

Influência da informação exproprioceptiva em tarefa locomotora com alta demanda de equilíbrio em crianças

Influence of exproprioceptive information in children locomotor task with high equilibrium demand.

Lilian Teresa Bucken Gobbi¹
Marcos Rodrigo Trindade Pinheiro Menuchi¹
Elson Takao Uehara¹
Jean José Silva¹

Resumo

GOBBI, L.T.B.; MENUCHI, M.R.T.P.; UEHARA, E. T.; SILVA, J. J. Influência da informação exproprioceptiva em tarefa locomotora com alta demanda de equilíbrio em crianças. **R. bras. Ci. e Mov.** 2003; 11(04): 79-86.

Para observar se ocorrem alterações nos parâmetros espaciais do andar de crianças sob diferentes restrições do ambiente e das informações exproprioceptivas (IE), dois experimentos foram conduzidos. Participaram, do experimento 1, 24 crianças de 6 a 10 anos de idade, que andaram em quatro superfícies com diferentes alturas (solo, minitrave=5cm, banco=39cm, trave=100cm) e com restrição da IE em metade das tentativas. O comprimento médio da passada (CMP) foi influenciado pela superfície e pela restrição da IE. A combinação de fatores intrínsecos e extrínsecos aos participantes pode prever o CMP nas diferentes superfícies. No experimento 2, a movimentação da cabeça de 8 crianças de 5 a 8 anos de idade foi cinematicamente avaliada durante o andar na trave com e sem restrição da IE. Efeitos de gênero e idade foram observados tanto na flexão como na extensão da cabeça. Gênero, idade e restrição da IE afetaram a amplitude de movimento da cabeça. Estes resultados indicam que crianças alteram os padrões espaciais do andar e necessitam da IE para, com sucesso, realizar a locomoção em tarefas com alta demanda de equilíbrio.

PALAVRAS-CHAVE: informação exproprioceptiva, locomoção, equilíbrio, movimentação da cabeça, desenvolvimento motor

Abstract

GOBBI, L.T.B.; MENUCHI, M.R.T.P.; UEHARA, E. T.; SILVA, J. J. Influence of exproprioceptive information in children locomotor task with high equilibrium demand. **R. bras. Ci. e Mov.** 2003; 11(04): 79-86.

In order to observe if changes occur in spatial parameters of children walking pattern under different environment and exproprioceptive information (EI) constraints, two experiments were conducted. In experiment 1, 24 children from 6 to 10 years of age walked on four different height surfaces (ground, beam=5cm, bench=39cm, balance beam=100cm) and with EI constraint in half of trials. The mean step length (MSL) was affected by surface and EI constraint. The combination of participant intrinsic and extrinsic factors can predict the MSL on different surfaces. In experiment 2, head motion kinematics of 8 children from 5 to 8 years of age was evaluated during walking on the balance beam with and without EI constraints. Gender and age effects were observed in both head flexion and extension. Gender, age and EI constraint affected head motion amplitude. These results indicate that children alter their walking spatial parameters as well as need EI to successfully navigate on high equilibrium demand tasks.

KEYWORDS: exproprioceptive information, locomotion, equilibrium, head motion, motor development

¹Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção
Departamento de Educação Física
Instituto de Biociências
Universidade Estadual Paulista/Campus de Rio Claro

Recebido: 13/11/2003
Aceite: 04/03/2003

Introdução

A partir dos estudos de Bernstein^{3, 4} (1940, 1982; 1967) e Gibson⁹ (1979), as mudanças desenvolvimentais passaram a ser pensadas em termos dinâmicos, como uma série de estados de estabilidade, instabilidade e mudanças nas fases, que propiciam ao sistema mudar de um estado atrativo para um outro estado atrativo²². A estabilidade em um estado atrativo deve ser considerada como relativa, especialmente porque é temporária em termos de desenvolvimento¹⁵. No curso do desenvolvimento, novos comportamentos emergem enquanto outros passam a ser utilizados com menor frequência, indicando que para aquele conjunto de características ambientais, individuais e da tarefa, a ação motora alterou seu estado atrativo.

A visão dinâmica de desenvolvimento motor tem como pressuposto o fato de que as mudanças desenvolvimentais podem ser implementadas por vários fatores de restrições²¹. As condições do organismo, do ambiente e da tarefa integram este conjunto de restrições¹⁶. As restrições do organismo referem-se às características individuais, tanto físicas como psicológicas. As restrições da tarefa relacionam-se à complexidade solicitada, como aumento nas requisições de velocidade, por exemplo. E, nas restrições do ambiente podem ser englobadas não apenas as características climáticas, mas também as culturais e topológicas.

No curso do desenvolvimento infantil, a criança realiza experiências sensorio-motoras que facilitarão a aquisição e o refinamento de padrões motores. Estas experiências exploratórias acontecem e são enriquecidas com a variabilidade e complexidade do ambiente⁷. A exploração do ambiente passa então a ser vista como desencadeante de diferentes estratégias adaptativas que permitem ao ser humano a interação com o meio. Mas afinal, como a criança se desenvolve e interage com sucesso em um meio ambiente caracteristicamente complexo?

Um dos requisitos necessários para a aquisição do andar independente é o controle do equilíbrio postural². Para Horak e MacPherson¹² (1996), o equilíbrio postural é o estado no qual todas as forças agindo sobre o corpo estão balanceadas, de forma que o corpo tende a estar na posição e orientação desejadas (equilíbrio estático) ou movendo-se de maneira controlada (equilíbrio dinâmico). O equilíbrio é a noção e distribuição do peso em relação a um espaço, tempo e eixo de gravidade, constituindo a base de toda a coordenação dinâmica global⁵.

O andar, caracterizado por perdas e recuperações do equilíbrio, apresenta-se, nesta perspectiva, como um padrão motor que se desenvolve pela exploração de diferentes superfícies. O ambiente doméstico, no início da locomoção independente, apresenta-se tanto como um meio rico de exploração de novos comportamentos como um meio desafiador. Os pais inicialmente retiram objetos e brinquedos espalhados pela superfície, mas em seguida, a criança deve interagir com eles, desenvolvendo estratégias locomotoras para desviar-se dos objetos¹⁰.

Paralelamente, o organismo da criança está sofrendo contínuas transformações antropométricas. Esse conjunto de restrições, tanto ambientais como do organismo ou da tarefa guiam o comportamento infantil. Nesse contexto, o desenvolvimento de cada um dos sistemas sensoriais, bem

como sua integração, oportunizam a observação de melhoras graduais no comportamento locomotor. Mesmo após a aquisição do andar independente, as crianças apresentam uma regressão no seu padrão locomotor quando há um aumento na dificuldade da tarefa devido às restrições ambientais^{1, 10}.

Lima, Secco, Miyasike e Gobbi¹⁴ (2001) realizaram dois experimentos com crianças observando o padrão de andar em diferentes alturas como superfície de suporte. No experimento 1, 40 crianças entre 3 e 10 anos de idade andaram em nível do solo e a 39 cm de altura. Os resultados mostraram que a superfície de suporte favoreceu o emprego de estratégias adaptativas como cabeça inclinada para frente, aumento da proporção de contato com o pé plano na superfície de suporte, aumento na quantidade de passadas e diminuição no comprimento médio da passada. No experimento 2, outras 40 crianças entre 3 e 7 anos de idade andaram a 39 cm e a 120 cm de altura do solo. Os resultados evidenciaram aumento na porcentagem de contato com o pé plano na superfície de suporte, aumento na quantidade de passadas e diminuição no comprimento médio das passadas. Estes resultados indicaram uma regressão no padrão locomotor das crianças em relação à altura da superfície de suporte.

Para, com sucesso, perceber e agir no ambiente, a criança deve ser capaz de extrair e integrar os sinais exteroceptivos, exproprioceptivos e cinestésicos com a finalidade de modular o sistema efetor para a execução de um padrão motor seguro e com baixo custo energético, que garante a eficiência e a eficácia do andar^{11, 17}.

Uma das formas de observar o envolvimento de cada informação sensorial na modulação do sistema efetor é manipular experimentalmente este sinal por meio de aumento na demanda ambiental, que exige mais informação daquela modalidade, ou restringindo o sinal, que desencadeia comportamento diferenciado. Gobbi¹⁰ (1997) restringiu as informações exproprioceptivas (IE) durante a locomoção sobre obstáculos em crianças e observou o emprego de estratégias locomotoras adaptativas, como por exemplo, no ângulo de flexão anterior da cabeça.

Assim, duas questões norteiam este estudo: Os parâmetros espaciais do andar, enquanto representantes de estratégias adaptativas, apresentam alterações de acordo com as restrições do ambiente? Como as variáveis intrínsecas, especialmente as características antropométricas, explicam a variabilidade das estratégias locomotoras empregadas por crianças?

Para responder essas questões, dois experimentos foram delineados. O experimento 1, delineado para ampliar o espectro do estudo de Lima *et al.*¹⁴ (2001) no que se refere às superfícies de suporte, procurou manipular tanto o ambiente em que está ocorrendo a ação, pelo aumento da demanda ambiental, como a restrição das IE disponíveis ao organismo, para verificar como ocorre o controle do equilíbrio e quais suas implicações no desenvolvimento motor, analisando as estratégias comportamentais empregadas. No experimento 2, foi utilizado o maior grau de complexidade da tarefa do experimento 1 e analisou-se a movimentação da cabeça para inferir a captação da IE necessária para a manutenção do equilíbrio.

Experimento 1

Objetivos

Os objetivos deste experimento foram: a) verificar os efeitos da altura da superfície de locomoção e da restrição das IE no comportamento locomotor de crianças; e b) verificar como a combinação dos fatores intrínsecos aos participantes com os fatores extrínsecos interfere no comportamento locomotor.

Material e método

Participantes

Participaram deste experimento 24 crianças, entre 78 e 127 meses de idade (média = 108 ± 22 meses), de ambos os sexos, que foram selecionadas aleatoriamente da rede pública de ensino da cidade de Rio Claro/SP. Especificamente, a amostra constou de 12 crianças do gênero masculino (100 ± 16 meses) e 12 crianças do gênero feminino (109 ± 13 meses). A participação das crianças foi condicionada ao consentimento dos pais ou responsável.

Procedimentos

Após familiarização com o ambiente experimental, foram obtidas as seguintes medidas antropométricas: massa corporal, estatura, comprimento do membro inferior (CMI), comprimento e largura do pé. As medidas de massa e estatura foram obtidas por meio de uma balança antropométrica, com toeza, marca Filizola, com precisão de 100g para o peso e de 0,1cm para a estatura. Para a determinação da massa corporal, a criança posicionou-se em pé, de costas para a escala de medida, no centro desta, ereto, com os braços ao longo do corpo e com o olhar fixo à frente. A determinação da estatura realizou-se com a criança posicionada de costas, pés unidos, procurando aproximar ao máximo os calcanhares e a cabeça da toeza. Para o comprimento do membro inferior, estando a criança em pé com abertura entre as pernas correspondente à largura dos quadris, mediu-se do trocânter maior até o solo. Na mesma posição e pisando sobre uma folha de papel, o pé direito do participante foi desenhado com a preocupação de manter a caneta perpendicular com o solo. O comprimento e a largura do pé foram obtidos nas extremidades mais proeminentes.

Tarefa

Cada criança foi convidada a percorrer andando cinco metros, em condições que variaram a altura da superfície de suporte e a restrição das IE. A altura da superfície de suporte variou nas seguintes condições: em nível do solo, na minitrave (10 cm de largura, 5 cm de altura), no banco suco invertido (7,5 cm de largura, 39 cm de altura) e na trave de equilíbrio (10 cm de largura e 100 cm de altura). A restrição da IE foi aplicada pelo uso de um colar ao redor do pescoço, com cerca de 15 centímetros de borda, que impediu a visualização dos membros inferiores e da superfície de apoio. A combinação destas restrições gerou oito condições experimentais. Para cada condição foram realizadas cinco tentativas, em bloco quanto à superfície e randomizada quanto à restrição exproprioceptiva em cada bloco. Um tempo para familiarização com a superfície de suporte foi fornecido para cada criança antes do respectivo bloco de tentativas. A ordem de apresentação dos blocos de

tentativas foi randomizada para cada participante. A criança foi instruída a andar de uma extremidade à outra em sua velocidade preferida, sendo acompanhada em todas as tentativas por um experimentador. Cada criança realizou 40 tentativas. Todas as tentativas de todos os participantes foram filmadas com uma câmera de vídeo, a 30 Hz, no plano sagital direito da criança e a uma distância de 3 metros da superfície.

Análise dos dados

O comprimento médio da passada foi estabelecido como variável dependente, considerando-se os 3 metros centrais de cada percurso. A observação da filmagem em vídeo quadro a quadro permitiu a contagem da quantidade de passadas, que foi dividida pelo comprimento total da distância percorrida (3 metros centrais), resultando no comprimento médio da passada (CMP) por tentativa. Uma ANOVA com dois fatores 2 (IE restrita e irrestrita) X 4 (tipos de superfície), com medidas repetidas no último fator, foi conduzida, com nível de significância de $p \leq 0,05$. Para verificar as relações entre todas as variáveis independentes (características antropométricas, idade e restrição da IE) e o comprimento médio da passada, foi realizada uma Análise de Regressão Múltipla (backward elimination) com o mesmo nível de significância.

Resultados e discussão

A ANOVA evidenciou efeitos principais de IE ($F_{3,708} = 4,895$; $p \leq 0,029$; Figura 1) e superfície de apoio ($F_{1,236} = 110,976$; $p \leq 0,001$; Figura 2). Não foi observada interação significativa entre os fatores.

FIGURA 1 – Representação gráfica do efeito principal das IE no CMP.

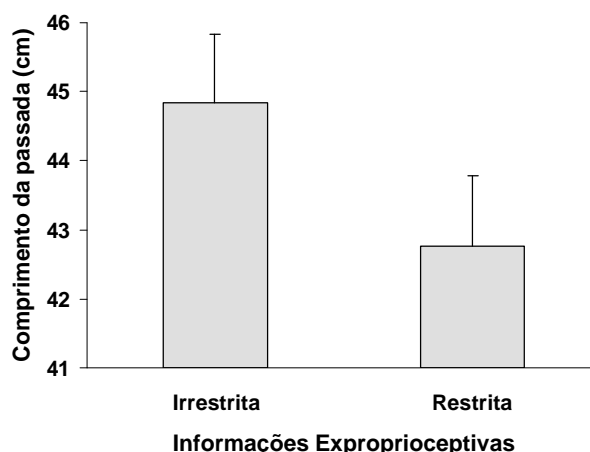
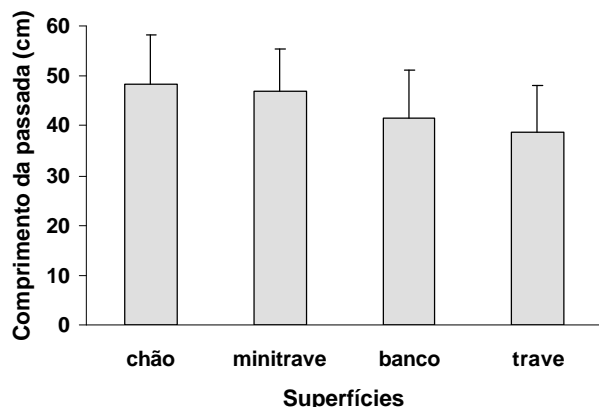


FIGURA 2 – Representação gráfica do efeito principal da superfície no CMP.



A restrição da IE, independente da superfície de apoio, provocou uma diminuição no CMP (Figura 1). Este resultado pode ter sido causado por dois motivos: a decisão em executar a tarefa na ausência de IE, ou seja, as informações proprioceptivas e somatossensoriais deveriam ser utilizadas; e/ou a necessidade de captar a IE, o que poderia provocar flexão acentuada da cabeça. De acordo com Lee e Young¹³ (1986), a visão é o único sistema sensorial responsável por detectar as informações exproprioceptivas. Se a criança decidiu por não utilizar a IE, as informações somatossensoriais das solas dos pés e as informações proprioceptivas provenientes dos órgãos sensoriais musculares, tendinosos e articulares foram utilizadas para a realização da tarefa. Esta decisão pode ter diminuído o CMP em função da necessidade de integrá-las para modular o sistema efetor. Se a criança decidiu captar a IE, provavelmente ocorreu acentuada flexão da cabeça, que por sua vez desloca o centro de massa do corpo também para frente gerando desequilíbrio. Para conter este desequilíbrio gerado pelo próprio corpo, a criança pode ter diminuído o CMP. Estratégias locomotoras adaptativas, como é o caso do CMP no presente experimento, também foram observadas por Gobbi¹⁰ (1997), que verificou, em crianças, maior ângulo de flexão anterior da cabeça uma passada completa antes da ultrapassagem de obstáculos. A questão da flexão anterior da cabeça como estratégia para captar a IE em tarefa com alta demanda de equilíbrio foi endereçada no experimento 2.

A superfície de suporte em que a locomoção foi realizada também interferiu no CMP (Figura 2). À medida que a altura da superfície de suporte aumentou, o comprimento médio da passada diminuiu. Desta forma, as restrições reduziram o CMP devido à maior necessidade de controle do equilíbrio corporal e processamento das informações relevantes para a tarefa. A redução no comprimento da passada pode significar uma estratégia adaptativa para, com sucesso, realizar a tarefa. Lima et al.¹⁴ (2001) também observaram redução no CMP em relação à altura da superfície de suporte em crianças.

A Análise de Regressão Múltipla demonstrou que os fatores intrínsecos (idade, massa corporal, estatura, comprimento de membro inferior [CMI] e largura do pé), associados ou não à restrição da IE, foram capazes de prever o CMP nas condições experimentais (Tabela 1).

TABELA 1 – Relações entre os fatores idade, estatura, massa corporal, CMI, largura do pé e restrição da IE com o CMP por tipo de superfície (entre parênteses os resultados de R²).

Ambiente (R ²)	Variáveis	Beta	Significância
Chão (0,209)	Idade	0,656	0,001
	Estatura	-0,279	0,007
Minitrave (0,339)	Restrição IE	-0,194	0,001
	Idade	0,895	0,001
	Largura do Pé	0,177	0,036
	Estatura	-0,658	0,001
Banco (0,129)	Massa Corporal	-0,204	0,073
	Restrição IE	-0,121	0,049
	CMI	-0,320	0,007
	Idade	0,482	0,001
	Largura do Pé	0,270	0,029
Trave (0,299)	Restrição IE	-0,115	0,038
	CMI	0,295	0,035
	Estatura	-0,675	0,001
	Idade	0,746	0,001

Esses resultados permitem afirmar que crianças adaptam seus padrões locomotores de acordo com as restrições impostas alterando o comprimento da passada. Neste tipo de análise, deve-se sempre ter em conta que as variáveis independentes necessitam ser consideradas em conjunto como preditoras da variável dependente. Entretanto, algumas considerações pontuais são permitidas.

A idade cronológica apresentou-se sempre com influência positiva, ou seja, os indivíduos mais velhos apresentam valores de CMP mais elevados que crianças mais jovens em todas as superfícies de suporte. O mesmo aconteceu para o CMI na trave, mas não no banco. As crianças com maiores CMI reduziram o CMP no banco e aumentaram na trave. A questão da idade cronológica foi também aprofundada no experimento 2.

Interessante é observar os efeitos negativos da estatura no CMP. Esperava-se que a estatura apresentasse o mesmo comportamento que a idade, especialmente porque o crescimento também apresenta uma progressão positiva de acordo com a idade cronológica em crianças²⁰. Entretanto, neste experimento, indivíduos mais altos apresentaram CMP inferiores a indivíduos mais baixos. Isto pode acontecer em função da percepção de altura da superfície de apoio em relação ao solo na trave.

A largura do pé da criança apresentou-se com uma relação positiva com o CMP tanto na minitrave como no banco. Cabe ressaltar que a largura da superfície de apoio nestes dois equipamentos apresenta-se reduzida em relação ao chão e à trave (ver descrição da tarefa). A área de contato entre o pé e a minitrave e o banco é menor do que no chão e na trave, o que pode explicar o aparecimento da largura do pé como variável preditora positiva no CMP. As crianças com larguras menores do pé demonstraram valores de CMP também menores, em ambas as superfícies.

A restrição da IE apresentou-se como negativamente influenciando o CMP para todas as superfícies de apoio exceto o chão. Isto indica que na minitrave, no banco e na trave, o CMP diminuiu quando as IE foram restritas. A diminuição do CMP quando os membros inferiores e a superfície de suporte não estão visíveis representa uma atitude conservadora das crianças, ou seja, as restrições aumentaram, dificultando a realização da tarefa e alguma alteração deve ser implementada.

Os resultados deste experimento permitem concluir que a altura da superfície de locomoção e a restrição das IE

produzem efeito no comportamento locomotor de crianças, especificamente no CMP; e que diferentes fatores intrínsecos aos participantes interferem no comportamento locomotor de acordo com a altura da superfície de suporte.

Experimento 2

Pesquisadores^{18, 19} têm usado os movimentos da cabeça para inferir o controle do olhar durante a locomoção, mesmo considerando que os movimentos dos olhos podem confundir os resultados obtidos. Entretanto, a redução no ganho do reflexo vestibulo-ocular durante a locomoção permite que os movimentos da cabeça sejam utilizados para inferir a aquisição espaço-temporal de informações exteroceptivas e exproprioceptivas. O foco deste experimento repousa nos movimentos de flexão anterior da cabeça considerando que eles são necessários na aquisição de informação visual da trave e dos membros inferiores.

Objetivo

O objetivo deste experimento foi investigar o comportamento segmentar da cabeça quando a restrição da IE foi imposta na execução de tarefa locomotora com alta demanda de equilíbrio em crianças, de acordo com a idade cronológica e o gênero.

Material e método

Participantes

Participaram deste experimento 8 crianças, entre 5 e 8 anos de idade, de ambos os sexos, que foram selecionadas aleatoriamente da rede pública de ensino da cidade de Rio Claro-SP. A participação das crianças foi condicionada ao consentimento dos pais ou responsável. As crianças foram distribuídas igualmente por idade e gênero em dois grupos (A: 5 e 6 anos; B: 7 e 8 anos). Especificamente, cada grupo foi composto por duas crianças de cada gênero, tendo o grupo A com média de idade de 69 meses ($\pm 3,3$ meses) e o grupo B com média de idade 95 meses (± 11 meses).

Procedimentos

Cada criança, individualmente foi convidada a cumprir o seguinte protocolo: após familiarização com o ambiente experimental, foram obtidas as medidas antropométricas massa corporal e estatura, utilizando o mesmo procedimento mencionado no Experimento 1. Para se obter e analisar mais acuradamente os movimentos da cabeça das crianças, marcadores passivos foram fixados na região correspondente ao tubérculo maior do úmero do ombro direito e na porção temporal do osso zigomático maior da face, também do lado direito.

Tarefa

A criança foi então convidada a percorrer andando 5 metros na trave de equilíbrio (10cm de largura e 100cm de altura), em condições com e sem restrição das IEs. Para a restrição das IEs e diferentemente do experimento 1, foi utilizado uma armação de óculos que tem, embutido na borda inferior, um anteparo de borracha com 3 cm de largura e 3 cm de comprimento. Este equipamento também restringe a visão dos membros inferiores e da superfície de suporte, mas apresenta uma vantagem em relação ao colar: a facilidade para colocar e retirar do participante.

Cada criança realizou 5 tentativas em cada condição, totalizando 10 tentativas cuja ordem de apresentação foi completamente randomizada. Todas as tentativas foram filmadas com uma câmera de vídeo de 60 Hz, no plano sagital, a uma distância de 3 metros em relação à superfície. Dois holofotes de 500 watts foram utilizados para proporcionar iluminação adequada para melhor definição da imagem. Um fundo preto opaco foi colocado para aumentar o contraste das marcas e minimizar as possibilidades de erro durante a digitalização.

Análise dos dados

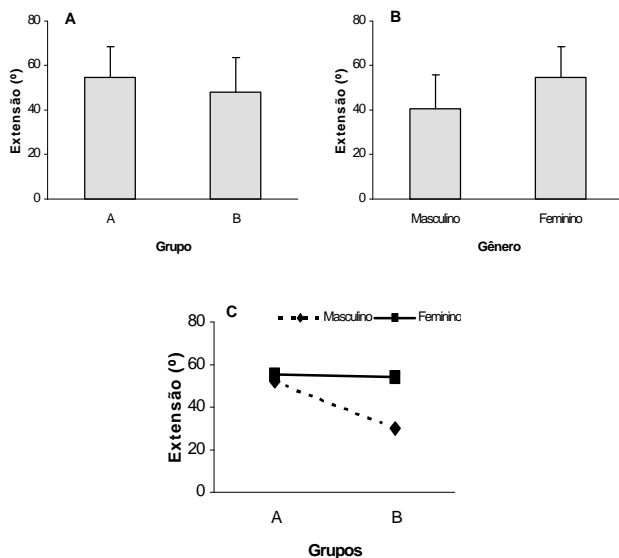
Os dados foram obtidos na passada completa central e perpendicular à câmera. As imagens foram capturadas e digitalizadas por meio do programa de computador (Dvideow, Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da FEF/UNICAMP), que consiste num sistema para análise de movimentos humanos baseado em registros de vídeo e no processamento de seqüências de imagens digitais.

Foram definidas 3 variáveis dependentes referentes à movimentação da cabeça: ângulo máximo de extensão, ângulo máximo de flexão e a amplitude angular de movimento. Toda a movimentação da cabeça foi obtida através das trajetórias dos marcadores passivos do ombro e da face, que foram determinados no plano cartesiano. A linha entre esses dois pontos e a horizontal, determinada pela superfície de apoio, definiu o ângulo relativo utilizado para análise²³. Considerando que na posição de repouso, o participante já possui algum grau de inclinação, o ângulo máximo de extensão e o ângulo máximo de flexão foram determinados através dos valores máximo e mínimo obtidos em um ciclo de passada, respectivamente. A amplitude angular de movimentação da cabeça foi determinada pela subtração do maior ângulo de flexão com o maior ângulo de extensão.

Resultados e discussão

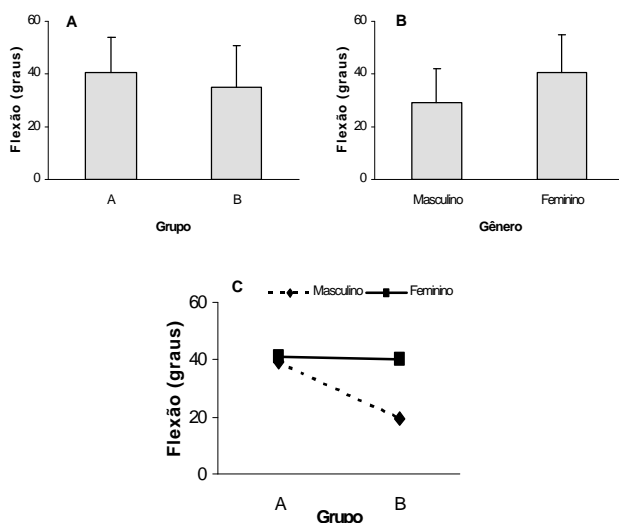
Para ângulo máximo de extensão da cabeça, a ANOVA revelou efeitos principais de grupo de idade ($F_{1,71} = 12,265$; $p \leq 0,002$, Figura 3A), de gênero ($F_{1,71} = 17,424$; $p \leq 0,001$, Figura 3B) e interação entre grupo de idade e gênero ($F_{1,71} = 9,243$; $p \leq 0,004$, Figura 3C). As crianças mais velhas (7 e 8 anos de idade) apresentaram valores menores de extensão máxima da cabeça do que as crianças mais jovens (5 e 6 anos de idade). O oposto ocorreu quanto ao gênero, ou seja, as meninas apresentaram valores maiores que os meninos na extensão máxima da cabeça. Pode-se observar na Figura 3C que o desenvolvimento, representado pela idade cronológica, produziu efeito apenas nos meninos, que apresentaram menores ângulos de extensão da cabeça aos 7 e 8 anos quando comparados aos meninos de 5 e 6 anos de idade. As meninas apresentaram valores similares nas duas faixas etárias.

FIGURA 3 – Médias e desvios padrão da extensão máxima da cabeça (graus) de acordo com o grupo etário (A), com o gênero (B) e interação entre grupo etário e gênero (C).



Para ângulo máximo de flexão da cabeça, a ANOVA revelou efeitos principais de grupo de idade ($F_{1,71} = 9,368$; $p \leq 0,004$, Figura 4A), de gênero ($F_{1,71} = 10,866$; $p \leq 0,003$, Figura 4B) e interação entre grupo de idade e gênero ($F_{1,71} = 7,735$; $p \leq 0,008$, Figura 4C). Nesta variável, os resultados foram semelhantes aos apresentados quanto à extensão máxima da cabeça. Entretanto, em termos absolutos os valores de flexão são inferiores aos valores de extensão da cabeça.

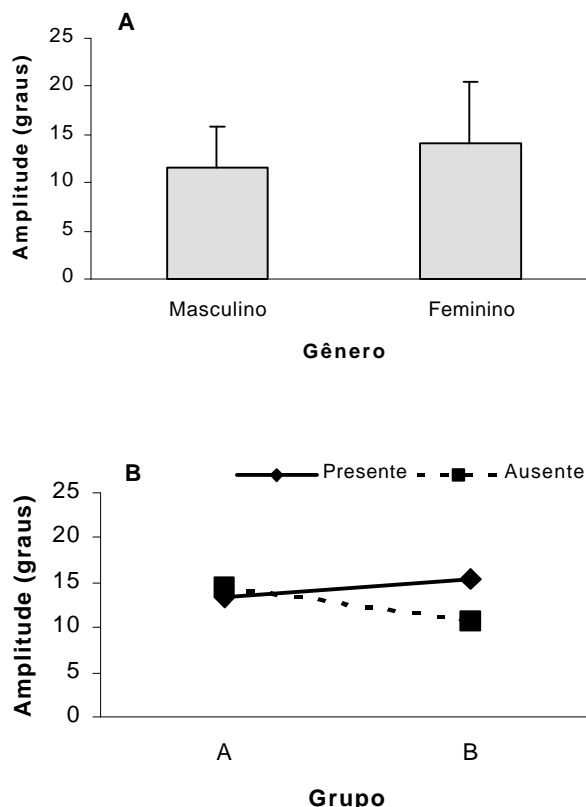
FIGURA 4 – Médias e desvios padrão da flexão máxima da cabeça (graus) de acordo com o grupo etário (A), com o gênero (B) e interação entre grupo etário e gênero (C).



Para a amplitude angular do movimento da cabeça, a ANOVA revelou efeito principal marginalmente significativo de gênero ($F_{1,71} = 2,883$; $p \leq 0,095$, Figura 5A) e interação entre IE e grupo de idade ($F_{1,71} = 2,829$; $p \leq$

$0,098$, Figura 5B). Mesmo sendo marginalmente significativo, as meninas apresentaram valores maiores de amplitude angular do que os meninos. Na interação entre IE e grupo etário (Figura 5B), pode-se observar que as crianças mais jovens (5 e 6 anos de idade), independente do gênero, apresentaram valores similares de amplitude angular independente da presença da IE. Entretanto, as crianças mais velhas (7 e 8 anos) reduziram a amplitude angular da cabeça quando a IE estava ausente.

FIGURA 5 – Médias e desvios padrão da amplitude de movimento da cabeça (graus) de acordo com o gênero (A) e interação entre grupo etário e IE (B).



A discussão dos resultados é apresentada de acordo com as variáveis independentes deste estudo, ou seja, o gênero, o grupo etário e a restrição das IE.

Gênero

As meninas executaram a tarefa com movimentos mais amplos da cabeça, tanto em flexão como em extensão (Figuras 3B, 4B e 5A). As meninas, para poderem captar as IE, colocam em risco o controle do equilíbrio. Esta movimentação maior deve estar relacionada ao controle do equilíbrio, que se apresenta melhor neste gênero⁶. Este comportamento mostra que o gênero feminino utiliza-se mais da informação exproprioceptiva para uma locomoção com demanda de equilíbrio. Na tarefa locomotora de ultrapassar obstáculos, Gobbi¹⁰ (1997) observou que, ao contrário deste estudo, os meninos apresentaram valores angulares de flexão da cabeça maiores que as meninas uma passada completa antes da abordagem do obstáculo. Gobbi¹⁰ (1997) interpretou este resultado como sendo necessário aos meninos capturar as informações exteroceptivas neste momento, enquanto as

meninas podem ter capturado estas informações desde o início da tentativa. No presente estudo, as meninas evidenciaram a necessidade de capturar as IE para realizar a tarefa com sucesso, ou seja, sem cair da trave.

Idade Cronológica

A idade cronológica foi utilizada neste estudo como um indicador do nível de desenvolvimento dos participantes. Como esperado, as crianças mais jovens (5 e 6 anos) apresentaram movimentos mais amplos da cabeça do que as crianças mais velhas (7 e 8 anos). Aparentemente, uma maior movimentação poderia significar um maior controle dos graus de liberdade na região cervical⁴; entretanto, as crianças mais jovens podem ser mais dependentes das IE do que as crianças mais velhas. Considerando que o desenvolvimento é um processo que se caracteriza por avanços qualitativos no desempenho, pode-se assumir que crianças mais velhas possuem maiores experiências perceptivas e locomotoras, o que poderia facilitar a obtenção das informações necessárias para executar a tarefa. Entretanto, Gobbi¹⁰ (1997) observou efeitos da idade cronológica nas estratégias locomotoras para ultrapassagem de obstáculos, ou seja, crianças mais velhas apresentaram valores maiores de flexão angular da cabeça que crianças mais jovens. Cabe salientar que a faixa etária das crianças do estudo de Gobbi¹⁰ (1997) situava-se entre 1 e 6 anos.

Informação Exproprioceptiva

A obtenção e a utilização de informações visuais relevantes devem ser aprendidas⁸. Affordances somente serão construídos com base na experiência e exploração no ambiente^{7, 8}. Os participantes deste estudo demonstraram necessitar da IE, especialmente observada pela amplitude do movimento da cabeça. As crianças mais jovens apresentaram necessidade maior, pois ampliam o movimento quando a informação está ausente. O processo de aprendizagem de obtenção e utilização de informação relevante pode não estar ainda concluído.

As informações exteroceptivas e exproprioceptivas são importantes e necessárias para uma locomoção segura e eficiente. Essas informações são processadas por crianças mais jovens, mas as informações não estão ainda lapidadas e completamente integradas com o sistema efector¹⁷. É assumido que o desenvolvimento, responsável pela lapidação e integração desses componentes, representa a resultante da combinação dos processos de maturação e aprendizagem. O pleno desenvolvimento infantil ocorre por meio da relação entre os fatores do indivíduo (p. ex., nível de maturação, características antropométricas), do ambiente (p. ex., oportunidades e encorajamento para a exploração) e da tarefa (neste caso, as superfícies de suporte). A integração sensório-motora é necessária para modular o sistema efector no sentido de produzir os padrões locomotores adaptativos à tarefa¹¹.

Estes resultados permitem afirmar que o gênero e a idade cronológica interferem na execução de tarefa locomotora com alta demanda de equilíbrio em crianças. As IE parecem ser necessárias nestas condições, mas deve-se considerar que estratégias de flexão máxima da cabeça podem ter sido adotadas pelas crianças durante todo o percurso, em todas as tentativas, independentemente da restrição das IE. Sugere-se que novos estudos sejam realizados com o emprego de formas mais rigorosas de controle da restrição das IE.

Conclusão

Os resultados dos dois experimentos permitem concluir que crianças modulam o sistema efector de acordo com a altura da superfície de suporte e movimentam a cabeça para captar IE. No experimento 1, ocorreu diminuição do CMP tanto na medida em que a altura da superfície de suporte aumentava como com a restrição da IE. Esta estratégia empregada pelas crianças representa uma necessidade de utilização integrada de informações sensoriais provenientes de outras fontes além da visão. As demais informações sensoriais requerem maior tempo para processamento que a visão. No experimento 2, o monitoramento da movimentação da cabeça mostrou que as crianças necessitam da IE para, com sucesso, realizar a locomoção em tarefa com alta demanda de equilíbrio.

Referências Bibliográficas

1. Adolph KE. Psychophysical assessment of toddler ability to cope with slopes. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**. 1995; 21: 734-750.
2. Barela JA. Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos: teoria e aplicação no estudo de desenvolvimento motor. In: Pellegrini AM (organizadora). **Coletânea de estudos: comportamento motor I**. São Paulo: Movimento, 1997. p. 11-28.
3. Bernstein N. Biodynamics of locomotion. In: Whiting HTA (organizador). **Human motor actions: Bernstein reassessed**. Amsterdam: Elsevier, 1940, 1982. p. 171-222.
4. Bernstein N. **The co-ordination and regulation of movements**. Oxford, UK: Pergamon, 1967.
5. Bueno JM. **Psicomotricidade teoria & prática: estimulação, educação e reeducação psicomotora com atividades aquáticas**. São Paulo: Lovise, 1998.
6. Eckert H. **Desenvolvimento motor**. São Paulo: Manole, 1993.
7. Gibson EJ. Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. **Annual Review of Psychology**. 1988; 39: 1-41.
8. Gibson JJ. Notes on Affordances. In: Reed ES, Jones R (organizadores). **Reasons for realism**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1982. p. 401-418.
9. Gibson JJ. **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
10. Gobbi LTB. **Development trends in skilled locomotor behavior over uneven terrain**. Waterloo; 1997. [Tese de Doutorado - University of Waterloo].
11. Gobbi LTB, Patla AE. Desenvolvimento da locomoção em terrenos irregulares: proposta de um modelo teórico. In: Pellegrini AM (organizadora). **Coletânea de estudos: comportamento motor I**. São Paulo, Movimento, 1997, p. 29-44.
12. Horak FB, Macpherson JM. Postural orientation and equilibrium. In: Rowell LB, Shepherd JT (organizadores). **Handbook of physiology section 12: exercise: regulation and integration of multiple systems**. New York: Oxford University, 1996. p. 255-292.

13. Lee DN, Young DS. Gearing action to the environment. **Experimental Brain Research**. 1986; 15: 217-230.
14. Lima C.B, Secco CR, Miyasike VS, Gobbi LTB. Equilíbrio dinâmico: influência das restrições ambientais. **Revista Brasileira de Cineantropometria de Desempenho Humano**. 2001; 3: 83-94.
15. Manoel EJ. Desenvolvimento Motor: padrões de mudança, complexidade crescente. **Revista Paulista de Educação Física**. 2000; S 3: 35-54.
16. Newell K. Constraints on the development of coordination. In: Wade MG, Whiting HTA (organizadores). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 341-360.
17. Patla AE, Prentice SD, Gobbi LTB. Visual control of obstacle avoidance during locomotion: strategies in young children, young and older adults. In: Ferrandez A-M, Teasdale N (organizadores). **Changes in sensori-motor behavior in aging**. Amsterdam, Elsevier, 1996, p. 257-277.
18. Pozzo T, Berthoz A, Lefort L. Head kinematic during various motor tasks in humans. In: Allum JHJ, Hulliger M (organizadores). **Progress in brain research**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 377-383.
19. Pozzo T, Berthoz A, Lefort L. Head stabilization during various locomotor tasks in humans: normal subjects. **Experimental Brain Research**. 1990; 82: 97-106.
20. Sutherland DH, Olshen RA, Diden EN, Wyatt MP. **The development of mature walking**. Philadelphia: J.B. Lippincott, 1988.
21. Thelen E. Development of coordinated movements: implications for early human development. In: Wade MG, Whiting HTA (organizadores). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Amsterdam: Martinus Nijhoff, 1986. p. 107-124.
22. Thelen E, Ulrich BD, Jensen JL. The developmental origins of locomotion. In: Woollacott MH, Shumway-Cook A (organizadores). **Development of posture and gait across the life span**. Columbia: University of South Carolina, 1989. p. 25-47.
23. Winter DA. **The biomechanics and motor control of the human gait: normal elderly and pathological**. 2. ed. Waterloo: University of Waterloo, 1991.