

6 - Análise de recorrência da postura de sentado em bebê hipotônico de 9 meses de idade sob constrangimento funcional de alcançar e agarrar brinquedos

Cécile Verdadeiro Ramos & David Catela

6.1. Introdução

6.1.1. Enquadramento

O controlo postural é uma função motora fundamental, envolvida em quase todas as outras tarefas motoras (Hirschfeld & Forssberg, 1994). O controlo postural é tido como inato, geneticamente determinado, que se revela com a maturação do sistema nervoso. No entanto, o processo de aquisição de habilidades motoras é o de coordenar os muitos graus de liberdade do corpo, como resultado da interação do organismo com o meio ambiente (Harbourne & Stergiou, 2003). Os constrangimentos do meio ambiente, só por si, podem conter a informação necessária para que o organismo ajuste o seu comportamento (Brett, Riley, & Turvey, 2008). O objeto com que se interage contém a informação necessária e suficiente para determinar (mas não prescrever) comportamentos, por exemplo, se um brinquedo está ao seu alcance e é agarrável, a criança organiza a sua postura para o alcançar e agarrar com estabilidade. Mas é ela (a criança) que organiza a sua postura, embora em função do objeto. Este estudo tem como objetivo verificar se o constrangimento da tarefa (alcançar para agarrar o brinquedo) propicia alteração melhorada da estabilidade da postura de sentado num bebê hipotônico.

6.1.2. Apresentação do problema

Durante a prática clínica em fisioterapia pediátrica é frequentemente confrontar-se com crianças com atrasos do desenvolvimento motor, sendo que se verificou que as crianças têm adotado outro tipo de comportamento mais motivador perante um estímulo externo.

Sendo que segundo a Teoria das *Affordances*, o indivíduo comporta-se em função do que a percepção lhe permite, os objetos dispostos no envolvimento congregam em si próprios a *affordance* do que lhes é típico. Podemos assim dizer que existe uma combinação invariante de múltiplas variáveis do envolvimento, que permite um determinado comportamento da parte de um determinado animal (Gibson, 1986). Sendo assim, quando a criança está perante um brinquedo dentro da sua zona limite de alcance, está irá sentir o desejo de o alcançar.

Se a regulação de constrangimentos extrínsecos propicia desenvolvimento da coordenação motora (Newell, 1986), então a aprendizagem motora é um processo que aumenta a coordenação entre a percepção e a ação, de maneira consistente com as restrições da tarefa e do ambiente. Durante a prática existe uma busca de estratégias ideais para a execução da tarefa, dadas as restrições. Uma parcela da busca destas envolve não apenas a descoberta de uma resposta motora adequada para a tarefa, mas também o ato de identificar as dicas perspectivas mais adequadas. Assim, os sistemas de percepção e ação estão incorporadas ou mapeados numa solução ideal da tarefa.

Uma terapêutica baseada numa estimulação funcional resultou num aumento da estabilidade e um aumento na regularidade revelando estratégias mais estáveis e periódicas para manter o controlo postural. A análise não linear das séries temporais do controlo postural apoia a perspectiva de que o desenvolvimento do controlo postural é um processo dinâmico pelo qual a criança aprende a controlar graus de liberdade do corpo para alcançar a postura de sentada. A realização da posição de sentar independente parece acontecer sem esforço e ser apenas uma parte normal do processo de maturação. Uma vez que uma criança consegue controlar a cabeça e o tronco na posição de sentado, os braços estão abertos à exploração e às atividades funcionais. No entanto, a posição sentada independente requer estabilização dinâmica de todos os segmentos ligados ao corpo, e é um processo complexo de aprendizagem e adaptação a várias forças do ambiente (Harbourne et al., 2009).

A questão é se uma criança, que ainda não possui controlo postural sentada, quando colocada num determinada ambiente, sujeita a estímulos extrínsecos -brinquedo- irá alterar o seu comportamento.

6.1.3. Objetivos e hipóteses

O objetivo geral deste trabalho é de verificar se a presença de um constrangimento da tarefa (alcançar para agarrar um brinquedo) propicia alteração melhorada da estabilidade da postura de sentado na criança.

Para tal, foram estabelecidos como objetivos específicos:

- Investigar se o desenvolvimento do controlo postural na posição de sentado tem origens determinísticas, e determinar como estas podem ser caracterizados através de análise cinemática.
- Verificar se a estimulação funcional propicia estabilidade postural.

- Identificar quais alterações posturais é que os infantes apresentam para alcançar um brinquedo.

As hipóteses formuladas foram:

H1: Na presença de objeto para agarrar a postura de sentado é significativamente mais estável que na sua ausência.

H2: Aquando perturbação do equilíbrio existe respostas posturais adotadas pela criança com brinquedo e sem brinquedo.

6.2. Métodos

6.2.1. Caracterização da amostra

A amostra é constituída por um bebé portador de hipotonia, diagnosticada pelo Pediatra, disponível para intervenção terapêutica proposta, com consentimento informado voluntário de encarregado de educação. O bebé iniciou a Fisioterapia com 8 meses, com uma frequência de 2 vezes por semana com a duração de 30 a 40 minutos cada sessão. Possuía um bom controlo da cabeça mas não tinha equilíbrio sentado sem apoio.

Os critérios de inclusão para as crianças no início do estudo foram a capacidade da criança segurar a cabeça quando apoiada no tronco e a iniciação da capacidade para alcançar objetos suportada na posição de sentada. Os critérios de exclusão para as crianças incluídas foram diagnosticados com deficit visual, ou diagnosticados com problemas neuromusculares. As crianças irão ser acompanhadas até conseguiram se sentar independente.

6.2.2. Equipamentos e materiais

Os materiais a utilizar são uma câmara e cassete, um tripé, um cubo de calibração, refletores (3), um body escuro para o bebé, um holofote, um colchão e brinquedos (piano e rolo de espuma) (figura 6.1.).

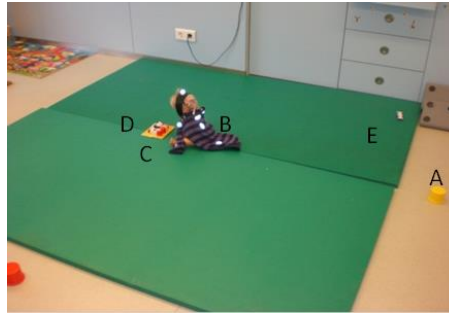


Figura 6.1. Maqueta do contexto experimental (A: câmara; B: criança; C: brinquedo; D: experimentador; E: projetor de luz).

6.2.3. Tarefas, procedimentos e protocolos

A criança teve disponibilidade de tempo para se acostumar com o ambiente do ginásio de Fisioterapia, assim como da Experimentadora em cada sessão, e a preparação e recolha de dados foi realizada com um ou ambos os parentes ao lado. Foram utilizados um conjunto padrão de brinquedos infantis para distração e conforto. A criança foi sempre confortada quando necessário para que um estado calmo, de alerta seja mantido.

A criança foi vestida com um body de cor escura com refletores localizados a nível da sétima cervical (C7), da sétima dorsal (D7) e da quinta vértebra lombar (L5). Foi colocado um projetor de luz estrategicamente para melhor conseguir focar os refletores. A câmara foi colocada atrás da criança para conseguir capturar imagens no plano frontal e assim conseguir obter as oscilações médio-laterais que apresentava.

Uma câmara de vídeo, marca Canon, modelo Legria hf16, fixa num tripé, e alinhada com a linha mediana dorsal da criança, registou o percurso dos três refletores. A deslocação no plano frontal dos refletores foi posteriormente registada através do *software* Kinovea 0.8.15. A Experimentadora esteve sempre junto a criança (figura 6.2.), para sua segurança, e sempre que foi necessário houve contacto físico entre a criança e a mão da Experimentadora. Este procedimento foi particularmente importante para a criança com hipotonia, decorrente da dificuldade que tinha em manter a posição sentada.



Figura 6.2. Momento de recolha de dados, com criança com hipotonia, na condição com estimulação.

Inicialmente foi avaliado, uma vez o bebé estável e calmo, o controlo postural na posição de sentado sem interação com experimentadora ou brinquedo- condição sem estimulação (figura 6.3.). Depois foi avaliado o controlo postural na mesma posição mas desta vez com interação do brinquedo- condição com estimulação.



Figura 6.3. Momento de recolha de dados, na condição sem estimulação e com registo Kinovea de deslocação dos marcadores.

Como as recolhas foram realizadas em contexto semi ecológico, regulando-se pela disponibilidade, a maioria das vezes momentânea e pontual, de não interação (condição sem estimulação) ou de interação regulada pela experimentadora (condição com estimulação), os episódios que constituíram amostra foram selecionados a partir das filmagens obtidas, mediante protocolo estabelecido. Foram obtidos quatro episódios situações com e sem estimulação para o bebé hipotónico. Para episódios sem estimulação obtivemos sequências de 6,13 s (185 imagens); 7,70 s (232 imagens); 8,23 s (248 imagens); e, 10,83 s (326 imagens). Para episódios com estimulação obtivemos sequências emparelhadas: criança interagindo com um piano de brincar, à altura dos seus ombros, dentro do seu espaço pessoal (6,13 s); criança interagindo com um rolo de espuma, percutindo nele, à altura dos ombros, dentro do seu espaço pessoal (7,70 s); criança interagindo com um rolo de espuma, percutindo nele, à altura dos ombros, no seu espaço peri pessoal (8,23 s) (figura 6.4.); criança interagindo com um piano de brincar à altura do seu olhar, dentro do seu espaço pessoal (10,83 s). Estes

episódios refletem a intencionalidade estabelecida, *a priori*, de analisar resposta postural sentada em níveis e a distâncias variados.



Figura 6.4. Momento de recolha de episódio de criança hipotónica interagindo com um rolo de espuma, percutindo nele, à altura dos ombros, no seu espaço peri pessoal, já com registos Kinovea.

6.2.4. Desenho experimental e limitações

6.2.4.1. Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo de caso, com amostra de controlo emparelhada; pré-experimental. Havendo dois momentos de recolha na criança hipotónica, e reconhecendo ameaças de interpretação decorrentes de processos maturativos de aprendizagem, é possível análise pré pós, principalmente, tendo em consideração que esta criança foi alvo de intervenção fisioterapêutica com base no pressuposto teórico de estimulação funcional da postura de sentado, com tarefas em ginásio e prescritas para casa, como as ilustradas e descritas nos episódios analisados da condição com estimulação.

6.2.4.2. Notação Experimental

A tabela 6.1. apresenta a notação experimental do estudo.

Tabela 6.1. Notação experimental (N - criança hipotónica, O - momentos de observação, X - processo terapêutico).

N	O _{sem estimulação}	O _{com estimulação}	X	O _{sem estimulação}	O _{com estimulação}
---	------------------------------	------------------------------	---	------------------------------	------------------------------

6.2.4.3. Limitações

Este estudo poderá ser altamente condicionado por ameaças à sua validade interna, nomeadamente, maturação da criança, que teria sido parcialmente controlável com aumento do tamanho da amostra, e, aprendizagem, que só seria parcialmente controlável com definição pormenorizada de programa de estimulação em ginásio e em casa. Sendo um estudo de caso, a amostra é obviamente pequena para poder ser representativa, tanto como padrão de respostas posturais em contexto não funcional e funcional, bem como indicadora de potencial de modelo de intervenção terapêutica.

6.2.5. Plano operacional de variáveis e análise estatística

A tabela 6.2. apresenta o plano de operacionalização das variáveis do estudo.

Tabela 6.2. Plano de operacionalização de variáveis.

Variável Independente	Tipo	Variável Dependente	Tipo
Constrangimento da Tarefa	Nominal	Cinemática do Tronco	Intervalar

6.2.5.1. Tratamento de Dados

A deslocação no plano frontal dos refletores foi posteriormente registada através do *software* Kinovea 0.8.15. Os dados foram tratados através de rotinas de MATLAB, para análise dos gráficos de série temporal e de recorrências, e para determinação dos parâmetros: percentagem de determinismo, entropia, entropia relativa, comprimento máximo e médio da linha, e tendência. Foram respeitados os seguintes critérios: i) dimensão do *embedding* 12; ii) reescalonamento médio da distância do raio; iii) seleção da percentagem de raio com pelo menos 1% de recorrência. Se o *embedding* escolhido for demasiado alto, o efeito de ruído pode ser ampliado. Webber recomendou, para análise de dados fisiológicos, um *embedding* entre os 10 e os 20 (Riley, Balasubramaniam, & Turvey, 1999).

É possível representar a sequência de oscilações posturais num gráfico de séries temporais e quantificar a frequência com que determinados valores se repetem. Um gráfico de séries temporais não é mais de que a sequência de dados recolhidos. Se há repetição de determinados valores, ao longo do tempo (recorrência), esta pode ser representada num

gráfico de recorrências (Gao & Huaqing, 2000). Este gráfico possui uma linha diagonal, que é a repetição do próprio dado. As restantes representações no espaço do gráfico, que é simétrico relativamente à grande diagonal, podem ser variadas, tais como pontos, linhas diagonais, linhas verticais ou horizontais, que em conjunto podem produzir padrões mais complexos, como um axadrezado formas ramificadas ou várias listas espaçadas e paralelas; que indiciam certa complexidade e/ou periodicidade de comportamento do sistema analisado. Por exemplo, periodicidade, através de longas linhas diagonais, paralelas à grande diagonal, refletem uma estrutura rítmica nos dados. Pequenos segmentos de linhas diagonais, paralelas à grande diagonal, revelam repetições sistemáticas da série temporal e são indiciadoras de determinismo. Em termos de dinâmica do atrator¹(Turvey, 1990), significa que o sistema revisita a mesma região do atrator em momentos diferentes (Riley et al., 1999). A quantificação destas recorrências permite várias medições: i) percentagem de determinismo- percentagem de pontos recorrentes adjacentes que repetidamente revisitam a mesma região do atrator, que é o que essencialmente determinismo significa; ii) entropia- probabilidade de frequência de linhas diagonais com certos comprimentos para lá do expectável; quanto mais periódico o sistema for menor será o valor de entropia; iii) tendência- quantificação do empalidecer progressivo de pontos em relação à grande diagonal; valores (habitualmente negativos) próximos de zero significam estacionaridade (Webber & Zbilut, 2005).

A análise de quantificação de recorrência (RQA) é um método de análise não linear dos dados para a investigação de sistemas dinâmicos. Quantifica o número e a duração das recorrências de um sistema dinâmico representado pela sua fase de trajetória no espaço. Um dos processos do RQA é identificar pontos que são vizinhos no espaço reconstruído. Pontos separados no tempo mas que são espacialmente vizinhos no espaço reconstruído refletem recorrência no tempo - com o decorrer do tempo e a evolução da dinâmica observada, os pontos de dados retomam a mesma região da fase temporal (eles recorrem). A RQA é adequada para sinais não estacionários e quantifica estruturas dinâmicas (deterministas) e não estacionárias (Riley et al., 1999). No entanto, este instrumento não deve ser considerado adequado para testar tratamentos, mas sim para detetar alterações de estado do sistema analisado.

6.2.5.2. Tratamento Estatístico

Os dados recolhidos através do *software* Kinovea 0.8.15 foram tratados para a análise linear, em que se calculou o valor mínimo, máximo, intervalo de diferença entre mínimo e máximo, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Foram escolhidos estes parâmetros

¹ Segundo Turvey (1990), um atrator é um estado preferencial ou sequência de estados em que um sistema passa de uma condição arbitrária inicial para seguintes distúrbios arbitrários.

estatísticos descritivos, principalmente os de dispersão, para complementar a informação obtida pelo método não linear. Os parâmetros de dispersão poderão fornecer indicações gerais sobre valor da estabilidade postural, em ambas as condições experimentais (com e sem estimulação).

Para análise linear foram recolhidos os mesmos dados através do *software* Kinovea 0.8.15 e foram tratados através de rotinas de MATLAB. Os resultados obtidos foram analisados através do programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 20.0. Foi feita análise descritiva dos parâmetros do RQA e uma análise inferencial não paramétrica emparelhada (*Wilcoxon*) entre parâmetros RQA nos dois momentos de recolhas na criança hipotónica. Para testar as hipóteses, foi utilizado um nível de significância de $z \leq 0,05$, bicaude.

6.3. Resultados e Discussão

Em todos os segmentos corporais estudados houve um aumento de número de pontos e linhas recorrentes com a estimulação (figura 6.5.), a criança tornou-se mais periódica (Riley, Balasubramaniam, & Turvey, 1999).

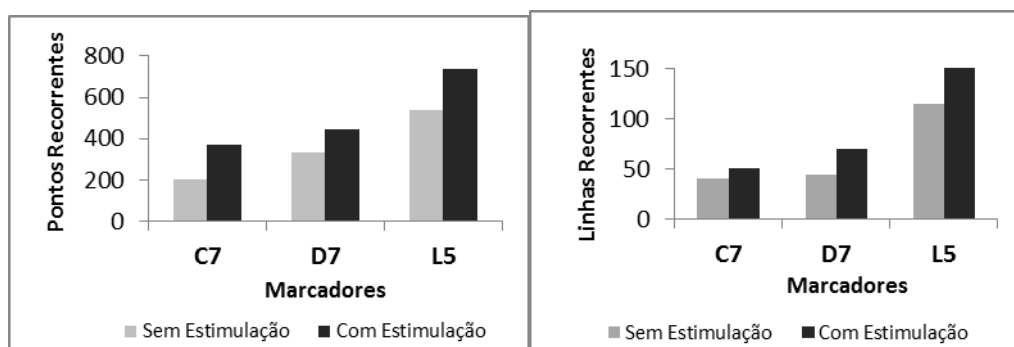


Figura 6.5. Pontos e linhas recorrentes nas condições sem estimulação (cinzento) e com estimulação (preto), para os marcadores do tronco C7, D7 e L5.

Com estimulação, a criança apresentou maior determinismo a nível da C7, i.e., as oscilações tornaram-se mais regulares na porção do tronco mais próxima dos membros superiores, aqueles que estavam a interagir com o brinquedo.

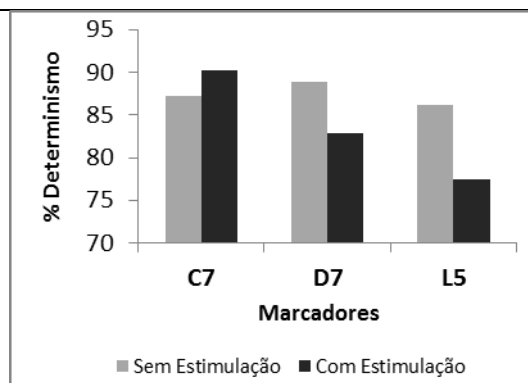


Figura 6.6. Percentagem de determinismo nas condições sem estimulação (cinzento) e com estimulação (preto), para os marcadores do tronco C7, D7 e L5.

Em C7 a entropia aumentou com a estimulação, o que pode significar que houve um aumento da complexidade comportamental. Pelo contrário, em D7 e L5 diminuiu (figura 6.7.). Tal poderá significar que para poder interagir com o brinquedo a criança tenha congelado os graus de liberdade mais caudais e libertado os mais cefálicos (C7), para poder interagir com o brinquedo. Harbourne e Stergiou (2003) mostraram que os infantes adquirem a postura sentada por congelamentos e libertação dos graus de liberdade durante a fase intermédia (6-7 meses) e tardia (7-8 meses) da aquisição do sentar. Postularam que a estratégia de congelamento e libertação dos graus de liberdade permitem ao infante primeiro reunir uma habilidade de sentar de forma segura e depois interagir com o ambiente quando está sentado (cf. Cignetti, Kyvelidou, Harbourne, & Stergiou, 2011). A nossa criança aparenta uma combinação de ambas as estratégias.

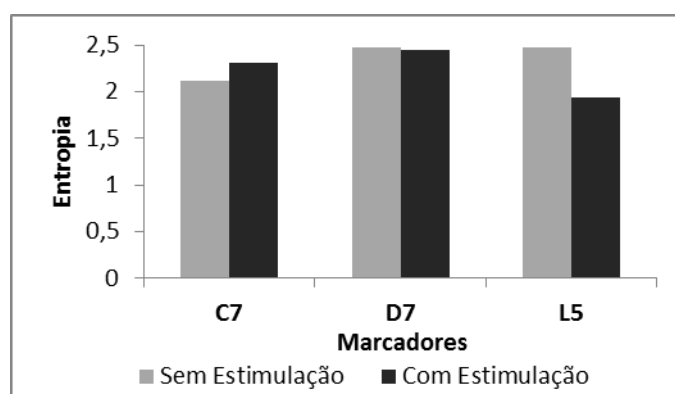


Figura 6.7. Entropia nas condições sem estimulação (cinzento) e com estimulação (preto), para os marcadores do tronco C7, D7 e L5.

Na condição estimulação, a entropia relativa, aumentou em D7 e diminuiu nos outros dois marcadores, C7 e L5 (figura 6.8.). Valores mais baixos de entropia relativa significam que o sistema se tornou menos variável nas oscilações espaciais. Para a C7, estes resultados são consistentes com o parâmetro percentagem de determinismo; as oscilações posturais da

criança tornaram-se mais regulares, provavelmente, dando maior sustentabilidade às ações de alcançar e agarrar os brinquedos. A estabilidade é a resposta do sistema postural à perturbação, que pode ser interna devido à própria oscilação do corpo, ou externa, gerada pelo ambiente (Harbourne & Stergiou, 2009).

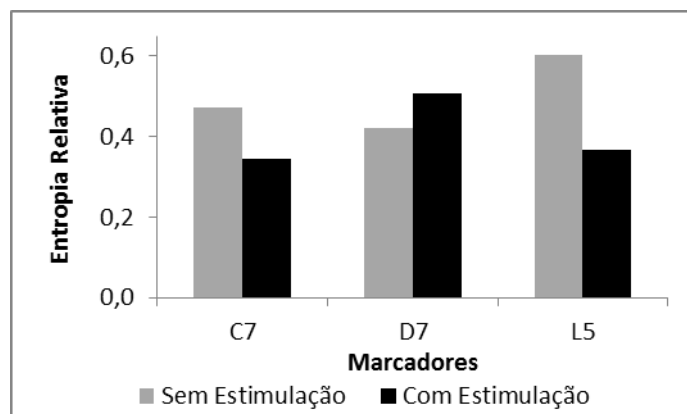


Figura 6.8. Entropia relativa nas condições sem estimulação (cinzento) e com estimulação (preto), para os marcadores do tronco C7, D7 e L5.

A linha máxima aumentou em C7 e L5 e diminuiu em D7 (figura 6.9.). Esta variável escala inversamente com o expoente de Lyapunov (LyE). O LyE é uma medida que avalia com que rapidez diverge as trajetórias nas diferentes fases espaciais. Quanto mais elevado o LyE mais aleatório e complexo é o sinal. Quanto mais baixo, mais periódico é o sinal (Harbourne, Deffeyes, Kyvelidou, & Stergiou, 2009). Assim, o aumento da linha máxima nos marcadores mais cefálicos está em linha com os resultados obtidos na percentagem de determinismo e na entropia relativa, a criança revela maior periodicidade, de modo mais regular e menos variável no nível superior do tronco, quando interage com o brinquedo.

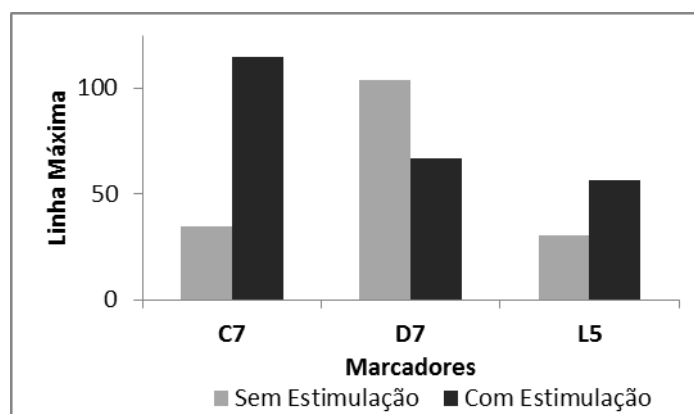


Figura 6.9. Linha máxima nas condições sem estimulação (cinzento) e com estimulação (preto), para os marcadores do tronco C7, D7 e L5.

Como seria de prever, a linha média aumentou em C7 mas diminuiu nos outros dois segmentos corporais (figura 6.10.). A redução em D7 e L5, em conjunto com os anteriores parâmetros de output de recorrência tendem a revelar oscilações posturais mais aleatórias, menos estáveis, o que vem reforçar a hipótese de uma estratégia postural diferenciada ao nível inferior do tronco, ou, a hipótese que a criança ainda esteja a vivenciar uma evolução céfalo-caudal da controlo postural de sentado.

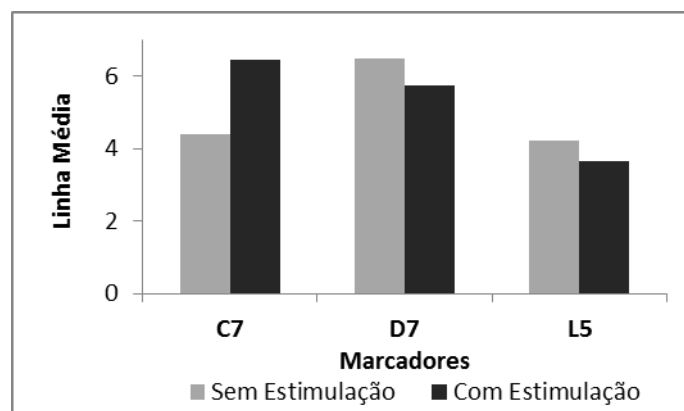


Figura 6.10. Linha média nas condições sem estimulação (cinzento) e com estimulação (preto), para os marcadores do tronco C7, D7 e L5.

O *trend* é a quantificação da dispersão de pontos recorrentes em relação à grande diagonal. Estes valores (habitualmente negativos) quando próximos de zero significam estacionaridade (Webber & Zbilut, 1994). Em ambas as condições, o *trend* está mais próximo de zero em C7 e L5 e mais afastado em D7 (figura 6.11.). O aumento do *trend* indica que os pontos recorrentes tornaram-se mais heterógenos, tornando-se num sistema menos estacionário (Riley et al., 1999). Este é mais um indicador a revelar principalmente a disparidade de padrão de oscilações em L5, provavelmente mais aleatório.

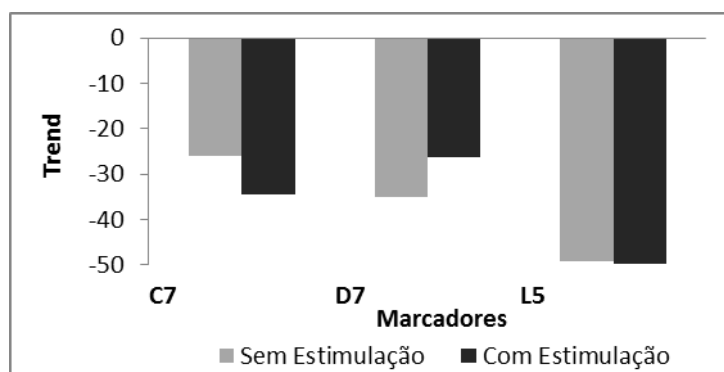


Figura 6.11. Trend nas condições sem estimulação (cinzento) e com estimulação (preto), para os marcadores do tronco C7, D7 e L5.

6.4. Conclusões e Recomendações

6.4.1. Conclusões

A estimulação funcional propiciou transição mudança de padrão de controlo postural de sentado, numa criança hipotónica. Este padrão revelou-se diferenciado conforme o segmento do tronco, sendo mais regular, periódico e estável a nível cervical, e o inverso a nível lombar. Esta diferença de padrão de oscilações posturais pode ser expressão de estratégias posturais diferenciadas, decorrente da maior ou menor proximidade aos membros superiores que interagem com um objeto e à base de sustentação, como pode ser expressão de uma evolução de controlo postural céfalo-caudal.

6.4.2. Recomendações para estudos futuros

Desenhos experimentais mais específicos são necessários para testar estas hipóteses ou outras concorrentes, por exemplo, do tipo longitudinal.

6.5. Referências bibliográficas

- Brett, R. F., Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2008). Information, affordances, and the control of action in sport. *Int. J. Sport Psychol*, *40*, 79-107.
- Cignetti, F., Kyvelidou, A., Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2011). Anterior-posterior and medial-lateral control of sway in infants during sitting acquisition does not become adult-like. *Gait Posture*, *33*(1), 88-92. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.10.002
- Harbourne, R., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice. *Phys Ther*, *89*, 267-282.
- Harbourne, R. T., Deffeyes, J. E., Kyvelidou, A., & Stergiou, N. (2009). Complexity of postural control in infants: linear and nonlinear features revealed by principal component analysis. *Nonlinear Dynamics Psychol Life Sci*, *13*(1), 123-144. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19061548>
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2003). Nonlinear analysis of the development of sitting postural control. *Dev Psychobiol*, *42*(4), 368-377. doi:10.1002/dev.10110
- Hirschfeld, H., & Forssberg, H. (1994). Epigenetic development of postural responses for sitting during infancy. *Exp Brain Res*, *97*(3), 528-540. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8187863>

- Kawai, M., Savelsbergh, G. J., & Wimmers, R. H. (1999). Newborns spontaneous arm movements are influenced by the environment. *Early Hum Dev*, 54(1), 15-27. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10195712>
- Riley, M. A., Balasubramaniam, R., & Turvey, M. T. (1999). Recurrence quantification analysis of postural fluctuations. *Gait Posture*, 9(1), 65-78. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10575072>
- Riley, M. A., Kuznetsov, N., & Bonnette, S. (2011). State-parameter-, and graph-dynamics: Constraints and the distillation of postural control systems. *Science & Motricité*, 74, 5-18.
- Webber, C. L., & Zbilut, J. P. (2005). Recurrence Quantification Analysis of Nonlinear Dynamical Systems. In M. A. Riley & G. C. Van Orden (Eds.), *Tutorials in Contemporary nonlinear methods for the Behavioral Sciences* (pp. 26-94).