

Mecanismos de controle do pular corda em função de restrição da tarefa

Luiz H. da Silva^{1,2} & Ana M. Pellegrini¹

¹Laboratório de Desenvolvimento e Aprendizagem Motora - LABORDAM
Depto. de Educação Física – Instituto de Biociências – UNESP – Rio Claro, SP, Brasil, 13506-900

²Depto. de Ciências da Saúde – UESC – Ilhéus, BA

Mechanisms of control in rope jumping as a function of task constraint

Abstract: Rope jumping is a motor task that can be performed in different ways and with ropes with different physical characteristics (weight, texture, and size). When the rope jump is performed with the rope being self controlled, relevant haptic information is available for the action control. In order to examine the adjustments made by the performer in rope jumping with ropes of different weight, eight male university students performed a sequence of 30 rope-jumping with ropes of 180, 255, and 330g. The rope was turned by the participant in a self-paced mode. Such sequences were registered in video and the following variables were obtained: continuous relative phase, rope beat frequency, jump height, rope height, and temporal interval between the moment of the loss of the feet contact with the floor and the crossing of the rope under the feet. The results showed that only the rope frequency changed as a function of the rope weight, suggesting that the upper limbs when turning the rope are responsible for the adjustments in order to maintain the same level of performance.

Key Words: Constraint, rope weight, adaptation, control.

Introdução

Pular corda é uma habilidade motora bastante freqüente no repertório motor do ser humano, principalmente no período da infância quando as crianças brincam de pular corda com muita naturalidade e algumas vezes até mesmo com muita habilidade. Mas este ato motor não é privilégio apenas das crianças pois, além do caráter lúdico, o pular corda também está presente em programas de treinamento desportivo e nas aulas de educação física, podendo auxiliar na coordenação, agilidade e condicionamento do atleta (Weineck, 1999). Apesar da grande popularidade do pular de corda, são poucos os estudos divulgados nos periódicos da área que exploram o pular corda na busca de entendimento dos mecanismos subjacentes aos ajustes no comportamento motor em função de alterações nas restrições da tarefa.

Aparentemente, o pular corda é uma habilidade simples de ser executada, porém uma análise mais detalhada desta habilidade motora nos leva a afirmar que é uma habilidade relativamente complexa. Ela exige estabilização postural tanto das extremidades superiores como inferiores e antecipação do momento em que a corda irá tocar o solo para determinação do início da fase de vôo do

salto para que a corda passe sob os pés. Além disso, os saltos precisam ser ajustados freqüentemente já que a trajetória da corda sofre pequenas mudanças de um ciclo a outro (Barreto, 2000). Uma descrição um pouco mais detalhada pode nos mostrar que o ato de pular corda não é tão simples quanto aparenta ser e que ele traz benefícios no desenvolvimento da coordenação da parte inferior do corpo, no equilíbrio, na agilidade, no ritmo, na velocidade dos membros e na resistência muscular localizada (Pitreli & O'Shea, 1989).

O pular corda pode ser executado sozinho ou em grupo, de diversas maneiras, como por exemplo, com a corda batida pelo próprio executante ou por batedores externos. Pode ainda ser executado com base de suporte em uma ou nas duas pernas e em diferentes freqüências de batida da corda. No entanto, toda esta variabilidade depende da criatividade e habilidade do(s) executante(s). Além disso, podemos pular diferentes tipos de corda, pois elas podem variar no peso, textura, tamanho e rigidez. Implicariam estas diferentes características da corda em ajustes no padrão motor do executante?

Quando analisamos as informações sensoriais utilizadas na execução do pular corda, precisamos levar em consideração o modo como a corda é

batida, se por batedores externos ou pelo próprio executante, pois teremos diferentes fontes de informação sobre a trajetória da corda. Na execução do pular corda com batedores externos, o executante, através da visão, capta informação relevante sobre onde a corda está, assim como visualiza os movimentos das mãos dos batedores auxiliando na preparação do salto para transpor a corda. Além da visão, o executante capta o som produzido pela corda no momento em que ela toca o solo, informação esta relevante sobre a frequência da corda e localização da mesma. Em suma, quando o executante não tem contato direto com a corda, ele dispõe apenas de informação de natureza exteroceptiva sobre a trajetória da corda, captada pela visão e audição. Em contraposição, quando a corda é batida pelo próprio executante, a informação háptica sobre a trajetória da corda é acrescentada à informação visual e auditiva. A informação háptica é obtida no contato da mão com a corda e com a força exercida para propulsionar a corda em sua trajetória em volta do corpo.

Alguns pesquisadores têm investigado as diferenças na execução do pular corda com e sem informação direta da trajetória da corda, como utilizado no estudo de Andrade e colaboradores (2001) que analisaram o pular corda quando esta habilidade é executada com a corda batida pelo próprio executante ou por batedores externos. Neste estudo foram comparados o tempo de duração da fase de vôo e o intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e passagem da corda sob os pés do executante entre as duas condições experimentais. Os resultados tanto da fase de vôo quanto do intervalo temporal demonstraram não haver diferença estatisticamente significativa entre as duas condições experimentais. Mais recentemente, Carvalho e Pellegrini (2006) investigaram a altura do salto no pular corda em função da frequência de batida da corda (1,4; 1,6 e 1,8 Hz) e da informação sensorial disponível (sem e com contato direto com a corda). Os resultados deste estudo mostraram que quando esta habilidade é executada com a corda sendo controlada por batedores externos, tanto a média como o desvio padrão (medida de variabilidade) da altura dos saltos são significativamente maiores do que na condição em que a corda é auto-controlada. Os autores sugerem que esta alteração no padrão motor do saltar é consequência da informação do tipo *feedforward* da trajetória da corda via sistema háptico. Tomando por base os resultados de Carvalho e Pellegrini (2006), acreditamos que quando a corda é batida pelo próprio executante, ele obtém antecipadamente informação sobre a trajetória da corda de modo que pode atrasar o

início do salto, saltar com menor altura, estratégia esta não utilizada quando a corda é controlada por batedores externos.

Em outro estudo sobre as informações sensoriais no pular corda (Carvalho e colaboradores, 2001), a corda era batida pelo próprio executante em quatro condições: 1) com informação visual e auditiva; 2) com informação visual mas sem informação auditiva; 3) sem informação visual mas com informação auditiva; e 4) sem informação visual e sem informação auditiva. Os resultados indicaram que o intervalo temporal entre a perda de contato dos pés e a passagem da corda sob os pés foi maior na condição em que não havia informação visual, quando comparado com as demais condições. A menor média do intervalo temporal foi encontrada na condição sem informação auditiva. No seu conjunto, os resultados levaram os autores a sugerir que, na ausência da informação visual, o executante inicia o salto com maior antecedência mesmo tendo informação háptica da trajetória da corda e, em contrapartida, o executante atrasa o início do salto na ausência de informação auditiva.

Com base nos resultados apresentados nos estudos acima, verificamos que dependendo do contexto da tarefa estarão disponíveis diferentes informações para serem utilizadas no controle e execução do pular corda. Até o presente momento, os estudos que tiveram por objetivo analisar as informações sensoriais no pular corda (Andrade, Carvalho & Pellegrini, 2001; Carvalho, Andrade & Pellegrini, 2001; Carvalho, Bueno, Silva & Pellegrini, 2003; Carvalho & Pellegrini, 2006; Pellegrini, Bueno, Silva & Carvalho 2003) manipularam a fonte de informação para o pular corda da seguinte maneira: com e sem informação háptica (corda auto-controlada e externamente controlada respectivamente), ausência e utilização da visão e da audição em diversas combinações.

Diante dos resultados obtidos, questionamos se as características da corda não alterariam a relação salto-corda na execução desta habilidade. Peso, comprimento, espessura, rigidez e textura são características físicas da corda que podem influenciar a definição de sua trajetória e consequentemente no desempenho do executante ao pular corda. De modo a garantir igual condição de execução do pular corda na Ginástica Rítmica Desportiva, as regras deste esporte requerem que a corda seja de cânhamo ou material sintético, não possuindo empunhadura, podendo ter nós nas extremidades. O peso pode variar, pois o comprimento da mesma é proporcional ao tamanho da ginasta (Llobet, 1998).

Será que o modo de organização espaço-temporal da tarefa será o mesmo utilizando cordas

com diferentes características físicas? Qual destas características exigiria maiores alterações no modo de organizar a tarefa? No presente estudo, centralizamos nossa atenção na informação háptica sobre a trajetória da corda. Partimos da hipótese de que cordas mais pesadas provocariam maior preensão manual, havendo maior excitação dos receptores cutâneos responsáveis pela transmissão da informação háptica. Ou seja, cordas mais pesadas requerem ativação de um maior número de unidades motoras e em maior frequência, para garantir a trajetória da mesma e como consequência disponibilizam informações mais precisas oriundas do tato e da pressão da corda na palma da mão. Estas informações sobre a trajetória da corda podem provocar alterações na organização espaço-temporal da tarefa. Assim, o presente estudo teve por objetivo verificar os mecanismos de controle do pular corda em função da restrição da tarefa imposta com cordas de diferentes pesos. Vale ressaltar que as cordas eram diferentes somente no peso total, sendo que as outras características eram mantidas constantes, como poderá ser visto de forma detalhada no método. Para analisarmos o modo de organização espaço-temporal de controle da tarefa, foram selecionadas as seguintes variáveis: fase relativa contínua (FRC), frequência de batida da corda, altura do salto, altura da corda e intervalo temporal entre o momento da perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sobre os pés.

Método

Participantes

Participaram deste estudo oito estudantes universitários do sexo masculino com média de idade de $21,9 \pm 2,7$ anos e todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, após serem informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo.

Procedimentos

Inicialmente, foram obtidos de cada um dos participantes dados pessoais e antropométricos. Os participantes vestidos com calça de lycra, meias e camisa da cor preta tiveram fixados no hemitórax do lado direito marcadores passivos (Zatziorsky, 1998) no maléolo lateral (articulação do tornozelo) e no trocânter maior (articulação do quadril). As cordas eram de cor preta, de polipropileno, com um marcador de isopor branco no centro. Todas possuíam o mesmo comprimento, sendo que a diferença de peso foi determinada pela adição de

chumbos ao longo da corda. A corda de número 1 pesava 180g. A corda de número 2 pesava 255g, ou seja, 75g a mais que a corda 1. Este peso adicional foi alcançado através da fixação de 3 chumbos, de 25g cada, com fita isolante, equidistantes ao longo da corda. Já a corda de número 3 pesava 330g (150g a mais que a corda 1). Este peso foi alcançado com a adição de 6 chumbos, de 25g cada, e afixados na corda da mesma forma como feito na corda 2. Nas cordas com peso adicional o peso central ficava dentro do marcador de isopor branco. Os pesos da corda foram definidos em estudo piloto e representavam aproximadamente 40 e 80% do peso da corda.

A tarefa consistia da execução de uma seqüência de trinta saltos no pular corda com a corda batida pelo próprio participante, em três diferentes condições relativas ao peso da corda: 1) A frequência de batida de corda era de livre escolha do executante, com peso de 180g; 2) com peso de 255g; 3) com peso de 330g. A ordem de execução das condições foi contrabalanceada entre os sujeitos, sendo que metade dos participantes realizaram as condições 1, 2 e 3, respectivamente, e a outra metade as condições 3, 2 e 1, respectivamente. Intervalo de 2 minutos para descanso entre as seqüências de salto foi fornecido. Para cada condição o executante reiniciaria tantas vezes quantas necessárias para completar os trinta saltos. A partir de uma vista lateral, o desempenho dos participantes foi registrado com duas câmeras de vídeo digital com frequência de captura ajustada para 120 Hz.

Para o tratamento dos dados registrados em vídeo foi utilizado o programa DVIDEOOW 4.0 (Barros, Brenzikof, Leite & Figueroa, 1999) de modo que para a análise das imagens, foram capturadas as seqüências desejadas, que foram armazenadas no computador em formato AVI (audio video interlace). A seguir foi realizado o desentrelaçamento destas imagens (separação dos campos), permitindo assim a obtenção de imagens nítidas, com frequência de 120 Hz. Na seqüência, foi realizada a digitalização dos marcadores (corda, articulação do tornozelo e articulação do quadril) para obtenção dos valores para o cálculo das variáveis dependentes do estudo. A digitalização da marca passiva do primeiro quadro foi feita manualmente com o mouse e a partir do segundo quadro através do software Dvideoow pela opção "Tracking" automático, que se utiliza de algoritmos matemáticos. Devido às dificuldades de medição automática em toda a seqüência de quadros (no pular, por exemplo, geralmente ocorre a passagem do braço encobrindo a marca passiva colocada na articulação do quadril), a medição semi-automática

foi utilizada, recurso disponível no software. Além das imagens das performances, as imagens dos calibradores também foram digitalizadas, identificando os pontos a serem utilizados como referência.

O processo utilizado para a reconstrução tridimensional foi o "Direct Linear Transformation" (Barros, Brenzikofer, Leite & Figueroa, 1999); O processo de reconstrução fornece em forma de matriz, as coordenadas espaciais tridimensionais (x, y e z) de cada marcador, quadro a quadro. Neste estudo, foi definido o eixo "y" orientado no sentido vertical, o eixo "x" orientado no sentido horizontal e perpendicular ao eixo "y" (paralelo ao posicionamento das câmeras), e o eixo "z" foi definido como produto vetorial de "x" por "y". Para cálculo das variáveis dependentes do estudo foram utilizados os valores do deslocamento vertical (eixo "y"). Posteriormente o conjunto de dados obtido no processo de reconstrução foi suavizado via filtro digital Butterworth, quinta ordem, na frequência de corte de 5 Hz definida pelo método de Winter (1990), para separar os sinais dos ruídos e as possíveis discrepâncias dos valores das coordenadas espaciais.

O presente estudo teve como objetivo verificar alterações no controle do pular corda quando da execução da habilidade com cordas de pesos diferentes. Segundo Newell (1986), a coordenação e o controle das tarefas motoras resultam de uma intrínseca relação entre tarefa, organismo e ambiente. Utilizando cordas de diferentes pesos, manipulamos as restrições da tarefa, mantendo inalteradas as restrições ambientais e do organismo. Como a coordenação e o controle das tarefas motoras resultam da intrínseca relação entre tarefa, organismo e ambiente, a alteração de um elemento deveria provocar alguma alteração na relação entre os elementos. Utilizamos cinco variáveis dependentes para captarmos as possíveis alterações no modo de controle na execução do pular corda, sendo elas:

Fase Relativa Contínua (FRC): A fase relativa contínua, expressa em graus, foi definida neste estudo como sendo a diferença de fase entre dois sinais oscilatórios, ou seja, o ponto de adiantamento de um sinal em relação ao outro dentro do mesmo ciclo. Esta variável capta a relação espaço-temporal entre a corda e salto. A FRC foi calculada seguindo o modelo proposto por Kelso, Scholz & Schöner (1986):

$$FRC = \varphi_{\text{corda}} - \varphi_{\text{tornozelo}}$$

Sendo que " φ_{corda} " corresponde ao espaço de fase da corda e " $\varphi_{\text{tornozelo}}$ " ao espaço de fase do tornozelo.

O cálculo da FRC no presente estudo foi desenvolvido em linguagem Matlab. Primeiramente foi utilizada a função "hilbert", que transformou os dados discretos em contínuos, sendo que neste processo foram adicionados números complexos na matriz. Para o cálculo do espaço de fase foi utilizada a função "angle", que calcula o espaço de fase, em radianos, de uma matriz com elementos complexos. Para solucionar o problema da redundância em "pi" e "2pi" foi utilizada a função "unwrap" e para transformação dos dados de radianos para graus, os mesmos foram multiplicados por 180/pi. Posteriormente, foi realizada a subtração entre o espaço de fase da corda e o espaço de fase do tornozelo, ponto a ponto. A Figura 1 apresenta o deslocamento vertical da corda e tornozelo numa seqüência de saltos e os valores da FRC.

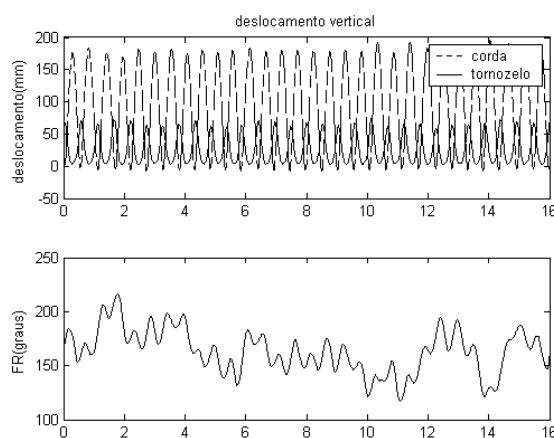


Figura 1: Deslocamento vertical da corda e tornozelo durante uma seqüência no pular corda (painel superior) e FRC desta mesma seqüência (painel inferior).

Intervalo Temporal. Consiste no intervalo entre o momento de perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés. É uma medida temporal que expressa a relação corda e salto. O intervalo temporal expressa a antecipação temporal realizada pelo executante para a passagem da corda sob os pés. Para o cálculo do intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés do executante, foi contado o número de quadros da perda de contato dos pés com o solo até a passagem da corda sob os pés do executante no eixo vertical e a seguir tal número foi multiplicado por 0,008s (duração em segundos de cada quadro). A Figura 2 apresenta uma representação para obtenção desta medida.

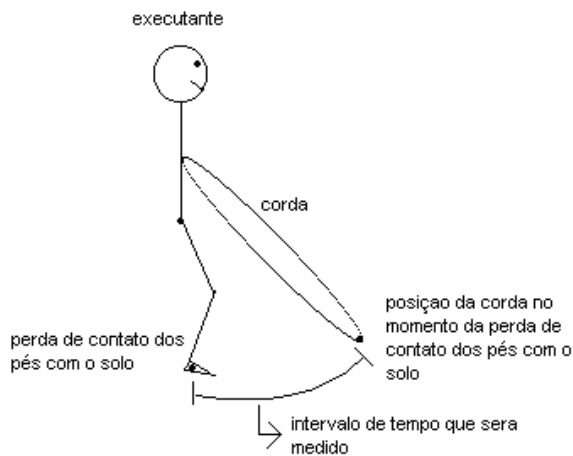


Figura 2: Representação esquemática dos eventos para o cálculo do intervalo temporal.

Frequência de Batida da Corda. Para obtenção da frequência de batida da corda, primeiramente era contado o número de quadros que correspondia à série de saltos analisada. O número de quadros da série era então dividido pelo número de ciclos da mesma, obtendo-se a média de quadros por ciclo, que, por sua vez, era multiplicado por 0,008 (duração em segundos do quadro), para determinação da duração de 1 ciclo em segundos. Para obtermos o valor da frequência de batida da corda em Hz, dividimos 1 pelo valor do ciclo em segundos. A duração do quadro em segundos (0,008s) foi obtida com base na frequência de captura da câmera digital, ou seja, 120 Hz. Dividimos 1 segundo pela frequência de captura obtendo a duração de cada quadro em segundos.

Altura do Salto. Para obtenção da altura do salto (AS) foi verificada a altura máxima atingida pela marca do quadril (X) em cada ciclo de cada tentativa. Para normalização da altura, foi subtraído o valor da altura da marca do quadril com o participante na posição ereta (Y) da altura máxima atingida pela marca do quadril durante o salto na execução da tarefa. Dessa maneira, a altura do salto foi encontrada pelo algoritmo $AS = X - Y$. A Figura 3 apresenta uma representação do procedimento para obtenção desta variável. Para análise estatística foi obtida a média da altura do salto em cada condição.

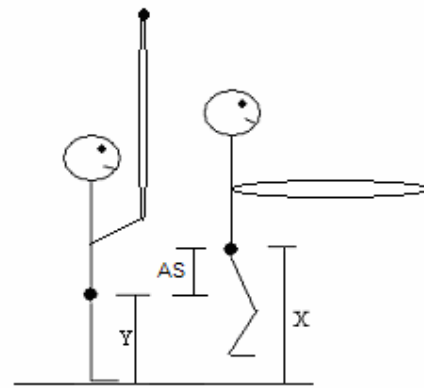


Figura 3: Representação das medidas para o cálculo da altura do salto. AS = altura do salto, X = altura máxima atingida na fase de vôo e Y = distância da marca fixada no trocanter maior à superfície de contato com o participante na posição ereta.

Altura da Corda. Para obtenção da altura da corda (AC), foi adotado procedimento semelhante ao da obtenção da altura do salto, ou seja, foi subtraído o valor da altura do participante na posição ereta (B) do valor máximo atingido na altura da corda em cada ciclo da seqüência do pular corda (A). Desta maneira a altura da corda foi encontrada pelo algoritmo $AC = A - B$. A Figura 4 apresenta uma representação do procedimento adotado. Para análise estatística, foi obtida a média da altura da corda em cada condição.

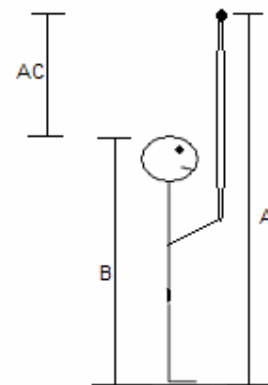


Figura 4: Representação das medidas para o cálculo da altura da corda. AC=altura da corda. A=altura máxima atingida pela corda e B=altura do participante.

Análise estatística

A análise estatística envolveu a realização de cinco análises de variância (ANOVAs) com medidas repetidas no fator peso da corda (3) e

tendo as seguintes variáveis dependentes: FRC, intervalo temporal, frequência de batida da corda, altura da corda e altura do salto. Em cada uma das ANOVAs, quando necessário, foi utilizado o teste a posteriori de *Scheffé*. Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o programa estatístico *Statistic for Windows* - Versão 4.3 e o nível de significância foi mantido em 0,05.

Resultados

Os resultados da fase relativa contínua, altura do salto, altura da corda, frequência da batida da corda e intervalo temporal são apresentados na Tabela 1. Como pode ser observado, os valores da FRC se mantiveram relativamente estáveis nas três

condições ($F_{(2,14)}=2,183$, $p=0,15$). Do mesmo modo, o intervalo temporal da relação corda salto, não se alterou diante das mudanças no peso da corda ($F_{(2,14)}=2,336$, $p=0,13$).

Com relação à altura do salto ($F_{(2,14)}=1,842$, $p=0,19$) e altura da corda ($F_{(2,14)}=0,394$, $p=0,68$), novamente os resultados apontaram nenhuma mudança diante das alterações no peso da corda. Diferentemente, na variável frequência de batida da corda ANOVA alcançou nível de significância ($F_{(2,14)}=4,599$, $p<0,02$). O teste a posteriori de *Scheffé* indicou que a média da frequência da batida da corda na condição 1 (peso de 180g) foi maior do que na condição 2 (peso de 255g).

TABELA 1. Média, desvio padrão e nível de significância das variáveis dependentes (FRC = Fase Relativa Contínua; IT = Intervalo Temporal; FBC = Frequência de Batida da Corda; AC = Altura da Corda; AS = Altura do Salto) em função da condição.

CONDIÇÃO							
Variável	Peso 1		Peso 2		Peso 3		p
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
FRC (graus)	170,92	11,99	171,01	11,59	182	13,37	0,15
IT (s)	0,18	0,04	0,19	0,03	0,17	0,04	0,13
FBC (Hz)	1,91	0,2	1,85	0,19	1,88	0,2	0,02*
AC (cm)	24,07	11,84	22,64	9,96	21,61	12,4	0,68
AS (cm)	21,91	5,74	22,68	6,37	22,24	6,2	0,19

* $p<0,05$

Discussão

O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito da manipulação de restrição da tarefa (Newell, 1986) na execução do pular corda. Em específico, a manipulação consistiu no uso de cordas com três pesos diferentes. Para alcançar o objetivo proposto foram selecionadas variáveis relacionadas com a trajetória da corda e movimentação corporal para execução da tarefa com sucesso: altura da corda, altura do salto, frequência da corda, fase relativa contínua e intervalo temporal. De forma geral, os resultados indicaram que a manipulação do peso da corda não

levou a mudanças nem na altura da corda em relação a cabeça, nem na altura do salto, nem na relação corda salto, expressa pela FRC e pelo intervalo temporal. Foi exatamente nos ajustes da frequência de realização desta habilidade motora, que o sujeito fez os ajustes para compensar o peso da corda.

A altura do salto no pular corda foi investigada por Silva (2004) em diferentes padrões do saltar e frequências de batida da corda. Os resultados indicaram menor altura do salto na condição de alternância do suporte dos pés no solo em comparação com a condição de apoio simultâneo dos pés no solo, levando o autor a sugerir menor gasto energético. Tais resultados corroboraram com

os resultados de Pittenger, Mccaw e Thomas (2002) e Silva, Bueno e Pellegrini (2003). No primeiro estudo, os executantes apresentaram um maior tempo de voo no padrão de saltar com apoio simultâneo dos pés do que no padrão com apoio alternado, sugerindo uma maior altura no salto para o padrão de saltar com apoio simultâneo. No segundo estudo, os resultados mostraram maior força de reação no solo e, conseqüentemente, maior altura no salto com apoio simultâneo dos pés do que no padrão de apoio alternado dos pés. O padrão das forças musculares e as forças reativas (Bernstein, 1967) são diferentes nestes dois padrões, o que gera alturas diferentes no saltar ao pular corda.

Com relação a altura dos saltos em diferentes frequências de batida da corda, os resultados do estudo de Silva (2004) mostraram que a média da altura dos saltos foi maior na frequência de 1,7 Hz do que na frequência de 1,5 Hz, mas nenhuma das duas foi diferente da altura do salto na frequência de 1,9 Hz. Não há ainda na literatura um consenso sobre a relação entre a altura do salto e a frequência de batida da corda. Em estudo realizado por Carvalho e Pellegrini (2006), a altura dos saltos foi menor na frequência mais alta, sendo que os participantes executavam o pular corda nas frequências de 1,4; 1,6 e 1,8 Hz de batida da corda.

A altura da corda, no entanto, não tem sido citada nos estudos sobre o pular corda, com exceção do estudo de Bueno (2004), que analisou esta variável no desempenho do pular corda por diferentes grupos etários. Os resultados mostram que, de modo geral, os participantes adultos executaram o pular corda na frequência de 1,6 Hz, numa altura média da corda de 32 cm. Como pode ser verificado nos resultados do presente estudo (Tabela 1), a altura média da corda foi semelhante ao relatado por Bueno (2004). Permanece uma lacuna sobre alterações na altura da corda quando a frequência da corda é manipulada experimentalmente.

Uma outra variável de interesse no estudo do pular corda se refere a relação espacial e temporal entre a corda e o salto. Por exemplo, a FRC foi a variável empregada no estudo de Silva (2004) que focalizou a frequência de batida da corda. Oito voluntários executaram o pular corda em três frequências: 1,5; 1,7 e 1,9 Hz. A média da FRC não foi diferente entre as frequências, sendo elas: 168,38°, 165,93° e 171,23° respectivamente para as frequências de 1,5; 1,7 e 1,9 Hz. Se compararmos os valores das médias da FRC do estudo de Silva (2004) e os valores do presente estudo (170,92°, 171,01° e 182,00°) verificaremos que eles são relativamente próximos. Como as variações na

frequência e no peso da corda não levaram a diferenças na FRC, então estes resultados sugerem que a FRC não é uma variável suficientemente sensível para captar os ajustes na execução desta habilidade motora. Isto significa que, independentemente da frequência de batida da corda e do peso da mesma, existiria uma amplitude da FRC relativamente estável na qual o executante precisa estar para executar com sucesso esta habilidade motora.

A organização espaço temporal no pular corda em diferentes padrões de saltar foi focalizada em estudo realizado por Silva e colaboradores (2003), no qual a fase relativa discreta (FRD) foi a variável dependente utilizada. Neste estudo, menores valores da FRD foram obtidos na condição com apoio alternado dos pés no solo quando comparado com a condição com apoio simultâneo dos pés. Este resultado pode ser devido ao procedimento utilizado para cálculo da FRD que é diferente do utilizado para cálculo da FRC. A principal diferença entre esses dois procedimentos está no número de pontos utilizados para o cálculo da fase relativa. Para cálculo da FRD no pular corda, são utilizados apenas os valores do pico máximo da altura da corda e tornozelo, dentro de cada ciclo. Para cálculo da FRC são utilizados dados momento a momento da corda e do tornozelo. Segundo Kelso, Scholz e Schöner (1986), o baixo número de dados (pontos) utilizados para o cálculo da FRD pode "mascarar" o comportamento da fase relativa quando no estudo da coordenação bimanual, o que consideramos também se aplica quando do estudo do pular corda.

Além da FRC, utilizamos neste estudo o intervalo temporal entre a perda de contato dos pés com o solo e a passagem da corda sob os pés do executante como forma de obter informações da relação salto e corda. Em estudo realizado por Silva (2004) o intervalo temporal entre diferentes frequências e padrões de salto no pular corda foi investigado. Os resultados mostraram que na condição com apoio simultâneo dos pés o intervalo temporal é maior do que na condição com apoio alternado, sugerindo que quando os participantes executam o pular corda com apoio alternado dos pés, eles atrasam mais a retirada do pé de apoio do solo até a chegada da corda do que na condição com apoio simultâneo. Entretanto, esta variável é relativamente constante nas frequências investigadas por Silva (2004). Este resultado é muito interessante pois mostra que a posição da corda no momento em que o participante perde o contato com o solo, não é a mesma nas diferentes frequências. O sucesso na execução do pular corda depende, portanto, da percepção do tempo que a

corda vai levar para chegar ao pé do executante, tempo este que é constante. Semelhantes resultados na invariância do intervalo temporal em diferentes frequências foram observados no estudo de Bueno, Carvalho e Pellegrini (2003).

Uma vez que no presente estudo os participantes eram livres para escolher a frequência da batida da corda com diferentes pesos, o fato desta variável ter valores estatisticamente diferentes indica que o executante ajusta a frequência da corda em função do peso da mesma ainda que estes ajustes não sejam linearmente relacionados com o peso da corda. A diferença no peso da corda foi constante (75g) entre as condições (1 - 2 e 2 - 3). Conforme os resultados apresentados, a frequência na condição 1 foi maior do que na condição 2, porém ambas não foram diferentes da condição 3. Convém realçar que, todos os participantes diminuíram a frequência da batida da corda da condição 1 para a condição 2.

No seu conjunto, os resultados do presente estudo sugerem que quando o peso da corda é alterado, os ajustes necessários para o controle da tarefa podem estar nos membros superiores, pois os mesmos são os responsáveis pela aplicação de força na corda, definindo a trajetória da mesma. Este mecanismo de controle leva, portanto, a alteração na frequência da corda. Em resumo, o executante aumenta (ou diminui) o ritmo com que a corda é batida e ajusta o momento do início do salto com base na informação da trajetória da corda que ele mesmo impõe. Assim, a frequência da corda controlada pelo próprio executante responderia à alteração no peso da corda manipulada neste estudo.

Considerações Finais

O presente estudo mostra que a alteração do peso da corda não interferiu na relação entre os dois ciclos oscilatórios no pular corda (corda e salto) sendo que a fase relativa contínua e o intervalo temporal não se alteraram com a manipulação da restrição da tarefa. O delineamento experimental do presente estudo também não provocou modificações em algumas características cinemáticas do pular corda, como a altura do salto e altura da corda. Entretanto, diferenças foram encontradas na frequência de batida da corda, sugerindo que alterações no peso da corda podem solicitar ajustes a serem realizados pelos membros superiores. Como a corda é controlada diretamente pelas mãos e braços, os mecanismos de ajustes podem estar no número e frequência de recrutamento das unidades motoras destes

membros, podendo provocar diferenças na frequência da batida da corda.

A execução do pular corda exige um alto grau de coordenação pois na execução desta habilidade motora deve ocorrer uma perfeita sincronização entre a realização do salto com a passagem da corda sob os pés. No entanto, depois que a coordenação necessária para a execução desta tarefa é adquirida com a prática, os membros superiores são os responsáveis pelos ajustes necessários para se manter o padrão de movimento quando são impostas restrições na tarefa, em específico, no peso da corda.

Este estudo abre novas perspectivas para o estudo de habilidades motoras complexas, como ficou evidente no estudo do pular corda. Em particular, acreditamos que, o peso da corda deva ser melhor explorado, pois há indicativos de que sua manipulação possa esclarecer o uso da informação háptica no controle motor. Além disso, acreditamos que análises do deslocamento da mão durante a execução do pular corda e registros da atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos dos membros superiores poderiam ampliar o leque de informações sobre o controle desta habilidade motora de aparente simplicidade de execução, mas com alto grau de complexidade de coordenação e controle dos movimentos.

Referências

- Andrade, E. C., Carvalho, W. R. G. & Pellegrini, A. M. (2001). Informação proprioceptiva no pular corda. In: Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 24, São Paulo. *Anais... XXIV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte: vida ativa para o novo milênio*. São Paulo, 179.
- Barreto, S. M. G. (2000). *Estabilidade na organização temporal relativa do pular corda*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 121f.
- Barros, R. M. L., Brenzikofer, R., Leite, N. J. & Figueroa, P. (1999). Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 15(1-2), 79-86.
- Bernstein, N.A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. London: Pergamon Press.
- Bueno, F. C. R. (2004). *Padrão de coordenação do pular corda: um estudo desenvolvimental*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 101f.

- Bueno, F. C. R., Carvalho, W. R. G. & Pellegrini, A. M. (2003) Variabilidade no pular corda em função da frequência de corda. In: 3º Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana e IX Simpósio Paulista de Educação Física. *Anais...* Rio Claro, p. S159-S159.
- Carvalho, W. R. G. & Pellegrini, A. M. (2006). O padrão do pular corda sob diferentes condições de informação sensorial. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, *1*(1), 64-72.
- Carvalho, W.R.G., Andrade, E.C. & Pellegrini, A.P. (2001). A natureza da Informação Sensorial no Pular Corda. In: Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 24, São Paulo. *Anais...* XXIV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte: vida ativa para o novo milênio. São Paulo, 143.
- Carvalho, W. R. G., Bueno, F. C. R., Silva, L. H. & Pellegrini, A. M. (2003). Auto-Organização no Pular Corda: Informação para a ação. In: VII Colóquio Internacional Michel Debrun, Campinas. *VII Colóquio Internacional Michel Debrun*, *1*, 4.
- Kelso, J. A. S., Scholz, J. P. & Schöner, G. (1986). Nonequilibrium phase transition in coordinated biological motion: critical fluctuations. *Physics Letters.*, *118*(6), 279-284.
- Llobet, A. C. (1998). *Gimnasia Ritmica Desportiva: teoría y práctica*. Barcelona: Editorial Paidotrebo.
- Newell, K. M. (1986) Constraints on the development of coordination. In: M. G. Wade & H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: aspects of coordination and control*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 341-360
- Pellegrini, A. M., Bueno, F. C. R., Silva, L. H. & Carvalho, W. R. G. (2003). Rope jumping performance: flexibility in the temporal coupling. In: NASPSPA Conference, Savannah, *Journal of Sport & Exercise Psychology*. *25*, S108.
- Pitreli, J. & O'shea, P. (1989). Pular corda: A biomecânica, técnica e a aplicação no condicionamento físico. *Sprint*, *1*(3), 6-16.
- Pittenger, V. M.; Mccaw, S. T & Thomas, D. Q. (2002) Vertical Ground Reaction Forces of Children During One- and Two-Leg Rope Jumping. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *73*(4), p.445-449,
- Silva, L. H. (2004). *A estabilidade do pular corda em diferentes padrões motores de saltar*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 117f.
- Silva, L. H.; Bueno, F. C. R.; Carvalho, W. R. G & Pellegrini, A. M. (2003) Padrões motores no pular corda: sincronização com estímulo externo. In: 7º Colóquio Internacional Michel Debrun: Novas tendências das ciências cognitivas no século XXI. *Anais...* Campinas: IFCH.
- Silva, L. H.; Bueno, F. C. R. & Pellegrini, A. M. (2003) Comportamento da força de reação do solo no ato de pular corda em diferentes bases de suporte. . In: 3º Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana e IX Simpósio Paulista de Educação Física. *Anais...* Rio Claro, p. S158-S159.
- Silva, L. H., Bueno, F. C. R. & Pellegrini, A. M. (2004). Stability of Rope Jumping Patterns: Relative Phase and Height of the Jump. In: NASPSPA Conference, 2004, Vancouver. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, *26*, S174.
- Weineck, J. (1999). *Treinamento Ideal*. São Paulo, SP: Manole.
- Winter, D. A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*, 2 Ed., New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Zatsiorsky, V. M. (1998). *Kinematics of human motion*. Champaign: Human Kinetics.

Endereço para correspondência:

Luiz Henrique da Silva
 Av. 24, 868, Rio Claro, SP
 CEP 13506-780
 e-mail: professor_lhsilva@hotmail.com

Submetido: 17 de Agosto de 2007.

Revisado: 18 de Dezembro de 2007.

Aceito: 12 de Janeiro de 2008.