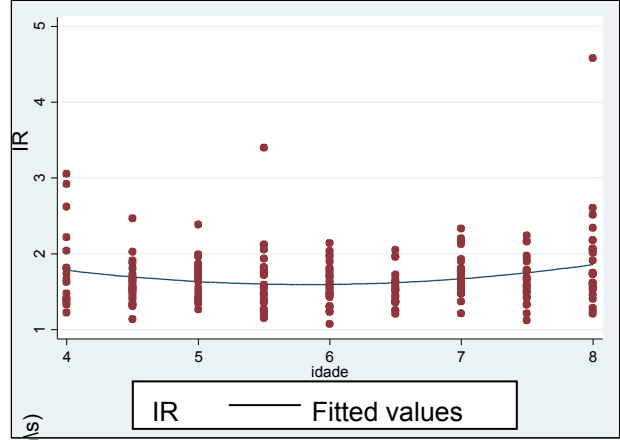


FIGURA 3 - Distribuição das variáveis dependentes ao longo do tempo

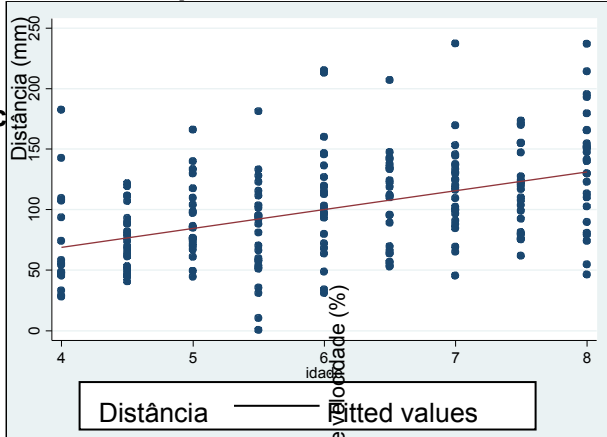
Número de unidades de movimento



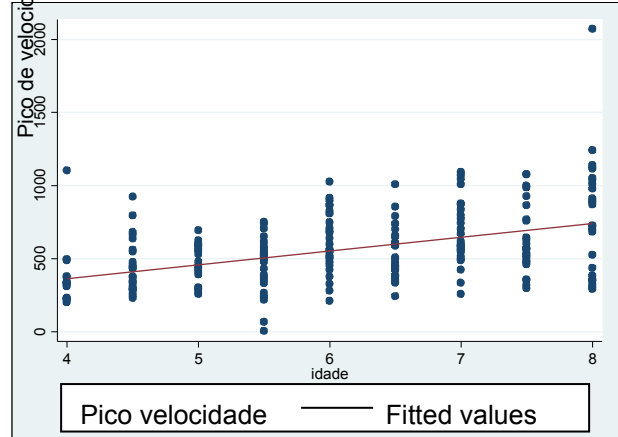
Índice de retidão



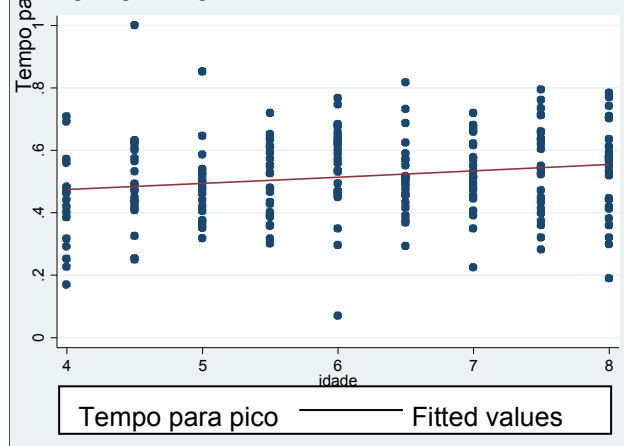
Distância percorrida



Pico de velocidade



Tempo para pico velocidade

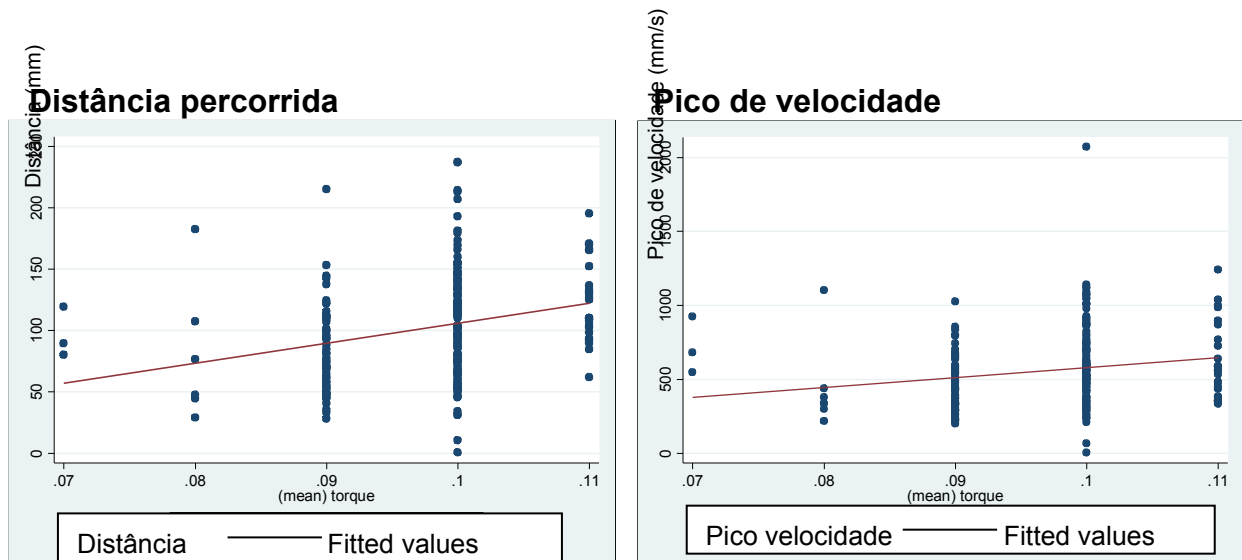


Pico de velocidade (mm/s)

Tempo para pico

Tempo para pico de velocidade

FIGURA 4 - Distribuição das variáveis dependentes com relação ao torque gravitacional



5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da ação de alcançar objetos é um produto de exploração e seleção. A partir de diversos padrões de ativação muscular, força, coordenação articular ou trajetórias da mão que poderiam ser usados para alcançar, o bebê eventualmente seleciona somente um pequeno grupo de soluções eficientes. Assim, a exploração da dinâmica intrínseca do bebê durante o processo de desenvolvimento, leva a emergência de soluções a partir de restrições inerentes ao contexto e à tarefa. A criança descobre o melhor encaixe entre suas capacidades e seus objetivos e adquire comportamentos motores estáveis e funcionais.

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TÍTULO DO ESTUDO: O IMPACTO DO NASCIMENTO PREMATURO NA AQUISIÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DO ALCANCE

Prezados pais ou responsáveis,

Obrigada por seu interesse e disponibilidade em participar deste estudo. O objetivo desta pesquisa será registrar as mudanças que acontecem quando as crianças iniciam e praticam a habilidade de alcançar, além de documentar as possíveis diferenças que existem entre crianças nascidas prematuramente e crianças nascidas no tempo esperado de gravidez. Todas as crianças que participarem desse estudo deverão comparecer ao Laboratório de Performance Humana do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, no campus universitário da Pampulha, em Belo Horizonte, MG. Os horários a serem definidos para as avaliações da criança serão aqueles de maior conveniência para vocês.

Instrumentos que serão utilizados no estudo:

- Sistema de Análise de Movimento

Análise dos movimentos de alcance das crianças será feita através de um aparelho chamado Sistema de Análise de Movimentos que capta imagens emitidas por pequenas bolinhas que serão colocadas no braço da criança usando uma fita adesiva e pulseiras colocadas nos punhos. Essas bolinhas são como bolas de isopor que em nada vão incomodar seu filho (a).

- Filmagem

Todas as avaliações das crianças serão filmadas com o objetivo de registrar o comportamento da criança durante o teste.

- Alvo para Alcance

Uma haste de metal apoiada no chão tem um brinquedo afixado em seu ponto mais alto. Esse brinquedo é uma bolinha transparente que contém um cachorro amarelo dentro dela e que gira quando se toca nela. A aparência atrativa do brinquedo servirá para motivar a criança, contribuindo para que ela se interesse por alcançar o alvo.

Procedimentos:

As crianças que participarem deste estudo serão avaliadas a partir dos quatro meses até os oito meses de idade, preferencialmente com intervalo de 15 dias entre cada avaliação, no Laboratório do Departamento de Fisioterapia da UFMG. Quando vocês chegarem ao Laboratório todos os equipamentos já estarão montados e posicionados. Haverá quatro câmeras do Sistema de Análise de Movimento e mais duas

câmeras para filmar a criança. No centro das câmeras terá o alvo que a criança irá alcançar e uma cadeira em frente a ele.

No primeiro dia pediremos que vocês preencham um questionário que informa sobre a situação sócio-econômica de sua família. Todas as vezes que vocês chegarem para avaliarmos sua criança colocaremos pequenas bolinhas, feitas de isopor, nos ombros de seu filho utilizando uma fita adesiva dupla face antialérgica e duas pulseiras, uma em cada punho. São no total quatro bolinhas. Em seguida, você se assentará na cadeira que estará em frente ao alvo com a criança em seu colo virada para o brinquedo. As câmeras serão ligadas e filmarão sua criança alcançando o brinquedo por 1 minuto e meio.

A realização deste estudo conta com recursos financeiros concedidos por uma agência financiadora, a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG. Todos os custos da pesquisa estão previstos no orçamento. Não haverá remuneração para a pesquisadora. As crianças e suas famílias terão participação voluntária no estudo, portanto não serão remuneradas pela participação.

Benefícios:

Este estudo ajudar os profissionais da área de desenvolvimento infantil a compreenderem melhor a aquisição e o desenvolvimento do alcance de bebês nascidos a termo e de bebês nascidos prematuramente, e conseqüentemente favorecer o desenvolvimento das crianças nascidas prematuramente.

Recusa ou abandono:

A participação de sua criança neste estudo é inteiramente voluntária e você é livre para participar ou abandonar o estudo a qualquer momento.

Depois de ter lido as informações contidas acima, se for da sua vontade permitir que a criança participe, por favor, assine o consentimento abaixo.

CONSENTIMENTO

Declaro que li e entendi as informações contidas acima. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e recebi uma cópia desse formulário de consentimento. Dou minha permissão para que meu (minha) filho (a) participe voluntariamente deste estudo.

do responsável

Assinatura

Testemunha

Data

Responsáveis pelo Projeto:

Profa. Dra Elyonara Mello de Figueiredo, Departamento de Fisioterapia da UFMG, fone: (31) 3282-3404/ (31) 8852-3795.

Profa. Rejane Vale Gonçalves, Departamento de Fisioterapia da PUC-MG, fone: (31) 3889-3386/ (31) 8661-3821.

Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, fone: (31) 3248-9364.

APÊNDICE B - Transformação de medidas Antropométricas em Torque Gravitacional

Durante o alcance na posição sentado, o membro superior pode ser caracterizado como pêndulo simples constituído de três segmentos conectados (i.e. braço, antebraço e mão) que oscila em torno da articulação do ombro. A massa desses segmentos, sob influência da gravidade, gera o torque gravitacional. Para calcular o torque gravitacional é necessário que a massa e o comprimento dos segmentos sejam calculados. A massa total do pêndulo simples (m) é definida como o somatório das massas de cada segmento que o compõem, estimadas a partir do peso corporal com auxílio de uma tabela antropométrica (Schneider, Zernicke, 1992). O comprimento equivalente do pêndulo simples (L) corresponde à distância do eixo de rotação ao ponto no qual a massa total exerce seu efeito.

Para determinar o comprimento do pêndulo simples equivalente, os momentos de inércia de cada segmento são primeiramente calculados utilizando-se dados antropométricos dos segmentos. Os momentos de inércia dos segmentos são dados pelas seguintes equações:

$$(1) \quad I_{\text{braço}} = (2.7530e-5) mc + (4.2100e-3) L_{\text{braço}} - (4.081e-4)$$

$$I_{\text{antebraço}} = (1.0700e-5) mc + (1.9878e-3) L_{\text{antebraço}} + (8.7072e-4) cc_{\text{antebraço}} - (2.7489e-4)$$

$$I_{\text{mão}} = (8.2554e-4) L_{\text{mão}} - (2.1600e-5)$$

Onde L é o comprimento do segmento e cc é a circunferência, ambos obtidos por mensuração direta. O momento de inércia de todo o sistema em torno do eixo é calculado utilizando-se o teorema dos eixos paralelos:

$$(2) \quad I_{\text{sys}} = \sum_{i=1}^j (I_{\text{seg}} + m_i D_i)$$

Onde m_i é a massa estimada de cada segmento e D_i é a distância do centro de massa estimado ao eixo de rotação da articulação (ombro) e j representa o número de segmentos envolvidos. A distância do eixo de rotação ao centro de massa do sistema é em seguida calculada pela seguinte equação:

$$(3) \quad D_{\text{sys}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^j m_i D_i^2}{m} \right)$$

Onde m_i é a massa estimada de cada segmento e m é a estimativa da massa total do membro superior e j representa o número de segmentos envolvidos em cada

pêndulo. O comprimento equivalente ao pêndulo é finalmente calculado a partir do momento de inércia do sistema (I_{sys}), do centro de massa estimado do sistema (D_{sys}) e da massa total estimada (m) de acordo com Kugler e Turvey (1987):

$$(4) L_e = I_{sys} / D_{sys} m$$

Com esses cálculos, o torque gravitacional do membro superior pode ser calculado (mLg) pelas medidas antropométricas, através da multiplicação do comprimento do pêndulo equivalente (L_e) pela massa do sistema (m) e a constante gravitacional.

ANEXO A - Critério de Classificação Sócio-Econômica Brasil

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS INSTITUTOS DE PESQUISA DE MERCADO (ABIPEME)

Sistema de pontos					
Posse de itens	Não possui	Possui			
		1	2	3	4 ou +
Televisão em cores	0	2	3	4	5
Rádio	0	1	2	3	4
Banheiro	0	2	3	4	4
Automóvel	0	2	4	5	5
Empregada mensalista	0	2	4	4	4
Aspirador de pó	0	1	1	1	1
Máquina de lavar	0	1	1	1	1
Videocassete e/ou DVD	0	2	2	2	2
Geladeira	0	2	2	2	2
Freezer (aparelho independente ou parte da geladeira duplex)	0	1	1	1	1

Grau de Instrução	Pontos
Analfabeto/Primário incompleto	0
Primário completo/Ginasial incompleto	1
Ginasial completo/Colegial incompleto	2
Colegial completo/Superior incompleto	3
Superior completo	5

Cortes Do Critério Brasil (Dados LSE 96)	Pontos	Total Brasil
A1	30 - 34	1
A2	25 - 29	5
B1	21 - 24	9
B2	17 - 20	14
C	11 - 16	36
D	6 - 10	31
E	0 - 5	4

PROCEDIMENTO NA COLETA DOS ITENS

É importante e necessário que o critério seja aplicado de forma uniforme e precisa. Para tanto, é fundamental atender integralmente as definições e procedimentos citados a seguir. Para aparelhos domésticos em geral devemos:

Considerar os seguintes casos:

- Bem alugado em caráter permanente;
- Bem emprestado de outro domicílio há mais de 6 meses;
- Bem quebrado há menos de 6 meses.

Não considerar os seguintes casos:

- Bem emprestado para outro domicílio há mais de 6 meses;
- Bem quebrado há mais de 6 meses;
- Bem alugado em caráter eventual;
- Bem de propriedade de empregados ou pensionistas.

Televisores

Considerar apenas os televisores em cores. Televisores de uso de empregados domésticos (declaração espontânea) só devem ser considerados caso tenha(m) sido adquirido(s) pela família empregadora.

Rádio

Considerar qualquer tipo de rádio no domicílio, mesmo que esteja incorporado a outro equipamento de som ou televisor. Rádio tipo walkman, conjunto 3 em 1 ou microsystems devem ser considerados, desde que possam sintonizar as emissoras de rádio convencionais. Não pode ser considerado o rádio de automóvel.

Banheiro

O que define banheiro é a existência de vaso sanitário. Considerar todos os banheiros e lavabos com vaso sanitário, incluindo os de empregada, os localizados fora de casa e os da(s) suíte(s). Para ser considerado, o banheiro tem que ser privativo do domicílio. Banheiros coletivos não devem ser considerados.

Automóvel

Não considerar táxis, vans ou pick-ups usados para fretes, ou qualquer veículo usado para atividades profissionais. Veículos de uso misto (lazer e profissional) não devem ser considerados.

Empregada doméstica

Considerar apenas os empregados mensalistas, isto é, aqueles que trabalham pelo menos 5 dias por semana, durmam ou não no emprego. Não esquecer de incluir babás, motoristas, cozinheiras, copeiras, arrumadeiras, considerando sempre os mensalistas.

Aspirador de pó

Considerar mesmo que seja portátil e também máquina de limpar a vapor.

Máquina de lavar

Perguntar sobre máquina de lavar roupas, mas quando mencionado espontaneamente o tanquinho deve ser considerado.

Videocassete e/ou DVD

Verificar presença de qualquer tipo de vídeo cassete ou aparelho de DVD.

Geladeira ou freezer

No quadro de pontuação há duas linhas independentes para assinalar a posse de geladeira e freezer respectivamente. A pontuação, entretanto, não é totalmente independente, pois uma geladeira duplex (de duas portas), vale tantos pontos quanto uma geladeira simples (uma porta) mais um freezer.

As possibilidades são:

Geladeira e Freezer	Pontos
Não possui nem freezer	0
Possui geladeira simples (não duplex) e não possui freezer	2
Possui geladeira de duas portas e não possui freezer	3
Possui geladeira de duas portas e freezer	3
Possui freezer, mas não geladeira (caso raro, mas aceitável)	1

Renda Familiar por Classe		
Classe	Pontos	Faixa de Renda
A1	30 – 34	R\$ 5.5550 ou +
A2	25 – 29	R\$ 2.944 a R\$ 5.554
B1	21 – 24	R\$ 1.771 a R\$ 2.943
B2	17 – 20	R\$ 1.065 a R\$ 1.770

C	11 – 16	R\$ 497 a R\$ 1.064
D	6 –10	R\$ 263 a R\$ 496
E	0 – 5	até R\$ 262

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)