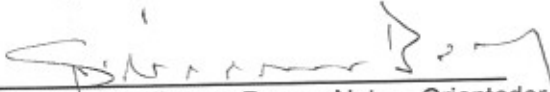


ROBERTA DE OLIVEIRA

Este exemplar corresponde à versão final da Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Médicas da FCM/UNICAMP, para obtenção do título de Doutor em Ciências Médicas, área de concentração em Ciências Biomédicas, da aluna Roberta de Oliveira, RA: 028358. Campinas, 24 de outubro de 2008.



Prof. Dr. Antonio Guilherme Borges Neto – Orientador

**AVALIAÇÃO E TREINAMENTO DE ALCANCE
COM RESTRIÇÃO DE TRONCO EM PACIENTES
HEMIPARÉTICOS PÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL**

CAMPINAS

Unicamp

2008

ROBERTA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO E TREINAMENTO DE ALCANCE
COM RESTRIÇÃO DE TRONCO EM PACIENTES
HEMIPARÉTICOS PÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL**

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da
Faculdade de Ciências Médicas da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do título de
Doutor em Ciências Médicas, área de concentração
em Ciências Biomédicas.

CAMPINAS

Unicamp

2008

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA UNICAMP**

Bibliotecário: Sandra Lúcia Pereira – CRB-8ª / 6044

OL4a	Oliveira, Roberta de Avaliação e treinamento de alcance com restrição de tronco em pacientes hemiparéticos pós acidente vascular cerebral / Roberta de Oliveira. Campinas, SP : [s.n.], 2008. Orientador : Antonio Guilherme Borges Neto Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. 1. Reabilitação. 2. Membros superiores. 3. Cinemática. I. Borges Neto, Antonio Guilherme. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.
------	---

**Título em inglês : Evaluation and reaching training with trunk restraint in
post-stroke hemiparetic patients**

Keywords: • Rehabilitation
• Upper limb
• Kinematic

Titulação: Doutor em Ciências Médicas
Área de concentração: Ciências Biomédicas

Banca examinadora:

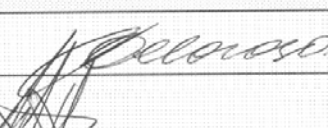
Prof. Dr. Antonio Guilherme Borges Neto
Prof. Dr. Frederico Tadeu Deloroso
Profa. Dra. Anamarli Nucci
Prof. Dr. Ricardo Ramina
Prof. Dr. Yvens Barbosa Fernandes

Data da defesa: 24 - 10 - 2008

Banca examinadora da Tese de Doutorado
Roberta de Oliveira

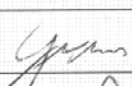
Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Antonio Guilherme Borges Neto

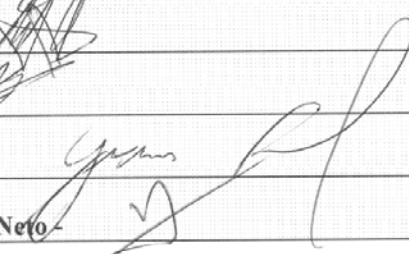
Membros:

1. Prof. Dr. Frederico Tadeu Deloroso - 

2. Prof. Dr. Ricardo Ramina - 

3. Profa. Dra. Anamarli Nucci - 

4. Prof. Dr. Yvens Barbosa Fernandes - 

5. Prof. Dr. Antonio Guilherme Borges Neto - 

Curso de pós-graduação em Ciências Médicas da Faculdade de Ciências Médicas da
Universidade Estadual de Campinas.

Data: 24/10/2008

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Lúcia e Tarciso, que incondicionalmente me apoiaram e acreditaram na realização deste sonho.

A minha avó Cinira, pelas orações e pela confiança em mim depositada.

A minha irmã Renata, meu cunhado Neudair e ao meu sobrinho João Henrique, que constantemente me estimularam e me proporcionaram momentos de extrema alegria durante esta jornada.

Ao meu namorado Enio, minha mais preciosa fonte de energia, que com sua paciência e sabedoria me auxiliou a vencer as etapas mais difíceis deste processo.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora das Graças, pelas incontáveis bênçãos recebidas e pelo amparo nas horas mais difíceis.

Ao Professor Dr. Guilherme Borges, grande mestre e amigo, que com sua dedicação e competência, proporcionou-me uma excelente orientação não só no âmbito acadêmico mas também nas questões relacionadas à Vida, conduzindo-me sempre ao melhor caminho.

À minha amiga e fiel confidente Marla Curty Vivas, que me mostrou o significado da verdadeira amizade, que me amparou nas noites mal dormidas, me apoiou em todas as minhas decisões e proporcionou-me momentos muito felizes durante os anos em que moramos juntas.

Aos inesquecíveis e verdadeiros amigos, àqueles que foram minha segunda família e que, sem dúvida, sempre estiveram ao meu lado.

À incrível Professora Ms. Elem Marta Torello, meu espelho profissional, por não ter medido esforços para engrandecer minha vida acadêmica e científica.

Ao Professor Dr. Alberto Cliquet Jr, pelas oportunidades oferecidas, pela contribuição ao enriquecimento de minha experiência científica e, principalmente, pela confiança em mim depositada.

Ao amigo Dr. Rodrigo Lício Ortolan, que com sua humildade, paciência e imenso conhecimento, contribuiu de forma significativa no trabalho dos dados da tese.

Aos companheiros do Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor, pelo apoio e pelas alegrias vivenciadas.

Aos Professores Dr. Yvens Barbosa Fernandes, Dr. Ricardo Ramina e Dr. Edmur Franco Carelli, pelas importantes considerações no exame de qualificação.

Aos funcionários do Setor de Fisioterapia e Terapia Ocupacional do Hospital de Clínicas da Unicamp, em especial à Dra Ivete Alonso Breda Saad e à Dra Mariângela Martins de Carvalho por terem cedido o espaço para a realização do treinamento dos pacientes.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte financeiro.

À secretária do Departamento de Neurologia, Cecília Hirata Godoy, pela importante colaboração e disponibilidade em todos os momentos necessários.

Aos queridos pacientes, que, com extrema dedicação, contribuíram para o sucesso do estudo.

"SONHOS são possibilidades esperando para se tornarem REAIS"

Carla Jolyn Carey

	PÁG.
RESUMO.....	<i>xix</i>
ABSTRACT.....	<i>xxiii</i>
INTRODUÇÃO GERAL.....	27
OBJETIVOS.....	45
CAPÍTULOS (Artigos).....	49
ARTIGO 1- Post-stroke motor and functional evaluations: a clinical correlation using Fugl-Meyer Assessment Scale, Berg Balance Scale and Barthel Index.....	51
ARTIGO 2- Improvements in the upper limb of hemiparetic patients after reaching movements training.....	59
ARTIGO 3- Benefits of the trunk restraint therapy associated with task-specific training in patients with longstanding hemiparesis after stroke.....	65
DISCUSSÃO GERAL.....	91
CONCLUSÃO GERAL.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	113
APÊNDICE.....	127

LISTA DE ABREVIATURAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
DCV	Doença cérebro-vascular
MAV's	Malformações arteriovenosas
AVD's	Atividades de Vida Diária
SNC	Sistema Nervoso Central
CR	Conhecimento de resultado
IB	Índice de Barthel
FM	Escala de Fugl-Meyer
EEB	Escala de Equilíbrio de Berg
RET	Retenção
GTR	Grupo com tronco restrito
GTL	Grupo com tronco livre
THMMS	Teste de habilidade motora do membro superior
ADL	Activities of daily living
BBS	Berg Balance Scale
BI	Barthel Index
TRG	Trunk restraint group
TFG	Trunk free group
PNF	Proprioceptive neuromuscular facilitation

RESUMO

O acidente vascular cerebral (AVC) é reconhecido como uma das maiores causas de morbidade e mortalidade. Sequelas decorrentes deste evento podem levar à incapacidade motora e déficits de leves a severos. Para classificar melhor a disfunção sensitivo-motora, o equilíbrio e as habilidades para as atividades de vida diária (AVD's), escalas de avaliações quantitativas e qualitativas estão sendo amplamente utilizadas. O objetivo do **Artigo 1** foi verificar a correlação existente entre a Escala de Fugl-Meyer (FM), Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) e Índice de Barthel (IB). Foram recrutados 20 pacientes com diagnóstico de AVC crônico, que passaram pelas avaliações por cerca de uma hora. Os resultados demonstraram que a FM se correlaciona positivamente com o IB e a EEB, mostrando que, quando utilizadas em conjunto, classificam de forma esclarecedora o quadro físico geral do paciente com AVC. Após o AVC, o comprometimento da função do membro superior é a seqüela mais comum, podendo ser permanente. Os movimentos de alcance feitos com o membro superior hemiparético são freqüentemente acompanhados por movimentos compensatórios de tronco e cintura-escapular. O uso da terapia de restrição de tronco visa evitar a movimentação compensatória de tronco, propiciando o desenvolvimento de padrões motores mais próximos do normal no braço afetado. Através do uso de escalas de mensuração clínica, foram observados os benefícios da terapia de restrição de tronco em 11 sujeitos com seqüela de AVC que passaram por 20 sessões de treinamento (**Artigo 2**). Em um segundo estudo (**Artigo 3**), 20 sujeitos foram recrutados e divididos em dois grupos de treinamento (20 sessões): Grupo com Tronco Restrito (GTR - treinamento de alcance com o tronco restrito) e o Grupo com Tronco Livre (GTL - treinamento de alcance sem restrição de tronco, enfatizando o uso da orientação verbal). O objetivo foi verificar os benefícios a longo prazo do treinamento de alcance tarefa-específica associado à terapia de restrição de tronco, utilizando como instrumentos de medida as escalas clínicas (Escala Modificada de Ashworth, FM, IB e EEB) e a avaliação cinemática do movimento (deslocamento, velocidade, angulação). As avaliações foram divididas em três momentos: a primeira foi realizada na admissão (PRÉ); a segunda, no final do período total de treinamento (PÓS) e a terceira, três meses após o término do tratamento (RET). O treinamento tarefa-específica associado à terapia de restrição de tronco (GTR) mostrou-se eficaz a longo prazo para a melhora dos movimentos articulares ativos de ombro e cotovelo, além de propiciar melhora no planejamento interno do movimento. Em contrapartida, o uso contínuo da restrição

provocou dependência aos pacientes e não foi eficaz na redução dos graus adicionais de liberdade (tronco) a longo prazo. Apesar do treinamento baseado em orientações verbais (GTL) ter sido mais eficaz na retenção do tronco, não houve melhora significativa nas amplitudes articulares voluntárias de membro superior. Acredita-se que os pacientes que passaram por este tipo de tratamento ficaram mais atentos ao recrutamento anormal de graus adicionais de liberdade e não exploraram de forma efetiva as combinações multiarticulares presentes membro superior.

ABSTRACT

Stroke is recognized as one of the major causes of morbidity and mortality. Sequels deriving from this event may lead to motor disability and from mild to severe deficits. In order to better classify sensory-motor dysfunction, balance and ability to perform activities of daily living (ADL), quantitative and qualitative evaluation scales have been used. The aim of **Article 1** was to verify the correlation between the Fugl-Meyer Assessment Scale (FM), Berg Balance Scale (BBS) and Barthel Index (BI). Twenty chronic stroke patients were submitted to an evaluation that spent approximately one hour. The results demonstrated that the FM was positively correlated with the BBS and BI, showing that when they are employed together, make it possible to design the general clinical performance of the stroke patient. After stroke, upper limb function impairment is the most common sequel that could lead to permanent dysfunction. Reaching movements made with hemiparetic upper limbs are often followed by compensatory trunk and shoulder-girdle movements. The use of the trunk restraint therapy aims at avoiding the compensatory trunk movement providing the development of normal motor patterns in the affected upper limb. The benefits of the trunk restraint therapy could be observed through the clinical measures scales in eleven stroke subjects that performed twenty training sessions (**Article 2**). In another study (**Article 3**), twenty patients were recruited and divided into two training groups (20 sessions): Trunk restraint group (TRG – reaching training with trunk restraint) and trunk free group (TFG – reaching training without trunk restraint, providing emphasis in the verbal cue). The aim was to verify the long term benefits of the task-specific training with trunk restraint using the clinical scales (Modified Ashworth Scale, FM, BI and BBS) and the kinematic analysis (displacement, velocity, angles) like evaluation tools. The evaluations were performed in three phases: the first, in admission time (PRE test); the second, after the end of the treatment (POST test); and the third, three months after the completed treatment (retention test – RET test). Task-specific training associated with the trunk restraint therapy (TRG) proved to be a long-term effective treatment in the enhancement of shoulder and elbow active joint range, as well as in the improvement of the internal planning of the movement. However, the continuous use of restraint may have caused dependence to the patients and was not efficient in long term reduction of the additional degrees of freedom (trunk). Although the verbal cue training (TFG) was more effective in the trunk retention, there was no significant improvement in the upper limb

joint ranges. Therefore patients who sustained this type of treatment developed more attention in the abnormal recruitment of the additional degrees of freedom, and did not efficiently explore the multi-joint combinations presented in the upper limb.

INTRODUÇÃO GERAL

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou Doença Cerebrovascular (DCV) indica qualquer anormalidade do cérebro resultante de um processo anatomopatológico nos vasos sanguíneos (Adams et al., 1998).

Etiologicamente, o AVC pode ser dividido em isquêmico e hemorrágico. As causas mais comuns dos eventos de origem isquêmica são as trombooses aterosclerótica ou embolia. A hemorragia hipertensiva é a causa mais comum de lesão hemorrágica, seguida dos aneurismas saculares e malformações arteriovenosas (MAV's) (Borges e Damasceno, 1988). A ruptura de um aneurisma cerebral leva a uma hemorragia secundária provocando sérios danos ao cérebro sadio (Borges e Gallani, 1997). Muitos pacientes que sobrevivem a este evento tornam-se incapacitados em executar determinadas tarefas e apresentam alto índice na redução da qualidade de vida (Bonilha et al., 2001).

Estudo realizado no Hospital das Clínicas da Universidade Federal do Paraná demonstrou que dos 164 casos de AVC analisados, 141 (86%) eram de origem isquêmica e 16 (9,75%) de origem hemorrágica, sendo que a principal etiologia para os eventos isquêmicos foi a aterotrombose (48,22%) e a hipertensão arterial sistêmica para os eventos hemorrágicos (37%). A grande maioria dos pacientes tinha histórico familiar de AVC (41,85%) (Zétola et al., 2001).

Alguns estudos demonstram um pico de incidência para o AVC de 10% em pacientes com idade inferior a 55 anos (Zétola et al., 2001), mas duplicando-se a cada década após os 55 anos (Adams et al., 1998).

Segundo a American Heart Association (2007), os principais fatores de risco que podem aumentar a propensão ao AVC são a alta taxa lipídica, diabetes melito, sobrepeso e obesidade, além do tabagismo e sedentarismo.

O estudo de Souza et al. (2006) demonstrou que entre os anos de 1981 e 2001 houve um declínio do risco de morte por AVC nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil, para ambos os sexos, na faixa etária de 30 a 65 anos. Este declínio pode ser reflexo de mudanças nos hábitos de vida que são considerados fatores de risco para o desenvolvimento da doença. Esta redução do risco de morte está associada apenas às

regiões mais desenvolvidas do Brasil e este decréscimo se apresenta de forma discreta e tardia, se comparada com outros países.

As doenças cerebrovasculares são a terceira causa de óbito em países desenvolvidos e a causa principal de sérias inabilidades a longo-prazo (American Heart Association, 2007), sendo precedidas somente pelo AVC e pelo câncer. Estatísticas recentes mostram que no Brasil é a primeira causa de óbito (Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares, 2001; Lessa, 1999).

O déficit neurológico reflete a localização e o tamanho do infarto ou da hemorragia. A hemiplegia sobressai como o sinal clássico de todas as doenças vasculares cerebrais (Damasceno e Borges, 1991); no entanto, existem outras manifestações que surgem em inúmeras combinações (afasia, alterações do campo visual, confusão mental, entre outras) (Brandstater, 2002).

Hemiparesia resultante de AVC é comumente associada com a redução nos números de projeções das fibras córtico-espinhais e córtico-bulbares (Dewald et al., 1995). Devido a estas projeções corticais carregarem instruções de movimentos voluntários para a medula, a perda da conectividade ou redução nessas vias pode resultar em padrões de movimentos estereotipados no lado contralateral (Brunnstrom, 1970).

O trato córtico-espinhal inclui neurônios do córtex motor primário (cerca de 50%), do córtex motor suplementar, das áreas pré-motoras e até mesmo do córtex somatossensitivo. As fibras descendem ipsilaterais ao córtex, atravessam a cápsula interna e na altura do bulbo, aproximadamente 90% das fibras cruzam para o lado contralateral formando o trato córtico-espinhal lateral. Apenas 10% das fibras permanecem descruzadas, formando o trato córtico-espinhal anterior (Shumway-Cook e Woollacott, 2003). No estudo de Weiller et al. (1993) foi detectada a ativação cortical bilateral das áreas motoras em pacientes pós-AVC enquanto os mesmos executavam a ação de encostar o polegar aos diferentes dedos da mesma mão, sugerindo que o trajeto córtico-espinhal anterior, ipsilateral ao hemicorpo afetado, pode contribuir para o controle do movimento após uma lesão cerebral.

Posteriormente ao AVC, o comprometimento da função de membro superior é uma das mais comuns seqüelas, limitando a autonomia do paciente nas atividades de vida diária (AVD's) e podendo levar a uma disfunção permanente (Nakayama et al., 1994). Três quartos dos AVC's ocorrem em região suprida pela artéria cerebral média. Como consequência, o membro superior será mais afetado em um grande número de pacientes (Feys et al., 1998).

Dentre as seqüelas sensório-motoras mais comuns que acometem o membro superior podemos citar a fraqueza de músculos específicos, tônus anormal, ajustes posturais anormais, movimentos sinérgicos anormais (Brunnstrom, 1970), falta de mobilidade entre estruturas da cintura escapular e perda da coordenação (Cirstea e Levin, 2000).

A espasticidade é um dos fatores limitantes para a recuperação do membro superior e está presente em 38 a 60% dos sujeitos com seqüelas de AVC (Watkins et al., 2002).

Um dos déficits mais característicos dos pacientes com AVC é a perda do acoplamento coordenado entre músculos e articulações sinérgicos entre si, principalmente dos membros superiores. Esta falta de acoplamento pode afetar a trajetória de movimentos de alcance, essenciais para o desenvolvimento de AVD's (Shumway-Cook e Woollacott, 2003).

Durante o alcance normal, os ângulos das articulações do cotovelo e do ombro mudam de uma forma muito suave e em ritmo sincronizado, buscando produzir um movimento harmônico de alcance, com uma trajetória de movimento consideravelmente reta e com um perfil de velocidade tangente evidenciado por um único pico no traçado do marcador do punho, em forma de sino (Cirstea et al., 2003). O tronco fornece a estabilidade necessária durante o transporte do braço até o alvo, além de participar também da velocidade e do trajeto da mão (Kaminski et al., 1995).

Após um AVC, os movimentos de alcance são caracterizados por uma maior segmentação temporal (múltiplos picos de velocidade) e espacial (trajetória do movimento do punho menos direta), além da diminuição na amplitude articular ativa de ombro e

cotovelo, coordenação interarticular ombro-cotovelo (padrões combinados de flexão de ombro e extensão de cotovelo) desconexa e aumento na movimentação de tronco (Cirstea e Levin, 2000; Oliveira et al., 2007).

Atualmente, em virtude das inúmeras possibilidades de programas de reabilitação, os profissionais da saúde necessitam de instrumentos de avaliação que possam ser utilizados como ferramentas confiáveis para a seleção de pacientes, para a monitorização do progresso durante a reabilitação bem como para estabelecer um prognóstico de recuperação e, assim, conseqüentemente, um critério de alta (Steege e Lankhorst, 1994). Em geral, as avaliações são feitas de forma qualitativa, o que não permite verificar o grau de comprometimento ou recuperação obtido nestes pacientes (Cacho et al., 2004).

Recentes instrumentos de avaliação, que são capazes de classificar o perfil neurológico de pacientes com seqüela de AVC, estão sendo amplamente difundidos no meio científico. Estes instrumentos auxiliam o profissional da saúde a mensurar o nível de comprometimento motor, sensitivo e funcional presente nestes sujeitos.

A Escala de Desempenho Físico de Fugl-Meyer (Fugl-Meyer et al., 1975), Escala de Equilíbrio de Berg (Berg et al., 1992), Índice de Barthel (Mahoney e Barthel, 1965) e o Teste de Habilidade Motora do Membro Superior – THMMS (Morlin et al., 2006) são alguns exemplos de escalas que são mais extensivamente divulgadas na área de reabilitação. Estas escalas são validadas quantitativamente e qualitativamente, fazendo delas confiáveis instrumentos de avaliação e prognóstico.

Alguns estudos como, por exemplo, o de Valach et al. (2003), focaram no objetivo de correlacionar escalas para que o paciente seja avaliado como um todo, pois não existe uma escala que avalie todos os comprometimentos motores que um indivíduo venha a ter. Porém, para que as escalas sejam aplicadas conjuntamente, há necessidade de que elas sejam testadas e que apresentem uma boa correlação entre si.

Sabe-se que as escalas de mensuração clínica não focam nas estratégias compensatórias de tronco e cintura escapular, bem como na amplitude articular de movimentos utilizados durante a execução da tarefa. A utilização de análise quantitativa do

movimento pode permitir avaliações acuradas da eficácia das técnicas de reabilitação (Krakauer, 2006).

A análise cinemática é um poderoso instrumento de mensuração que visa compreender o movimento da articulação associado às características temporais e espaciais da tarefa. O uso da cinemática pode conduzir o paciente a uma melhor intervenção clínica, contribuindo também para o estabelecimento da prática baseada em evidências (Durward et al., 2001). Diversos estudos, envolvendo pacientes com AVC (Messier et al., 2006; Wagner et al., 2007), lesados medulares (Laffont et al., 2000; Hoffmann et al., 2006), paralisia cerebral (Rönnqvist e Rösblad, 2007) e doenças ortopédicas (Levasseur et al., 2007), utilizam a cinemática como instrumento de análise e mensuração do movimento.

Alguns estudos em pacientes com AVC estão buscando correlacionar a avaliação clínica do comprometimento motor com os dados cinemáticos (Kamper et al., 2002; Cirstea e Levin, 2000). No estudo de Cirstea e Levin (2000), os padrões de movimento cinemático no AVC foram significativamente correlacionados com o nível de comprometimento motor, de forma que os mais graves tinham maior segmentação, maior variabilidade e menor acurácia e utilizavam mais enfaticamente as estratégias compensatórias de tronco, comparado com sujeitos de afecção moderada e leve.

Embora sejam amplamente utilizadas no processo de recuperação motora, algumas abordagens terapêuticas (Técnica Neurodesenvolvimental de Bobath, Terapia de Brunnstrom, Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (PNF)) possuem testes científicos inadequados, levando às controvérsias consideráveis sobre sua efetividade (Woldag e Hummelshein, 2002). Estas intervenções provocam a persistência de alguns déficits motores na fase aguda e são pouco responsivas na fase crônica pós-AVC (Ashburn et al., 1993; Mark e Taub, 2004).

Por outro lado, o desenvolvimento de muitas técnicas terapêuticas baseadas em evidência vem sendo amplamente estudado e objetivam, principalmente, as teorias que aperfeiçoam o aprendizado motor. Os recursos tecnológicos, o treinamento bilateral, a terapia do uso forçado e a terapia do espelho são alguns exemplos de técnicas de

reabilitação que focam nos déficits específicos dos pacientes e, desta forma, auxiliam na recuperação motora funcional.

A utilização de recursos tecnológicos apresenta-se em constante evolução em termos de pesquisas científicas, apresentando-se de forma bastante inovadora na área de robótica e na área de desenvolvimento de ambientes tridimensionais (realidade virtual). Os recursos tecnológicos devem ser utilizados em associação às técnicas de tratamento convencionais, facilitando de forma efetiva o processo de reabilitação (Harwin et al., 2006), aliviando o trabalho manual intensivo e aumentando a eficácia terapêutica (Lum et al., 2002).

A assistência robótica é oferecida por um sistema no qual um braço mecânico fornece a direção da trajetória, auxiliando ou restringindo os movimentos realizados pelo paciente. Geralmente, este sistema mecânico está associado a um *software* que fornece as diretrizes necessárias para determinadas terapias (Harwin et al., 2006).

Uma das grandes vantagens desta terapia é a possibilidade de adequar o tratamento a indivíduos com qualquer grau de comprometimento motor. O robô permite que o paciente execute padrões de movimentos completos e estereotipados, produzindo redução da assistência conforme o sujeito apresente ganhos (Lum et al., 2002).

O estudo de Lum et al. (2002) comparou o tratamento robótico ao tratamento convencional (técnicas de neurodesenvolvimento) na realização de movimentos proximais de membro superior e observou que a prática assistida pela robótica apresentou melhores resultados quando comparada à terapia convencional, em termos de comprometimento motor proximal, força, extensão do alcance e funcionalidade. Porém, no teste de retenção (após seis meses do término da terapia), o grupo convencional continuou a apresentar melhoras, principalmente para as AVD's, enquanto o grupo robótica apenas manteve os ganhos obtidos com a terapia. Acredita-se que isto tenha ocorrido devido à facilidade de transferência dos exercícios convencionais para as tarefas domiciliares, ao passo que a aplicação dos exercícios robóticos em domicílio fica inviável (Lum et al., 2002).

Mais recentemente, os ambientes virtuais vêm sendo utilizados para a melhora da recuperação motora em AVC. Através de técnicas computadorizadas, estes ambientes criam situações similares à realidade e fornecem informações sensoriais diversas, através de sensores especializados, permitindo a interação do paciente com o sistema virtual (Broeren et al., 2004). As informações sensoriais especializadas (*feedback* visual e auditivo, força, tato) permitem que o paciente manipule diferentes objetos, com pesos e texturas distintas, experimentando assim diversas situações do cotidiano de forma muito semelhante ao ambiente real.

Além de possibilitar ao paciente o treinamento de tarefas, às vezes desconhecidas, em um ambiente seguro, a realidade virtual possui ainda outras inúmeras vantagens como a manipulação de *feedback* intrínseco e extrínseco, o treino de reações motoras específicas a mudanças inesperadas (Liebermann et al., 2006) e a progressão de exercícios repetitivos (Edmans et al., 2006).

A motivação é um dos fatores que mais contribuem para o sucesso do tratamento. Isto ocorre pela interação existente entre paciente-máquina, proporcionando ao sujeito participação ativa no processo de reabilitação. Sabe-se que a motivação e a demanda de atenção são condições imprescindíveis para a otimização da recuperação motora em pacientes neurológicos (Merians et al., 2006). Liebermann et al. (2006) concluíram que a motivação é reflexo das inúmeras informações sensoriais fornecidas pelo ambiente virtual.

Uma das desvantagens do sistema virtual é que a distorção da realidade pode induzir os movimentos adaptativos errôneos e, assim, a mudanças indesejáveis (Harwin et al., 2006). Ocorre um engano entre os sistemas visual e vestibular, gerando forte sensação de náusea (Liebermann et al., 2006).

No córtex sadio, o equilíbrio da interação entre os hemisférios cerebrais, via corpo caloso, é necessário para a produção de movimentos voluntários normais (Ferber et al., 1992). Após uma lesão unilateral, ocorre uma modificação deste equilíbrio resultando em hiperexcitabilidade do córtex motor não afetado (Shimizu et al., 2002). O hemisfério intacto passa a exercer ação inibitória sobre o hemisfério lesado, provocando assim o fenômeno denominado inibição inter-hemisférica (Murase et al., 2004).

Algumas formas de tratamento foram desenvolvidas baseadas na teoria descrita acima e assumem a hipótese de que se houver uma modulação na excitabilidade da região motora intacta ou afetada poderá haver benefícios para a função motora (Kapur, 1996). As principais abordagens são o treinamento bilateral, a terapia do espelho, anestesia periférica e estimulação magnética transcraniana.

O treinamento bilateral consiste na realização de movimentos bilaterais simétricos com o objetivo de ativar grupos musculares homólogos simultaneamente e, assim, provocar ativação de redes neurais similares em ambos os hemisférios (Cauraugh e Summers, 2005). A execução de tarefas bilaterais simétricas pode levar à ativação de ambos os hemisférios ao mesmo tempo e, assim, produzir uma redução na inibição inter-hemisférica transcalosal (Summers et al., 2007). Quando ambos os hemisférios são ativados de forma conjunta, ocorre uma modulação do hemisfério intacto sobre o lesado, facilitando o controle do movimento no membro afetado e promovendo a plasticidade neural (Cauraugh e Summers, 2005).

A área motora suplementar pode ser a responsável pelo sucesso desta ativação bilateral, pois ela envia projeções tanto para o córtex motor primário ipsilateral, quanto para o contralateral. Portanto, durante o desempenho de movimentos bilaterais, a área motora suplementar intacta pode comandar sozinha a execução dos movimentos requeridos (Goldberg, 1985; Stewart et al., 2006) e provocar um aumento nas contrações musculares voluntárias no membro afetado. O'Bryant et al. (2007) observaram que lesões isquêmicas unilaterais na área motora suplementar, precisamente na região de representação da pata dianteira de ratos, resultam em comprometimento grave do alcance e em movimentos anormais no membro contralesional e em menor grau, porém de forma significativa, no membro ipsilesional.

Stewart et al. (2006) concluíram, após estudo de revisão sistemática, que os movimentos bilaterais são eficazes na melhora da função motora tanto na fase aguda quanto crônica após AVC. Entretanto, Platz et al. (2001) investigaram os ganhos funcionais do treinamento bilateral comparado com o unilateral e observaram que o último é suficiente para melhorar a habilidade direcionada de pacientes hemiparéticos pós-AVC. Ainda que o treinamento bilateral possa melhorar o comprometimento motor, a prática unilateral irá

promover benefícios para tarefas que requeiram maior atenção em detalhes específicos (Nozaki et al., 2006).

Recentemente, foi observado que a redução das informações sensitivas da mão intacta provoca uma diminuição da competição e das interações inibitórias inter-hemisférica em pacientes com seqüela de AVC (Murase et al., 2004), melhorando o desempenho motor da mão parética (Floel et al., 2004). Baseado nesta visão foi proposta uma terapia de anestesia periférica, que consiste no bloqueio anestésico temporário do nervo da mão intacta (Voller et al., 2006). Desta forma, todas as informações sensoriais provenientes do meio ambiente estariam sendo potencializadas na mão afetada, facilitando assim a entrada de informações para o hemisfério lesado e contribuindo para que houvesse redução da inibição do hemisfério intacto sobre o lesado.

A estimulação cerebral não invasiva, realizada através da estimulação magnética transcraniana, é um bom método para modular a função cerebral humana. A estimulação, aplicada através de uma chave magnética posicionada na região do couro cabeludo correspondente a área cerebral a ser estimulada, envolve a descarga de uma corrente elétrica forte e rápida que pode vir a aperfeiçoar ou deprimir a excitabilidade de diferentes estruturas cerebrais, dependendo dos parâmetros utilizados (Hummel e Cohen, 2006).

Tendo como princípio a abordagem de inibição inter-hemisférica, a estimulação magnética transcraniana pode auxiliar na modulação do equilíbrio transcalosal de duas formas: aplicada sobre o hemisfério lesado com o intuito de reforçar a excitabilidade da área motora primária ou sobre o hemisfério afetado, deprimindo a hiperexcitabilidade cortical (Hummel e Cohen, 2006). Ambos os tipos de aplicação podem contribuir para a correção de anormalidades na inibição inter-hemisférica encontrada após o AVC (Murase et al., 2004).

Algumas formas de terapia exigem uma contração muscular voluntária satisfatória para a produção de tarefas funcionais. Porém, grande parte dos pacientes não consegue produzir a ativação muscular requerida, prejudicando assim a correspondência

funcional existente entre a imagem do movimento (ação), observação do movimento e execução do movimento (Pomeroy et al., 2005).

A inclusão da prática mental, prévia à execução do movimento, pode ser uma forma de potencializar a ação solicitada quando nenhuma ou pouca movimentação voluntária é produzida. O uso da prática mental consiste em acessar da memória as informações perceptuais corretas (Kosslyn et al., 2001) que envolvem determinada ação. Estudos com pequenas amostras de indivíduos pós-AVC têm demonstrado que o treinamento associado à prática mental pode melhorar o desempenho de tarefas treinadas (Crosbie et al., 2004; Dijkerman et al., 2004). Porém este tipo de prática pode ser difícil de conduzir clinicamente, pois não há como corrigir ou avaliar se o paciente estará executando corretamente a imagem da ação proposta.

Partindo deste princípio que foi sugerido a Terapia por observação do movimento (Pomeroy et al., 2005), que se baseia na teoria da simulação, ou seja, o movimento requerido é simulado pela própria pessoa pelo lado sã ou é observado em outra pessoa. Acredita-se que a observação do movimento de outra pessoa pode instruir o sistema de execução do movimento de pacientes pós-AVC com severa hemiparesia, trazendo-os ao ponto em que possam participar ativamente das tarefas de reabilitação (Pomeroy et al., 2005).

Neurofisiologicamente, a Terapia por observação do movimento é baseada no ‘Sistema de Neurônios Espelho’ (também denominado sistema de execução do movimento), encontrado na área cortical F5 de macacos (em humanos, corresponde à área 44 de Brodmann, denominada área de Broca), a qual é ativada tanto na observação quanto na execução de movimentos e recebe o nome de ‘espelho’ por sua característica imitativa (Wohlschläger e Bekering, 2002). Em humanos, há evidências de que, quando a área de Broca é inibida por estimulação magnética transcraniana, a imitação e a destreza manual podem ser afetadas (Heiser et al., 2003).

Acredita-se, portanto, que a observação de movimentos de mãos e braços em outra pessoa possa produzir a ativação do ‘Sistema de Neurônios Espelho’, incluindo os motoneurônios e os músculos paréticos requisitados para produzir a ação observada,

facilitando assim a recuperação e as atividades funcionais em pacientes pós-AVC (Pomeroy et al., 2005).

A terapia por observação do movimento pode ser aplicada por meio do uso do espelho, recebendo assim o nome de Terapia pelo Espelho. Esta terapia propõe que durante a execução de movimentos bilaterais, o sujeito observe seu braço não afetado refletido no espelho (posicionado verticalmente e paralelo ao tronco) de forma que a imagem refletida lhe cause a ilusão (visual e cinestésica) de ser seu braço afetado (Funase et al., 2007). Pacientes com AVC que realizam movimentos bilaterais enquanto observam seu membro intacto mover em um espelho parecem ativar uma ligação entre ação e percepção, bem como relações em áreas associativas (Cauraugh e Summers, 2005).

Proposta por Taub et al. (1993), a Terapia de restrição e indução do movimento (Terapia de Restrição do Membro são) foi elaborada para promover recuperação da função do braço afetado em um curto período de tempo, através da prática intensiva de tarefas repetitivas. Esta terapia possui seu foco principal na recuperação do ‘aprendizado do não uso’. Um experimento conduzido por Taub (1977) demonstrou que, após a transecção unilateral das raízes dorsais de macacos, o membro com déficit sensorial não era mais utilizado; porém, quando o membro intacto era restrito, os macacos foram forçados a utilizar o membro desaferentado (Taub e Wolf, 1997). Com pelo menos três dias de restrição, os animais podem retornar à sua rotina de vida diária mesmo com a precisão dos movimentos do membro comprometido (Mark e Taub, 2004). O aprendizado do não uso desenvolve-se porque o animal experimenta situações frustrantes na tentativa de desempenhar algumas tarefas reforçando negativamente a não utilização do membro afetado (van der Lee, 2001).

Em humanos, o desenvolvimento do aprendizado do não uso parece ocorrer na fase aguda pós-lesão do Sistema Nervoso Central (SNC) (Taub e Wolf, 1997). Nesta fase, o processo de recuperação funcional espontânea ainda não ocorreu de forma suficiente e, ao tentar usar a extremidade afetada, o paciente encontra inúmeras dificuldades. Assim, por evitar novas tentativas, acaba reforçando os movimentos compensatórios do braço não afetado (Kunkel et al., 1999; Mark e Taub, 2004).

Existe uma diferença muito significativa entre capacidade motora do braço afetado após AVC e o seu real potencial. Isto pode ocorrer pelo desenvolvimento do aprendizado do não uso, mas pode ser revertido pela aplicação de técnicas terapêuticas apropriadas, como a terapia de restrição do membro são (Kunkel et al., 1999).

A terapia consiste na restrição do membro são por uma tipóia em 90% do tempo em que o paciente permanecer acordado no período de duas semanas, associado ao treinamento intensivo de atividades tarefa-específica, por 6 horas, da extremidade afetada (Kunkel et al., 1999; Mark e Taub, 2004). Um dos benefícios desta abordagem terapêutica é o aumento do número de vezes que o membro passa a ser usado no ambiente real, ou seja, ocorre um aumento na quantidade de uso da extremidade afetada (Kunkel et al., 1999; van der Lee et al., 1999). Além disso, o estudo de Taub et al. (1993) comprovou que os ganhos permanecem por dois anos após o término da terapia (follow-up).

Com o propósito de inovar as abordagens terapêuticas sobre a reabilitação do alcance, Michaelsen et al. (2001) propuseram uma técnica que consiste na restrição do tronco durante a realização de tarefas de alcance-preensão. Tanto a restrição do tronco quanto a restrição do membro são técnicas que focam no uso forçado de capacidades pouco exploradas do membro superior afetado.

O estudo de Levin (1996) demonstrou que a falta de coordenação interarticular ombro-cotovelo impede a realização do alcance de forma harmônica e esta limitação é compensada com a utilização de graus adicionais de liberdade, principalmente do tronco e cintura escapular. Acredita-se que o SNC evita o uso da extensão ativa de cotovelo em virtude do gasto energético adicional que este movimento produz e governa a seleção de padrões de ativação muscular que minimizem este gasto (Minetti e Alexander, 1997).

O recrutamento do tronco, que é uma forma de estender o alcance do braço, torna-se uma compensação eficaz no desempenho do alcance a curto prazo. Porém, pode dificultar a recuperação de estratégias motoras a longo prazo. Além disso, o uso prolongado da compensação de tronco pode resultar no aprendizado do não uso das articulações do braço para o alcance e preensão (Taub et al., 1993), de forma a desencorajar a recuperação das habilidades motoras desta extremidade (Michaelsen e Levin, 2004).

A terapia de restrição de tronco consiste na aplicação de um colete que limita o deslocamento anterior do tronco durante as tarefas de alcance a alvos colocados no comprimento do braço do paciente e encoraja o uso da amplitude articular ativa que está presente, porém não é utilizada de forma eficaz. Com a limitação dos mecanismos compensatórios de tronco, os movimentos normais tendem a ser facilitados, ocorrendo melhora da coordenação interarticular ombro-cotovelo (Michaelson et al., 2001).

As técnicas de reabilitação que utilizam a teoria do uso forçado do membro superior se baseiam na aplicação do treinamento tarefa-específica e na prática repetitiva. Estudos sugerem que o treinamento específico e repetitivo além de ser capaz de acelerar a recuperação da função nos primeiros seis meses após a lesão (Kwakkel, 2006), também é condição essencial para que ocorra o aprendizado motor (Page, 2003). Todavia, os ganhos funcionais podem ocorrer mesmo na fase crônica pós-AVC e a facilitação da recuperação está na escolha de tarefas específicas apropriadas (Ward, 2005).

O treinamento tarefa-específica baseia-se na introdução de exercícios terapêuticos que foquem no comprometimento motor alvo a ser reabilitado, conferindo especificidade ao programa de reabilitação. A intensidade da tarefa se refere ao número de repetições de um movimento desejado ou ao tempo de dedicação àquele determinado exercício (Kwakkel, 2006). Os movimentos repetitivos podem provocar a indução de potenciação a longo prazo e desta forma, favorecer a reorganização cerebral pós-lesional (Woldag e Hummelshein, 2002). Um treinamento repetitivo associado à abordagem tarefa-específica, com aproximadamente 30 a 45 minutos de duração, é capaz de produzir reorganização cortical e proporcionar ganhos significativos na função do membro superior afetado (Page, 2003).

É importante destacar que, para a eficácia do aprendizado, as tarefas precisam ser transferidas para o meio ambiente real, fato este comprovado pelos testes de retenção (aplicado, em média, três meses após o término de um programa terapêutico). A prática repetitiva de tarefas diversificadas e a aplicação do conceito de interferência contextual são meios de melhorar a eficácia da aprendizagem motora. A intenção é fornecer ao paciente, a cada movimento, um problema a ser resolvido e não apenas uma seqüência muscular a ser memorizada (Krakauer, 2006). A retenção do aprendizado motor ocorre de forma mais

significativa se houver variabilidade e especificidade na tarefa realizada (Kalra e Ratan, 2006). Pacientes treinados de forma repetitiva, sem variações, podem apresentar bom desempenho clínico, mas dificuldades de transferir este aprendizado para as AVD's (Krakauer, 2006).

Qualquer atividade física provoca adaptações neuromusculares, levando a uma estabilização do desempenho motor. Porém, este platô não é indicativo de que o sujeito perdeu a capacidade de melhorar. Pacientes que sofrem AVC freqüentemente são admitidos em programas de reabilitação não específicos e facilmente, após um ano de lesão, atingem o período de platô (Page, 2003). A mudança na intensidade do treino e a implementação de novos exercícios podem ser algumas formas de superar esta acomodação, principalmente nos sujeitos com mais de um ano de lesão (Page et al., 2004).

Após uma única sessão de treinamento repetitivo de movimentos de alcance-preensão, com o uso da restrição de tronco, em pacientes pós AVC crônicos, Michaelsen e Levin (2004) documentaram ganhos na extensão de cotovelo, diminuição do envolvimento de tronco e melhora temporal da coordenação interarticular quando comparado ao grupo controle que realizou a tarefa sem a restrição. O mais interessante é que estas melhoras foram mantidas por 24 horas apenas para o grupo que treinou com restrição. Em 2006, os efeitos benéficos da terapia de restrição de tronco foram novamente comprovados, especialmente para pacientes crônicos com hemiparesia de braço moderada a severa (Michaelsen et al., 2006). O estudo sugere que, quando técnicas de reabilitação apropriadas são empregadas, os indivíduos com grau de comprometimento grave podem se beneficiar mais do que os indivíduos levemente afetados, pois estes provavelmente já atingiram o platô de recuperação motora enquanto aqueles ainda não tiveram seu potencial sub-clínico adequadamente explorado.

A retenção do aprendizado pode ser explicada pela utilização de informações extrínsecas na forma de conhecimento de resultado (CR), as quais estimulam e possibilitam a percepção e correção de movimentos através do fluxo de informações sensoriais intrínsecas.

O conhecimento de resultado (CR) é uma forma importante de *feedback* extrínseco, responsável por suplementar as informações intrínsecas provenientes dos diversos sistemas sensoriais como, por exemplo, as informações visuais e proprioceptivas. O CR refere-se a toda informação fornecida ao executante, durante ou após o movimento, por uma outra fonte que não o próprio indivíduo, como, por exemplo, o velocímetro de um carro ou uma informação verbal de um professor sobre o desempenho de seus alunos (Schmidt, 1988).

O uso de CR é condição necessária para a efetividade do aprendizado. O estudo de Salmoni et al. (1984) sugere que o CR deva ser aplicado de forma mais intensa na fase de aquisição de novas habilidades motoras, a fim de orientar ou auxiliar o paciente na redução do erro e fornecido de forma reduzida no final da prática motora, evitando que o sujeito torne-se dependente da informação oferecida (Clark, 2005).

O CR freqüente faz com que o aprendiz não processe informações intrínsecas importantes para o desenvolvimento da capacidade de detecção e correção de erros (Clark, 2005). Quando o *feedback* é aplicado de forma reduzida ou gradual, o paciente tem a possibilidade de detectar os próprios erros e tentar corrigi-los, melhorando assim seu desempenho quando lhe são aplicados testes de retenção e transferência (Shumway-Cook e Woollacott, 2003).

OBJETIVOS

Objetivo geral

- Avaliar os efeitos clínicos e cinemáticos do treinamento de alcance com restrição de tronco em pacientes hemiparéticos pós Acidente Vascular Cerebral.

Objetivos específicos

- Verificar as correlações entre as Escalas de Desempenho Físico de Fugl-Meyer, Escala de Equilíbrio de Berg e Índice de Barthel (**Artigo 1**).
- Avaliar os efeitos clínicos provocados pela terapia de restrição de tronco durante tarefas de alcance (**Artigo 2**).
- Mensurar se os benefícios adquiridos com o treinamento de alcance tarefa-específica associado à terapia de restrição de tronco mantêm-se a longo prazo (**Artigo 3**).

CAPÍTULOS (artigos)

ARTIGO 1

Post-stroke motor and functional evaluations: a clinical correlation using Fugl-Meyer Assessment Scale, Berg Balance Scale and Barthel Index.

Oliveira R, Cacho EWA, Borges G. Post-stroke motor and functional evaluations: a clinical correlation using Fugl-Meyer Assessment Scale, Berg Balance Scale and Barthel Index. Arq Neuropsiquiatr 2006; 64 (3B): 731-5.

POST-STROKE MOTOR AND FUNCTIONAL EVALUATIONS

A clinical correlation using Fugl-Meyer assessment scale, Berg balance scale and Barthel index

Roberta de Oliveira¹, Enio Walker Azevedo Cacho², Guilherme Borges³

ABSTRACT – Stroke is one of the major causes of morbidity and mortality. Sequels deriving from this event may lead to motor disability and from mild to severe deficits. In order to better classify sensory-motor dysfunction, balance and ability to perform activities of daily living, quantitative and qualitative evaluation scales have been used. **Objective:** To correlate the scales Fugl-Meyer assessment scale, Berg balance scale and Barthel index. Twenty subjects with sequel after a single, unilateral stroke in chronic phase (>6 months post ictus) were evaluated for about one hour. **Results:** Barthel scale was statistically related to the total motor score of Fugl-Meyer assessment ($r=0.597$, $p=0.005$). The lower limb section at Fugl-Meyer had positive correlation with Berg scale ($r=0.653$, $p=0.002$) and with the balance section of Fugl-Meyer own scale ($r=0.449$, $p=0.047$). Both balance scales were correlated one with other ($r=0.555$, $p=0.011$). Statistical divergence appeared when Barthel's Index was correlated with Berg's Scale ($r=0.425$, $p=0.062$), and it is not statistically significant. **Conclusion:** The use of both quantitative and qualitative scales was shown to be a good measuring instrument for the classification of the general clinical performance of the patient, especially when positively related joint evaluations are applied.

KEY WORDS: Fugl-Meyer assessment scale, Berg balance scale, Barthel index, stroke.

Avaliações motoras e funcionais pós-AVC: correlação clínica usando a escala de desempenho físico de Fugl-Meyer, a escala de equilíbrio de Berg e o índice de Barthel

RESUMO - O acidente vascular cerebral (AVC) é reconhecido como uma das maiores causas de morbidade e mortalidade. Seqüelas decorrentes deste evento podem levar a inabilidade motora e déficits leves a graves. Para classificar melhor a disfunção sensitivo-motora, o equilíbrio e as habilidades para as atividades de vida diária, escalas de avaliações quantitativas e qualitativas estão sendo utilizadas. **Objetivo:** Correlacionar a escala de desempenho físico de Fugl-Meyer, a escala de equilíbrio de Berg e o índice de Barthel. **Método:** Foram selecionados 20 sujeitos com seqüela de um único e unilateral AVC em fase crônica (>6 meses pós ictal), que passaram pelas avaliações por cerca de uma hora. **Resultados:** A escala de Barthel correlacionou-se com a pontuação motora total de Fugl-Meyer ($r=0.597$, $p=0.005$). A seção para membros inferiores de Fugl-Meyer teve correlação positiva com a de Berg ($r=0.653$, $p=0.002$) e com a seção de equilíbrio da própria escala de Fugl-Meyer ($r=0.449$, $p=0.047$). Ambas as escalas de equilíbrio tiveram correlação entre si ($r=0.555$, $p=0.011$). A divergência estatística apareceu quando se correlacionou a Escala de Barthel com o Índice de Berg ($r=0.425$, $p=0.062$), não sendo estatisticamente significativo. **Conclusão:** O uso de escalas quantitativas e qualitativas mostrou ser um bom instrumento de medida para a classificação do quadro físico geral do paciente, ainda mais quando são aplicadas avaliações em conjunto que se relacionam positivamente.

PALAVRAS-CHAVE: escala de desempenho físico de Fugl-Meyer, escala de equilíbrio de Berg, índice de Barthel, acidente vascular cerebral.

Recently evaluation instruments able to design the neurological profile of patients with stroke sequel are being widely publicized. These instruments help health care professionals to measure the impairment

level presented by the subject, since sensorial motor, until functional capacities. Some scales are extensively divulged in the rehabilitation environment, such as, for example, Fugl-Meyer Assessment Scale¹, Berg

Physiotherapy and Occupational Therapy Outpatient Unit, University Hospital - State University of Campinas Medical School Hospital, Campinas SP, Brazil (UNICAMP): ¹Physiotherapist, Master Degree Student; ²Physiotherapist, Master in Surgery; ³Neurosurgeon, Associate Professor. This research was supported by FAPESP grants 05/51565-1 and CNPq 302189/2004-1.

Received 24 November 2005, received in final form 10 May 2006. Accepted 15 June 2006.

Dra. Roberta de Oliveira - Rua Senador Vergueiro 687 / 133 - 13480-900 Limeira SP - Brasil. E-mail: rofio@fcm.unicamp.br

Balance Scale² and Barthel Index³. These scales are based on scores and are both valuable qualitative and quantitative instruments, being able to predict the recovery prognosis of these patients⁴. Another advantage would be the possibility of dividing patients into groups according to their level of impairment, in order to make research or even to prescribe a more adequate therapeutic strategy.

Recent studies⁵ have been considering the issue of correlating scales in order to have accuracy about their use in patient's evaluation as a whole person, apart from also focusing on both dichotomy of upper and lower extremity impairments⁶.

The objective of this investigation was to verify the correlations among Fugl-Meyer Assessment Scale (FM), Berg Balance Scale and Barthel Index in post-stroke hemiparetic patients. Research Ethical Committee of our Institution (UNICAMP) approved this report.

METHOD

Twenty patients from both sexes, with their ages ranging from 25 to 69 years of age were selected in a non-probabilistic manner from the Physiotherapy and Occupational Therapy Ambulatory of the University Hospital - UNICAMP. They had a previous history of a single and unilateral stroke, with a minimum of 6 months and a maximum of 15 years since the lesions had occurred and had not presented other associated neurological pathology, including cognitive impairment.

After collecting of personal data, the patients were undergone to a clinical evaluation that had approximately 1 hour duration, using the scales of Fugl-Meyer¹, Berg² and Barthel³. The evaluations were carried out by two experienced physiotherapists, familiarized with the scales (RO, EWAC).

The Fugl-Meyer physical performance scale assesses five dimensions of impairment, including three aspects of motor control, such as the amplitude of joint movement, pain, sensitivity, motor impairment of the upper and lower extremities and balance. The data are scored in an ordinal scale of 3 (0=no performance; 2=complete performance) applied to each item⁷. The total motor score is equal to the classification of the upper limb (UL) plus the lower limb (LL), corresponding to 100 total scores (UL=66, LL=34). The total FM score, including the other items, corresponds to 226 scores in the final sum.

The Berg Balance Scale comprises of 14 tasks where each

one receives a score from 0 to 4, according to the patient's performance. The total score for all tasks consists of 56 scores, being from 0 to 20 considered a poor balance and from 40 to 56, a good balance².

The Barthel Index assesses activities related to clothing, nourishment, personal hygiene and transfers, each item receiving a score of 0, 5, 10 or 15, reaching a total of 100 scores for individuals who are independent to perform Activity Daily Life (ADL)³.

In order to describe the sample profile according to the study variables, descriptive statistics of common variables were calculated, including both mean values and standard deviation (SD). Spearman's correlation coefficient was used to analyze the correlation among the numerical scores of the scales. The significance level adopted for the statistical tests was 5% ($p < 0.05$).

RESULTS

The mean age of the selected patients was 47.9 years (10.79 SD), with predominance of both male sex (60%) and the ischemic type of lesion (75%). Deficit of the right body prevailed in 60% of the subjects. The time elapsed after stroke had a mean of 3.63 years (3.02 SD).

For the clinical scales, in Table is demonstrated both the mean and the standard deviation of the main items evaluated, where it can be seen that in relation to balance, the mean was relatively elevated, although the patients had a mean quite below the normal score concerning the level of motor impairment.

Correlating the total motor score of FM to the Barthel Index, we were able to observe that the correlation was statistically significant ($r=0.597$; $p=0.005$), showing that the lower the level of motor impairment, the better will be the individual functional capacity (Fig 1).

The level of motor impairment of LL (FM) significantly correlated with the balance scores of Berg ($r=0.65305$; $p=0.0018$) (Fig 2) and with the balance section of FM ($r=0.44872$; $p=0.0472$) (Fig 3).

Regarding to the Berg Balance Scale and the balance section of FM, a strong statistical correlation was found between them ($r=0.55457$; $p=0.0112$) (Fig 4).

When the balance scores were separately correlat-

Table. Mean scores in clinical evaluations.

	Fugl-Meyer UL and LL (100)	Total Fugl-Meyer (226)	Balance Fugl-Meyer (14)	Berg (56)	Barthel (100)
Mean	53.35	170.50	10.80	45.65	90.75
SD	28.44	31.91	1.24	9.41	5.45

UL, upper limb; LL, lower limb; SD, standard deviation.

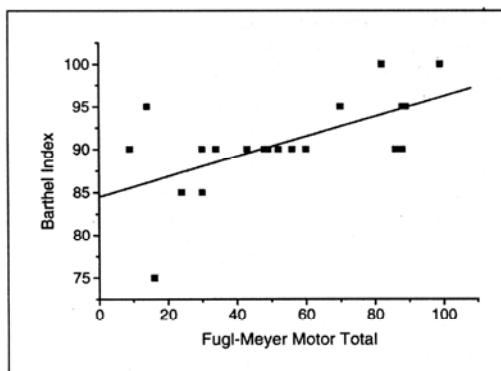


Fig 1. Relationship of the total motor score of the Fugl-Meyer and Barthel Index scales.

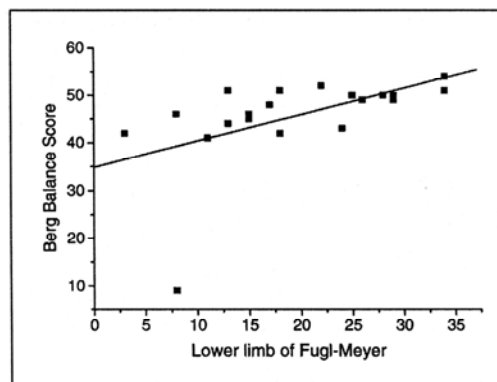


Fig 2. Relationship between the lower limb section of the Fugl-Meyer Scale and Berg Balance Scale.

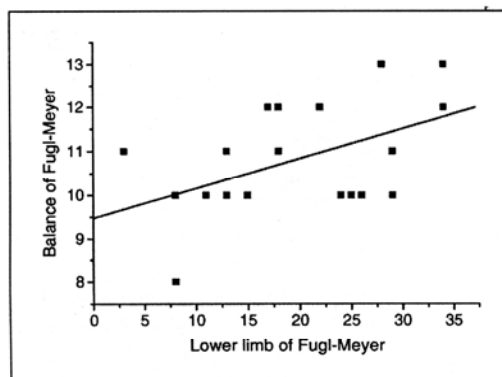


Fig 3. Relationship between the balance and lower limb sections of the Fugl-Meyer Scale.

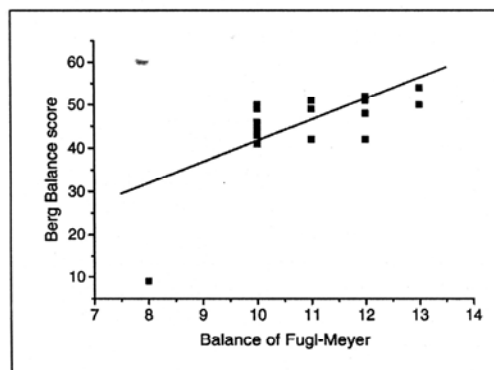


Fig 4. Relationship between the balance section of the Fugl-Meyer Scale and Berg Balance Scale.

ed (Berg and balance section of FM) to the level of functional capacity (Barthel), a significant statistical correlation was found only for the balance section of FM (Berg, $r=0.425$; $p=0.062$; FM, $r=0.55006$; $p=0.0120$).

DISCUSSION

The utilization of both quantitative and qualitative scales has been occupying more space in rehabilitation programs, although little is known about its effectiveness, since there are only few studies concerned with correlating evaluations with the neural recovery process⁹. In a research conducted by Ferrucci et al. it was proven that there was improvement of the post-stroke functional performance (Barthel) of subjects, accompanied by a reduction in the level of motor impairment evaluated by the FM scale⁸. Other investigations⁹ also employed the Barthel Index for

the functional classification of the individual and demonstrated that this scale may be very useful in the standardization of ADL recovery for post-stroke hemiparetic patients. Bohannon et al. reported that the balance scales required research to correlate them with the evolution of motor recovery of post-stroke patients and with the changes related to function¹⁰. In this study, it was concluded that the ordinal balance evaluation scales are positively correlated with the functional independence measure (FIM)¹¹⁻¹⁴.

Level of functional performance versus motor impairment – Ferrucci et al. reported that their study found considerable statistical significance when the FM scale was correlated with the Barthel Index⁸. This information corroborates that one found in this study, where we were able to observe that the Barthel Index was shown to be a statistically significant scale if correlated with the total motor impairment level of FM.

A strong correlation between motor impairment and functional abilities has been reported¹¹. However, two distinct factors contribute to the post-stroke functional recovery: the neurological recovery and the capacity of the patient in transporting and adapting the acquired functional abilities to his/her own environment⁴. One of the ways to investigate the nature of the relationship among different mechanisms is the comparison of clinical changes in the patients through the utilization of validated functional measures¹². There was no extremity predominance for motor impairment level (UL=51.51%; LL= 55.88%). Other studies also show that UL and LL levels of impairment are similar in motor recovery^{6,9,13}.

While changes related to UL and LL are equivalent to the impairment level, there is a great divergence when this impairment is reported in the form of functional abilities. Desrosiers et al. reported that LL has a faster functional recovery rate than UL, although it is still being discussed why during the training period, LL recovery stops, while the UL continues progressing⁶. Scales that depend on the classification from one or more tests, with the total score calculated afterwards (ex. Barthel), are frequently associated to problems in both interpretation and usage⁴, as there may be divergence among the examiners. In addition, scales that present many items to be scored may not be reliable. Wade et al. report that there are many difficulties in measuring the individual functional abilities using only a ADL scale, suggesting that more than a scale should be employed so that one may complete the other⁴. Some suggested scales are: the Functional Independence Measure¹⁴, Frenchay Arm Test¹⁵ and Chedoke McMaster¹⁶, among others.

In this study, we realized that the non-sensitivity of Barthel's scale to assess the isolated extremities, since only two of the evaluated items refer to LL (walking 50 m and climbing stairs) and the other ones are related to the UL or to transfers.

Regarding to UL graduation in the Barthel Index, Olsen suggests that the functional improvement of patients with severe post-stroke impairment may probably be attributed to the use of compensatory strategies involving the non-paretic limb⁹. In other words, it does not matter how the patient performs the task; the important thing is for him/her to perform it regardless of the use of compensatory strategies or not.

Level of motor performance versus balance – The relationship between balance and locomotion control has been previously documented¹⁰ in hemiplegic patients, whose impairment of the automatic pos-

tural responses that contribute to sitting and standing balance are directly involved with coordinated and regulated activity of both trunk and limbs¹⁷. It may be demonstrated in this study, where a moderate relationship was observed between the level of motor impairment and balance. Even with the activation of compensatory strategies, such as the use of stabilizing responses of the non-paretic lower extremity for postural stability as a result of the absence of effective motor patterns with the paretic member¹², both measures reflect the same impairment profile. This is partly due to the capacity of FM to measure the ability to dissociate and/or segment the movements of the affected limbs, which are essential for the performance of both predictive and proactive balance postural strategies, measured by the Berg Balance Scale and the balance section of FM. Moreover, there are several studies that demonstrate a significant correlation between the balance section of FM and the balance test of Berg with the LL sections of FM¹⁸. In this investigation, we observed a good relationship of the LL motor score of FM with the balance test of Berg and also a small relationship with the balance section of FM.

The suggestion from Portney and Watkins should be emphasized, that when the correlation varies from 0.00 to 0.25, it indicates small or no relationship; between 0.25 and 0.50, a small degree of relationship; between 0.50 and 0.75, a moderate to good degree of relationship; and values above 0.75 are taken into consideration for having an excellent degree of relationship¹⁹.

Balance description and level of motor impairment of the lower extremities present a positive relationship with the level of independent locomotion^{10,20}, besides the fact that balance is clearly superior to walking scales in motor impairment description¹⁰.

Independent locomotion is directly linked to both balance and motricity of the lower extremities^{20,21}. In hemiplegic individuals, Bohannon attributes the walking capacity to balance and to their level of motor impairment¹⁰.

Level of functional capacity versus balance – Some researches have been demonstrating a significant relationship between the measures of balance obtained by means of ordinal scales with the performance of functional tasks, such as the ability to transfer²², walk¹⁰ and climb stairs²³. In this study, a relationship between the Berg Balance Scale and the Barthel Index could not be observed, which contradicts the fin-

dings from Berg et al., which reported an intense correlation between the scores obtained in both scales for individuals with stroke². Nichols et al. reported in their study that patients with hemiparesis could learn compensatory strategies to control their balance²⁴. The patients can perform functional activities adapting themselves to the imposed conditions given by the impairment. So, at the dressing activity even with the balance compromised, the patient can perform this task lying down and not impeding this one to be performed. The ability of maximum leaning for both sides and forward and also the symmetrical sitting was not strongly correlated to the function²⁴.

Other studies report the relationship of balance measures with other functional measures such as FIM¹⁴, apart from demonstrating great responsiveness and highly significant changes compared with the period of sensory-motor recovery of individuals following stroke¹⁰. However Nichols et al. reported that even after two (2) weeks into intensive rehabilitation, there were no significant correlation between the postural control measures and FIM scores²⁴.

Balance is also an important predictor of sensory-motor and functional rehabilitation results post-stroke²⁵. Functional improvement may be attributed to the "true" physiological recovery derived from "normal" balance responses and compensatory strategies mainly related to the non-impaired half body or a combination of both¹². Compensatory motor patterns are adaptive movements that reflect the effect of the lesion, the mechanical characteristics of the motor system and the environmental demands placed on the individual²⁶. Clinically, the functional rehabilitation cannot be differentiated from compensatory strategies based only on functional measures¹², but rather through ordinal balance scales such as the Berg Balance Scale²⁷ and from sensory-motor performance measures, such as that of FM²⁸.

In conclusion, quantitative and qualitative measuring scales are good instruments for post-stroke patients evaluation. We observed that the scales, when employed together with others that complement them, make possible to design the general motor performance of the patient in an elucidatory manner. The motor impairment is directly proportional to the correlated variables. Thereby, the more severe the motor impairment is, the larger will be the deficits that will follow the patient, such as balance and ADL abilities, however statistical significance was not found between them.

REFERENCES

1. Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman L, Olsson S, Steglind, S. The post-stroke hemiparetic patients: a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehab Med* 1975; 7:13-31.
2. Berg KO, Maki BE, Williams JL, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehab* 1992;73:1073-1080.
3. Mahoney FI, Barthel D. Functional evaluation: the Barthel Index. *Maryland St Med J* 1965;14: 56-61.
4. Wade DT, Langton-Hewer R, Wood VA, Skilbeck CE, Ismail HM. The hemiplegic arm after stroke: measurement and recovery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983;46:521-524.
5. Valach L, Signer S, Hartmeier A, Hofer K, Steck GC. Chedoke-McMaster stroke assessment and modified Barthel Index self-assessment in patients with vascular brain damage. *Int J Rehab Res* 2003;26:93-99.
6. Desrosiers J, Malouin F, Richards C, Bourbonnais D, Rochette A, Bravo G. Comparison of changes in upper and lower extremity impairments and disabilities after stroke. *Int J Rehab Res* 2003;26:109-116.
7. Cacho EWA, Melo FRLV, Oliveira R. Avaliação da recuperação motora de pacientes hemiplégicos através do Protocolo de Desempenho Físico de Fugl-Meyer. *Revista Neurociências* 2004;12:94-102. Errata 12: 221.
8. Ferrucci L, Bandinelli S, Guralnik JM, et al. Recovery of functional status after stroke: a postrehabilitation follow-up study. *Stroke* 1993;24: 200-205.
9. Olsen TS. Arm and Leg paresis as outcome predictors in stroke rehabilitation. *Stroke* 1990;21:247-251.
10. Bohannon RW. Standing balance, lower extremity muscle strength, and walking performance of patients referred for physical therapy. *Percept Motor Skills* 1995;80:379-385.
11. Fugl-Meyer AR. Assessment of motor function in hemiplegic patients. In Bueger AA (ed). *Neuropsychological aspects of rehabilitation medicine*. Springfield: Charles C Thomas, 1976.
12. Garland SJ, Willems DA, Ivanova TD, Miller KJ. Recovery of standing balance and functional mobility after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:1753-1759.
13. Duncan PW, Propst M, Nelson SG. Reliability of the Fugl-Meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Phys Ther* 1983;10:1606-1610.
14. Granger C, Hamilton B, Sherwin F. Guide for the use of the uniform data set for medical rehabilitation. Geneva: WHO, 1990.
15. Skilbeck CE, Wade DT, Langton-Hewer R, Wood VA. Recovery after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983;46:5-8.
16. Gowland C, VanHulleenaar S, Torresin W, et al. Chedoke McMaster stroke assessment. Hamilton: Chedoke - McMaster Hospitals and McMaster University, 1995.
17. Karatas M, Cutin N, Bayramoglu M, Dilek A. Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemisphere stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83:81-87.
18. Di Fabio RP, Badke MB. Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia. *Phys Ther* 1990;70:542-548.
19. Portney L, Watkins M. Foundation of clinical research: application to practice. Upper Saddle River: Appleton and Lange, 1993: 446-449.
20. Keeman MA, Perry JH, Jordan C. Factors affecting balance and ambulations following stroke. *Clin Orthop* 1984;182:165-171.
21. Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther* 1987;67:1881-1885.
22. Bohannon RW. Determinants of transfer capacity in patients with hemiplegia. *Physiother Can* 1988;40:236-239.
23. Bohannon RW, Walsh S. Association of paretic lower extremity muscle strength and balance with stair climbing ability in patients with stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 1991;1:129-133.
24. Juneja G, Czymy JJ, Linn RT. Admission balance and outcomes of patients admitted for acute inpatient rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 1998;77:388-393.
25. Nichols DS, Miller L, Colby LA, Pease WS. Sitting balance: its relation to function in individuals with hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:865-869.
26. Shepherd RB. Adaptive motor behavior in response to perturbations of balance. *Physiother Theor Pract* 1992;8:137-143.
27. Stevenson TJ, Garland SJ. Standing balance during internally produced perturbations in subjects with hemiplegia: validation of the balance scale. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:656-662.
28. Dettmann MA, Linder MT, Sepic SB. Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessment of the hemiplegic patient. *Am J Phys Rehabil* 1987;66:77-90.

ARTIGO 2

Improvements in the upper limb of hemiparetic patients after reaching movements training.

Oliveira R, Cacho EWA, Borges G. Improvements in the upper limb of hemiparetic patients after reaching movements training. Int J Rehabil Res 2007; 30(1): 67-70.

Improvements in the upper limb of hemiparetic patients after reaching movements training

Roberta de Oliveira, Enio Walker Azevedo Cacho and Guilherme Borges

Reaching movements made with hemiparetic upper limbs are often followed by compensatory trunk and shoulder-girdle movements, especially in reach-to-grasp strategies. We investigated the effect of restraint therapy on movement aiming at targets placed within arm reach. Eleven subjects were selected to participate in this study and were submitted to training with the trunk fixed to a chair during the reaching movement. Quantitative and qualitative scales (Modified Ashworth Scale, Fugl-Meyer Assessment Scale – upper limb section, Berg Balance Scale and Barthel Index) were used to evaluate reaching in three periods – pre-treatment, post-treatment and follow-up 3 months after training was completed. We found that in the arm section of the Fugl-Meyer Assessment Scale, pain ($\chi^2=8.22$, $P=0.016$), proprioception ($\chi^2=6.00$, $P=0.049$), flexor synergy ($\chi^2=6.07$, $P=0.048$), wrist ($\chi^2=6.50$, $P=0.039$), coordination velocity ($\chi^2=7.05$, $P=0.029$) and the total score for the upper limb ($\chi^2=7.95$, $P=0.019$) had statistical significance, especially in the pre-treatment and follow-up phases. The same happened using the Barthel Index ($\chi^2=8.33$, $P=0.016$). Trunk restraint allowed patients with hemiparetic stroke to

make use of active arm joint ranges that are present but not normally recruited during unrestrained arm reaching tasks. Appropriate treatments, such as trunk restraint, may be effective in uncovering latent movement patterns to maximize arm recovery in hemiparetic patients.

International Journal of Rehabilitation Research 30:67–70
© 2007 Lippincott Williams & Wilkins.

International Journal of Rehabilitation Research 2007, 30:67–70

Keywords: motor learning, repetitive training, restraint therapy, stroke

Neurosurgery Physiotherapy Ambulatory, Medical School Hospital of the State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil

Correspondence and requests for reprints to Roberta de Oliveira – Rua Senador Vergueiro, 687 – apto 133 Centro, 13480-900 Limeira, SP, Brazil
Tel: +55 (19) 3032 0152/+55 (19) 9747 5185;
e-mail: rofio@fcm.unicamp.br

Sponsorship: We would like to thank Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – 05/51565-1) and Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq – 302189/2004-1) for their financial support.

Received 7 June 2006 Accepted 10 September 2006

Introduction

After stroke, upper limb function impairment is the most common sequel that could lead to permanent dysfunction (Nakayama *et al.*, 1994).

Previous studies in hemiparetic patients have described excessive trunk or shoulder girdle movements in pointing (Romy-Brami *et al.*, 1997) and in reach-to-grasp movements (Michaelsen *et al.*, 2001). Levin (1996) has suggested that this increased recruitment is a compensatory mechanism through which the central nervous system (CNS) may extend arm reach when control of the arm joints' active range is limited. The presence of excessive trunk movement in hemiparetic individuals while reaching may limit the potential recovery of normal arm movement patterns (Cirstea *et al.*, 1998).

Reducing the compensatory mechanism by limiting trunk displacement may encourage the return of movement patterns typically seen in healthy individuals. Trunk restraint blocks undesirable movements and facilitates normal patterns in the hypothesis that recovery of voluntary control may lead to functional improvement (Michaelsen *et al.*, 2001). This is similar to the Constraint

Induced Therapy (CIT) of the non-affected arm that induces the subject to make use of the affected arm in the performance of daily living functional activities (Taub *et al.*, 1993).

This study proposes the application of restraint therapy during reaching tasks and assesses its clinical effects in the rehabilitation of the upper limb.

Methods

Eleven subjects were selected from the Rehabilitation Program of the Neurosurgery Physiotherapy Outpatient Clinic, Medical School Hospital, UNICAMP, Campinas, SP, Brazil, and all of them signed informed consent forms previously approved by the Research Ethics Committee of the University. All of the subjects had sustained a single unilateral stroke of non-traumatic origin, were in the chronic phase of the complaint (> 6 months post-event), with hemiparetic sequelae in the upper limb, no hemispatial neglect or apraxia, could understand simple instructions and had a good sitting balance. Those with shoulder pain or other neurological and orthopedic conditions affecting the arm or trunk were excluded.

0342-5282 © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Copyright © Lippincott Williams & Wilkins. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

The upper limb sub-section of the Fugl-Meyer Assessment Scale (Fugl-Meyer *et al.*, 1975) (FM – motor and sensory impairment), Modified Ashworth Scale (Bohanon and Smith, 1987) (muscle tone) and Barthel Index (Mahoney and Barthel, 1965) (functional abilities) were administered for characterization of the clinical gains before (pre-treatment) and after training (post-treatment), as well as 3 months after the training program was completed (follow-up). The Berg Balance Scale (Berg *et al.*, 1992) was used only to characterize balance in the first period of treatment (before training).

The subjects took part in 20 sessions of 45 min duration each, held twice weekly, which consisted of the repetitive training of reaching movements. The first 15 min were spent on extension exercises and active mobilization of the upper limb and shoulder girdle, and the remaining 30 min on performing training of reaching exercises with trunk restraint.

The training task consisted of grasping a cone and encasing random targets in it, as requested by the therapist. A training platform was created with nine targets, placed along three lines so that different motion trajectories could be requested and the reaching movements follow a synergic pattern. The patients received verbal incentives, encouraging them to carry on the task with the maximum joint range possible. The training session was carried out with the patient seated in a chair with the trunk restrained by a harness that limited the movements of trunk and shoulder girdle, allowing the

reaching movement without using additional degrees of freedom (Fig. 1).

Descriptive statistics of common variables were calculated, including both mean values and standard deviation (SD). Friedman's test was used to compare the scale scores in the three periods of assessment. Wilcoxon's test was used to compare two periods for correlated samples. The significance level adopted for the statistical tests was 5% ($P < 0.05$).

Results

The mean age of the selected patients was 47.18 years (SD = 10.9), with predominance of the male sex (72.7%) and the ischemic type of lesion (63.7%), where the deficit of the right side of the body prevailed in 63.6% of the subjects. The time elapsed after stroke was a mean of 3.97 years (SD = 3.99). The mean score in the Berg Balance Scale was 47.73 (SD = 3.96), predicting that these patients had a good sitting balance.

Statistical difference was not observed in muscle tone measured by the Ashworth Scale in the three moments.

In Table 1, the FM demonstrated statistical significance in many items between the first (pre-treatment) and the third (follow-up) evaluations, including improvement of pain, proprioception, wrist and coordination velocity. Differences between the first (pre-treatment) and the second (post-treatment) evaluations were found in flexor synergy and in the total motor score for the upper limb.

Functional evaluation, measured by the Barthel Index, showed significant difference between both moment 1 (pre-treatment) to moment 2 (post-treatment) and from moment 1 to moment 3 (follow-up) (Table 1). No statistical significance was detected in any of the items

Fig. 1



Patient with trunk restraint.

Table 1 Comparative analysis of the Fugl-Meyer Assessment Scale and Barthel Index scores

Scale/item	Friedman's test (χ^2)	Wilcoxon's test P-value	Significant differences between the moments
Fugl-Meyer active joint/range	1.50	0.472	–
Fugl-Meyer/pain	8.22	0.016*	M1 $\neq$ M3
Fugl-Meyer/tactile	2.00	0.368	–
Fugl-Meyer/proprioception	6.00	0.049*	M1 $\neq$ M3
Fugl-Meyer/shoulder-forearm	2.69	0.261	–
Fugl-Meyer/flexor synergy	6.07	0.048*	M1 $\neq$ M2; M1 $\neq$ M3
Fugl-Meyer/extensor synergy	1.20	0.549	–
Fugl-Meyer/wrist	6.50	0.039*	M1 $\neq$ M3
Fugl-Meyer/hand	2.89	0.236	–
Fugl-Meyer/coordination velocity	7.05	0.029*	M1 $\neq$ M3
Fugl-Meyer/upper limb	7.95	0.019*	M1 $\neq$ M2; M1 $\neq$ M3
Barthel index	8.33	0.016*	M1 $\neq$ M3; M1 $\neq$ M3

*Significant statistical difference ($P < 0.05$) between moments. M1, pre-treatment; M2, post-treatment; M3, follow-up.

between the second (post-treatment) and the third (follow-up) evaluation.

Discussion

The main outcome of this study was that the repetitive training of reaching tasks with trunk restraint resulted in improvement of clinical measurements of the affected upper limb of hemiparetic patients.

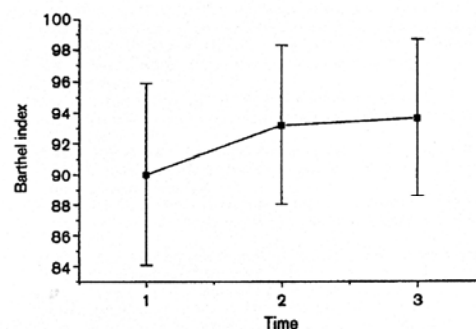
Motor improvement in the upper limb

The increase in the upper limb total motor score of the FM from the pre-treatment to the post-treatment and from the pre-treatment to follow-up (Table 1) may be due to the fact that repetitive training can improve arm performance as a consequence of central changes related to motor learning, as well as spinal and muscular changes. Michaelsen *et al.* (2006) reported that task-related training with trunk restraint improves arm function and active joint range more than task-related training with unrestrained trunk motion.

Reviewing the FM sub-items separately shows that all of them have improved, but only a few have improved significantly (Table 2). In the sub-item 'pain' the improvement may result from the increased active and passive mobilization of the affected upper limb and the greater attention (self-care) directed towards it by the patient. Even without a specific focus on the sensitivity deficit during the training program, we noticed improvements in these areas (Table 2) that strongly contribute to the improvement of the motor function.

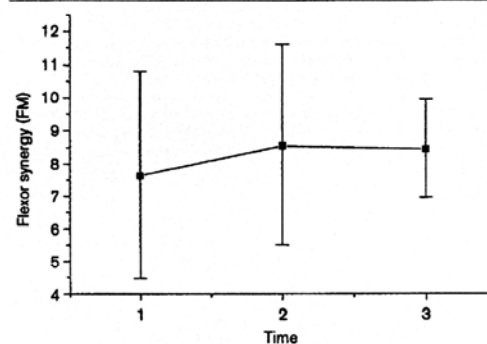
In this study, we found a significant functional gain, measured by the Barthel Index (Table 1; Fig. 2). The Barthel Index is one of the most used assessment scales. It has an easy applicability and measures the main daily life activities. Functional improvement can be attributed to the emphasis given to the training of the affected arm, although this index is not suitable to evaluate whether

Fig. 2



Improvement in the Barthel Index in the three moments considered. FM, Fugl-Meyer Assessment Scale. Time 1, pre-treatment; time 2, post-treatment; time 3, follow-up (3 months after completion of the training programme).

Fig. 3



Improvement in flexor synergy as assessed by the Fugl-Meyer Assessment Scale (FM) in the three moments. Time 1, pre-treatment; time 2, post-treatment; time 3, follow-up (3 months after completion of the training programme).

Table 2 Mean of the sub-items for the upper limb of the Fugl-Meyer Assessment Scale

Fugl-Meyer Scale: sub-items for upper limb	Moment 1: pre-treatment (mean ± SD)	Moment 2: post-treatment (mean ± SD)	Moment 3: follow-up (mean ± SD)
Mobility	23.9 ± 0.30	23.55 ± 0.82	23.64 ± 0.81
Pain	21.18 ± 3.22*	22.27 ± 1.74	22.91 ± 1.51*
Tactile sensitivity	3.64 ± 1.21	3.64 ± 1.21	3.36 ± 1.43
Proprioception	6.09 ± 1.76*	6.55 ± 1.89	6.64 ± 1.50*
Shoulder-arm	15.09 ± 10.45	16.45 ± 11.01	16.09 ± 11.32
Flexor synergy	7.64 ± 3.17*	8.55 ± 3.05*	8.45 ± 3.70*
Extensor synergy	2.64 ± 2.42	2.73 ± 2.76	2.82 ± 2.88
Wrist	3.55 ± 4.16*	4.18 ± 4.40	4.27 ± 4.31*
Hand	8.55 ± 4.25	9.09 ± 3.96	9.00 ± 3.90
Coordination velocity	3.09 ± 1.87*	3.73 ± 2.15	3.91 ± 2.17*
Total score	30.27 ± 19.56*	33.45 ± 20.50*	33.18 ± 20.87*

*Statistical significance ($P < 0.05$) between moments. SD, standard deviation.

the tasks were performed by the healthy arm or by the hemiparetic arm. Therefore, we cannot credit the treatment as being the only factor responsible for the improvement.

Synergic and muscular changes

An alteration in agonist-antagonist contraction could be related to the statistically significant improvement in flexor synergy (Table 2; Fig. 3). Even if not significant, extensor synergy also showed advances. If the patient makes the movement through co-contraction, there is still improvement in the overall synergic performance (Lieber and Frieden, 2002).

In accordance with findings made by Sterr and Freivogel (2004), the current study did not observe significant tone changes in any of the muscular groups of the affected upper limb.

Repetitive practice tasks and motor learning

Our training protocol showed that gains may be achieved with relatively short periods of therapy (13 h, in twice-weekly sessions with a total of 20 sessions of 40 min duration each), a fact that was also observed by Whittall *et al.* (2000) and Karst and Hasan (1987), who demonstrated improvement with brief and few therapy sessions. Cirstea *et al.* (2003) also described that repetitive short-term practice is efficient in obtaining improvement of the affected upper limb reach.

Scores concerning post-treatment for follow-up showed no significant statistical changes, suggesting that there was a long-term treatment effect, as noted in previous research (Taub *et al.*, 1993). This retention may be explained by the utilization of extrinsic information in the form of the knowledge of the result, which stimulated and allowed the perception and correction of subsequent movement through creation and usage of intrinsic sensorial feedback.

References

- Berg KO, Maki BE, Williams JL, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL (1992). Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil* 73:1073-1080.
- Bohannon RW, Smith MB (1987). Interrater reliability of a Modified Ashworth Scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 67:206-207.
- Cirstea MC, Ledue B, Levin M (1998). Hemiparetic patients recruit additional degrees of freedom to compensate lost motor function. In: Arsenault B, McKinley P, McFadyen B, editors. *Proceedings of the 12th congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology*. Montreal. pp. 106-107.
- Cirstea MC, Pito A, Levin MF (2003). Arm reaching improvements with short-term practice depend on the severity of the motor deficit in stroke. *Exp Brain Res* 152:476-488.
- Fugl-Meyer AR, Jaasko L, L  yman L, Olsson S, Steg  lind S (1975). The post-stroke hemiplegic patient. I: a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med* 7:13-31.
- Karst GM, Hasan Z (1987). Antagonist muscle activity during human forearm movements under varying kinematic and loading conditions. *Exp Brain Res* 67:391-401.
- Levin MF (1996). Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis. *Brain* 119:281-293.
- Lieber RL, Frieden J (2002). Spasticity causes a fundamental rearrangement of muscle-joint interaction. *Muscle Nerve* 25:265-270.
- Mahoney RI, Barthel DW (1965). Functional evaluation: the Barthel Index. *Md State Med J* 14:61-65.
- Micha  lsen SM, L  ta AM, Roby-Brami A, Levin MF (2001). Effects of trunk restraint on the recovery of reaching movements in hemiparetic patients. *Stroke* 32:1875-1883.
- Micha  lsen ST, Dannenbaum R, Levin MF (2006). Task-Specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke. *Stroke* 37:186-192.
- Nakayama H, Jorgensen HS, Raaschou HO, Olsen TS (1994). Recovery of upper extremity function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil* 75:394-398.
- Roby-Brami A, Fuchs S, Mokhtari M, Bussel B (1997). Reaching and grasping strategies in hemiparetic patients. *Motor Control* 1:72-91.
- Sterr A, Freivogel S (2004). Intensive training in chronic upper limb hemiparesis does not increase spasticity or synergies. *Neurology* 63:2178-2177.
- Taub E, Miller NE, Novack TA, Cook EW, Fleming WC, Nepomuceno CS, *et al.* (1993). Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 74:347-354.
- Whittall J, McCombe Weller S, Silver KHC, Macko RF (2000). Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke* 31:2390-2402.

ARTIGO 3

Benefits of the trunk restraint therapy associated with task-specific training in patients with longstanding hemiparesis after stroke

Oliveira R, Cacho EWA, Ortolan RL, Cliquet Jr. A, Borges G. Benefits of the trunk restraint therapy associated with task-specific training in patients with longstanding hemiparesis after stroke. Clinical Rehabilitation (submetido).

Benefits of the trunk restraint therapy associated with task-specific training in patients with longstanding hemiparesis after stroke

Roberta de Oliveira ^a, Enio Walker Azevedo Cacho ^b, Rodrigo Lício Ortolan ^c, Alberto Cliquet Jr. ^{b, d}, Guilherme Borges ^a

^a Department of Neurology and Neurosurgery, Faculty of Medical Science, University of Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brazil.

^b Laboratory of Biomechanics & Rehabilitation of the Locomotor System, Department of Orthopedics & Traumatology, Faculty of Medical Science, University of Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brazil.

^c Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET, Belo Horizonte, MG, Brazil.

^d Department of Electrical Engineering, The University of São Paulo – USP, Brazil.

Roberta de Oliveira

Rua Senador Vergueiro, 687 - apto 133 Centro

CEP 13480-001 Limeira – SP – Brazil

Telephone Number: (19) 3032-0271, (19) 9747-5185.

E-mail: rofisio@fcm.unicamp.br / ro_fisio1@hotmail.com

This research was supported by FAPESP grants 06/61199-5 and CNPq 302189/2004-1.

Abstract

Objective: To evaluate the benefits of the trunk restraint therapy associated with task-specific training in hemiparetic patients, analyzing the retention effects after three months of the completed treatment.

Design: A longitudinal controlled clinical trial

Setting: Physiotherapy Outpatient unit

Subjects: Twenty chronic stroke patients were divided in: Group 1 - Trunk restraint group (n=10), Group 2 – trunk free group (n=10). Ten healthy subjects were also selected.

Intervention: Group 1 performed reaching training with trunk restraint, which aims to avoid the compensatory strategies, while the group 2 performed without restraint. Twenty training sessions were accomplished. The subjects were evaluated in baseline, post-treatment and follow-up (three months).

Main measures: Modified Ashworth Scale, Barthel Index, Fugl-Meyer Scale and kinematic motion analysis.

Results: A significant improvement was found in both motor ($p<0.001$) and functional ($p=0.001$) clinical assessments for both group. Group 1 showed less trunk displacement with no statistical significance in this outcome from the baseline to the post treatment, which was not maintained in the follow-up. On the other hand, a significant difference was found in group 2 from baseline to the post treatment ($p=0.002$), remaining this result in the follow-up. Although both groups showed a significant increase in the shoulder horizontal adduction ($p=0.003$), only group 1 showed a significant improvement in the shoulder ($p=0.001$) and elbow ($p=0.038$) flexion-extension.

Conclusion. Trunk restraint therapy proved to be an effective treatment in the improvement of shoulder and elbow active joint range even after three months follow-up. However, continuous use of harness may have caused patient dependence on the technique (group 1). Although subjects from Group 2 were more effective in trunk contention, there was no significant improvement in the upper limb range of motion.

Keywords: stroke, task-specific training, trunk restraint, reaching, kinematics, motor control.

Introduction

One of the most common deficits after stroke is the loss of coordinate coupling between synergic muscles and joints, especially in the upper limbs. This loss of coupling could affect the reaching movement trajectory which is essential for the development of activities of daily living (ADL).¹

After stroke, reaching movements are characterized by a great temporal (multiples velocity peaks) and spatial (less-straight wrist trajectory) segmentation, with reduced active range of motion of shoulder and elbow movements, disrupted interjoint coordination (combined patterns of shoulder flexion and elbow extension) and increased trunk displacement.²

A given task can be executed in different ways through the different combination of individual joint movements (degrees of freedom). This ability of the musculoskeletal system is called ‘motor redundancy’, which is an important aspect of the normal voluntary movement.³ During the stroke recovery process, the Central Nervous System (CNS) seems to retain the capacity to explore this motor redundancy through the use of the trunk recruitment (additional degrees of freedom) as a substitute of the lost motor elements (deficits in the upper limb joint range).⁴ In the Cirstea and Levin study, the trunk recruitment was justified for the need to overcome the upper limb joint ranges limitation. However, the motor persistence compensation can lead to a limitation to the long-term post-stroke recovery.²

Michaelsen *et al.*⁵ proposed a trunk restraint technique associated to a task specific reaching training program. The loss of interjoint coordination between elbow and shoulder limits the harmonic reaching movement, which is compensated by the recruitment of additional degrees of freedom; mainly of trunk and shoulder girdle movements.⁶ The restraint aims to avoid compensatory trunk movement and to facilitate the development of normal motor patterns in the affected upper limb.

Task-specific training is based on therapeutic exercises focusing on the motor impairment and offers function specificity to the rehabilitation programme.⁷ It is important to emphasize the tasks needed to be transferred to the real environment in order to guarantee an efficient learning, which is proved by the retention tests. The retention of motor learning occurs, in a more significant way, if there is variability and specificity of the tasks performed.⁸

Other studies also shows that trunk restraint therapy can improve the shoulder and elbow range of motion and also decrease compensatory trunk strategies.^{4,9} These changes were also kept in the retention tests. However, in those studies there was only one month interval between the post-treatment and follow-up. Thus, the objective of this investigation was to evaluate the benefits of the trunk restraint therapy associated to a task-specific training in hemiparetic patients, analyzing the retention effects three months after the training.

Methods

Subjects

Twenty hemiparetic chronic stroke subjects were selected from the Physiotherapy and Occupational Therapy Outpatient Unit of the University Hospital at Campinas – UNICAMP and all of them signed ethics consent forms previously approved by the Research Ethics Committee of the University (#110/2004). Ten healthy subjects were also selected to obtain normal reference parameters.

Patients had sustained a single and chronic (>6 months post-event) unilateral stroke of non-traumatic origin, with hemiparetic sequel in the upper limb; could understand simple instructions; perform community gait, and had a good sitting balance (Berg > 46).¹⁰ Those with shoulder pain or other neurological and orthopedic conditions affecting the reaching movement ability or trunk, hemispatial neglect or apraxia were excluded.

Design

This study is a controlled clinical trial. The patients who met the inclusion criteria were stratified to one of two groups. A sealed opaque envelope containing a single cheat of paper marked with numbers 1 (group 1) or 2 (group 2), was used to allocate the patient (Figure 1). This procedure was made by an external assessor. The patients were not informed about the different treatment groups and therefore, they were blind for the type of intervention applied.

Intervention

The patients were divided into two groups:

- Group 1 - Trunk restraint group (n = 10): reaching training with trunk restraint by a harness that limited the trunk movements (Figure 2).
- Group 2 - Trunk free group (n = 10): reaching training without trunk restraint, only with verbal cue to maintain the trunk right position.

In both groups, the patients trained for forty-five minutes, two times a week, totalizing twenty sessions (ten weeks, approximately). In the first 15 minutes, they performed extension exercises and active mobilization of the upper limb and shoulder girdle. On the other 30 minutes they performed reaching training (with or without harness, according to the group). The training was based in the motor learning concepts including repetitive and task-specific practice. The task consisted of grasping a cone (3.5 cm diameter base, 13 cm high) and fitting random targets as requested by the therapist in a training platform (54 cm length, 64 cm extent, 1.5 cm high) with 9 targets (6.5 cm diameter) placed 10-13 cm apart, along 3 lines. The targets, which were ordered in a way that stimulated the complete range of motion of shoulder and elbow, had pictures, colors, letters and numbers on them yielding variability and feedback to the performing tasks. Therefore, attention and cognitive capacity were required. The feedback and the level of difficulty were modified according to the response of each subject.

The healthy subjects (HS, n=10) participated in a single session of kinematic assessment and performed the same capture procedures of the hemiparetic subjects.

Outcome measures

The evaluations were performed in three phases: the first one, in admission time (baseline); second one, after the end of the twenty training sessions (post-treatment); the third one, three months after the training program was completed (follow-up). All the evaluations scales and the kinematic assessment were carried out by two physiotherapists blinded to the environment which the patients were allocated.

Clinical evaluations

The muscle tone was evaluated using the Modified Ashworth Scale (MAS) that measures the muscle resistance to passive stretch. The scale ranges from 0 (no spasticity) to 4 (total rigidity).¹¹

Upper extremity motor impairment was evaluated using the Fugl-Meyer Assessment Scale (FM).¹² This scale has a total score of 66 points for upper limbs, reflecting a mild motor impairment (≥ 50), moderate to severe (50-20) and severe (< 20).⁹

The Barthel Index (BI) assesses activities of daily living (ADL) like clothing, nourishment, personal hygiene and transfers, with a total score of 100 characterizing complete independence.¹³

The Berg Balance Scale was applied to evaluate the sitting and standing balance only for admission requirements. The scale includes 14 tasks, with a score varying from 0 to 4 (0, not be able to perform; 4, complete the task), and with a total score of 56, where 0 to 20 is considered a poor balance, and 40 to 56, a good balance.¹⁰

Kinematic analysis

Kinematic data were recorded by an infrared system of motion analysis (Qualisys Inc., Glatonbury, CT, USA) with sample frequency of 240 Hz, during 8 seconds.

The coordinated data was low-pass filtered using a 6 Hz, finite impulse response (FIR) filter with order 26 using the Matlab software (Mathworks Inc., Natick, MA, USA).

Five infrared reflexive markers were placed on the contralateral (1) and ipsilateral (2) acromions, midsternum (3), lateral humeral epicondyle (4) and wrist radial styloid process (5) (Figure 3).

For the kinematic capture, the subjects were seated in a chair and invited to fit a cone in a target located within arm's length (arm length was measured on the non-affected arm from the medial border of axilla to the distal wrist crease). The target was placed so that, from a biomechanical viewpoint, only the arm movement was required to reach the target (it was not necessary to move the trunk). The initial position of the hand of the affected arm was lateral to the trunk, with the shoulder in neutral position and the elbow close to the body (90°). Starting from this position the subjects were invited to reach the target with the cone and return to the initial position in a comfortable self-paced speed. Three trials of 6 to 8 seconds' time were recorded and a media was used to calculate the evaluated data.

Values concerning sagittal (YZ), horizontal (XY) and 3-dimensional (XYZ) planes were computed.

Trunk displacement was verified in millimeters as sagittal movement of marker 3 (midsternum).

Index of curvature (IC) was measured from marker 5, adopting as a reference the marker 3. The IC shows the straightness of the wrist trajectory from the initial position to the goal, resulting in a ratio of actual end point path to a straight line. A straight line has an index of 1, whereas a semicircle has an index of $1.57 (\pi/2)$.

To determine the joint range of motion, the elbow and shoulder angles were computed. Shoulder angles were calculated using 2 vectors formed from marker 1 to marker 2, and from marker 2 to marker 4; with flexion/extension movements in sagittal plane and adduction/abduction movement in horizontal plane. Full horizontal abduction and the anatomical position were considered at 0° . Flexion/extension elbow angles were

measured using 2 vectors formed from marker 2 to 4 and from marker 4 to 5, using the sagittal and horizontal planes. The elbow full extension was considered at 180°.

Movement time was defined as differences between movement onsets and offsets which tangential velocity rose above and fell below at 5% of its peak value.

The maximum tangential velocity of the arm was computed from the velocity vector expressed by a numerical difference from wrist and sternum markers in the 3-dimensional plane. Numbers of peaks and the percentage of movement time at the maximum peak velocity (rate - %) were extracted from tangential velocity traces. The number of peaks, expresses the smoothness and the segmentation of the wrist marker trajectory, and it was obtained by polarity change in the already filtered signal. The rate of the maximum velocity peak (%) was measured in relation to the movement peaks within the total amount of time, determining the deceleration phase (Figure 4).

Statistical analysis

Chi-square, or Fisher's tests, was used to compare the categorical variables (i.e. gender) between the three groups (HS, TRG, TFG). Mann-Whitney (for two groups) and Kruskal-Wallis (for three groups) tests were used to compare the ratio dates (i.e. age, years since stroke) measured at a single instant. Repeated-measure analysis of variance (ANOVA) and appropriate post-hoc tests (Bonferroni) were applied to compare the numerical variables (i.e. kinematics dates) between groups and instants. The level of significance adopted was 5% ($p < 0.05$).

Results

Baseline dates

The mean age of the selected patients was 51.5 years (SD 12.10) and time elapsed after stroke had a mean of 4.88 years (SD 4.48). The mean score in the Berg Balance Scale was 46.95 (SD 4.31), predicting that these patients had a good sitting balance. No statistical significance was found between the groups for the clinical and

socio-demographic variables evaluated in the baseline, except for the age that presented a significant difference between the healthy subjects (HS) and the group 1 (Table 1).

Clinical results

A significant improvement was detected for both groups in the motor ($p<0.001$) and functional ($p=0.001$) assessments, from baseline to the post-treatment and follow-up. The muscle tone assessment presented no statistical significance (Table 2).

Kinematic results

Healthy subjects (HS)

Healthy subjects performed the reaching training with a slight trunk displacement and with elbow and shoulder joint ranges similar to kinematic reaching studies in healthy subjects (Table 3).⁵ The less trunk recruitment occurred due to the fact that the target position (placed within the arm's length) did not require to use of the additional degrees of freedom once the elbow and shoulder joint ranges could perform, in a harmonic way, the required task.

The wrist trajectory of the HS showed a less-curved trajectory, with values of IC near 1 and with a predominant velocity peak in which the ratio of maximum velocity occurs before the half movement. The HS are fast in the movement executions, which could be seen in the total time of movement and in the maximum velocity (Table 3).

Hemiparetic subjects (Groups 1 and 2)

Shoulder horizontal adduction ($p=0.015$), shoulder flexion/extension ($p=0.012$), elbow horizontal ($p=0.038$) and sagittal ($p=0.009$) flexion/extension presented a significative difference in the baseline between the hemiparetic groups, showing that the group 1 had lower scores than the group 2.

Group 1 showed no statistical significance for the trunk displacement variable. However, Table 2 shows a reduction in average of the trunk excursion from baseline to post-treatment that was not maintained in the follow-up. In contrast, group 2 showed

significant results from baseline to post-treatment and maintained those values in the follow-up, although, in this situation, with no statistical significance (Table 3).

The IC was higher for both groups than for the healthy subjects, with no significant improvement during the assessments. An elevated score on IC variable denotes that the post-stroke subjects performed a more curved reaching trajectory (Table 3).

Statistical significance was found in shoulder horizontal adduction, in both groups, from baseline to the post-treatment and follow-up ($p=0.003$). Both groups presented an improvement in the shoulder flexion/extension joint range, but only the group 1 was statistically significant ($p=0.001$).

Group 1 obtained a significant improvement in the elbow horizontal flexion/extension (from baseline to follow-up, $p=0.038$). However, although no statistical results were found, there was an increase in the elbow sagittal flexion-extension in the group 1. Elbow sagittal and horizontal flexion-extension did not change for the group 2 (Table 3).

In contrast to healthy subjects, the stroke subjects had a slower movement evidenced by a decrease in the maximum velocity scores ($p<0.01$) and a major movement time ($p<0.01$). From both groups, after the training period, there was an improvement in the maximum velocity and movement time, thus with no statistical significance (Table 3).

Tangential velocity profiles of healthy subjects were bell-shaped and had one predominant peak. In contrast, stroke subjects presented a fragmented and disrupted trajectory manifested by many numbers of peaks and irregularity traces in the velocity profile. After the training sessions and in the retention test, there was no statistical decrease in the number of peaks from both groups (Table 3).

The rate of maximum peak velocity did show a significant improvement from baseline to follow-up ($p=0.030$) only for the group 1, although the group 2 also presented an improvement (Table 3).

Discussion

In the present study, trunk restraint therapy was able to provide distinct benefits from both stroke groups. The harness, applied in 100% of the reaching treatment sessions, induced dependency in group 1 patients and was not efficient in the reduction of the trunk displacement from baseline to follow-up. In contrast, the trunk restraint therapy resulted in an improvement of the shoulder and elbow active joint ranges, offering more chances in the intensive use of the affected arm. Although the unrestraint training resulted in lower scores in the trunk displacement kinematic variable of the group 2, there was no significant improvement in the upper limb joint ranges except for the shoulder adduction. Therefore, these patients developed more attention to the abnormal recruitment of the trunk and did not make a good use of the multijoint combinations that could be present in the hemiparetic upper limb.

The clinical measures (Fugl-Meyer Scale and Barthel Index) showed an improvement in the upper limb motor and functional impairment for both groups. These data corroborate with Oliveira *et al.*¹⁴ study which observed a great motor and functional improvement for the hemiparetic group who had a trunk restraint therapy intervention. The present study demonstrate that the unrestraint training could produced the same functional effects that the trunk restraint therapy. These results demonstrate that the gains with task-specific training can be transferred to the functional abilities even after short periods of practice. The use of functional evaluation specific for the upper limb can better assess the improvements caused by the training (i.e. Action Research Arm Test).¹⁵

The motor improvement may be related to the gain in selective motor control of the shoulder and elbow proximal muscles. The abnormal shoulder abductor and elbow flexor coupling present in the hemiparetic patients produces a limitation in the active range of motion, leading to a reduction in the workspace reaching.¹⁶ The clinical gains observed in the FM, may be due the improvement in the movement selectivity that is noticed in the course of post-stroke upper limb motor recovery.¹⁷

In this study, the most patients presented slightly spasticity, and did not produce secondary deficits as pain and contractures. This factor may suggest that there were no changes in the spasticity level after training. However, the training task done in our study is

beneficial in reducing spasticity as well as demonstrated by Sterr and Freivogel¹⁸, in a intensive training programme in chronic upper limb hemiparesis, in addition to just improving the function.

The therapeutic intervention based on the restriction of the trunk compensatory movements aims to decrease the use of additional degrees of freedom while promoting the facilitation of upper limb normal motor patterns.⁹ Although the patients have a tendency to use trunk compensatory strategies, they can retain the ability to explore the range of motions of arm joints.² Moreover, the ability to control the body position in space, in order to obtain stability and orientation, has a profound influence in the upper extremity function.¹

In this present study, both training protocols showed to be effective in reducing the trunk compensatory recruitment, but only the group 2 retained the gains obtained during the treatment period, in a meaningful way.

The continuous use of the trunk physical restraint (harness) in group 1 may have produced an intense dependence, leading the patient to miss the intrinsic information which is responsible for the ability of error detection and correction.¹⁹ However, the use of cutaneous and proprioceptive information giving to the group 1 by the harness, has a crucial hole in motor recovery of patients with brain damage, also fundamental to the beginning of motor training.^{14,20} In addition, the group 1 acquired higher improvements in the shoulder and elbow active joint range when compared to group 2. The increase in the shoulder and elbow active range of motion was also related by Michaelsen *et al.*⁵, suggesting that when the trunk restraint is applied, the patients are forced to execute movements out of abnormal synergy patterns, producing an effective increase in the shoulder and elbow active range of motion as well as in the interjoint coordination.

Reaching training only with verbal guidance (group 2), despite having been shown to be more effective in the trunk recruitment retention, did not offer an improvement in shoulder and elbow joint ranges, except for the shoulder adduction range, which can be explained by the facilitation that occurs naturally in adduction movements due to the characteristic flexor pattern of stroke.²¹ The use of proprioceptive information and the

intrinsic (corrective) and extrinsic (verbal) feedback in the group 2 seems to have contributed for the better trunk restraint, once the acquisition of new motor skills may be associated with the gradual decrease in the number of degrees of freedom employed.²² Although there was an improvement in the degree of freedom of the trunk in group 2, this did not reflect in a better mobility of the upper limb. This is could be due the fact that unrestraint reaching do not facilitate complete active range of motion of the upper limb, and those patients are limited to the degree of freedom obtained before the therapy.²³

Another factor that may have led to an improvement in the active joint range only in the group 1 is that group 2 showed similar kinematic values to the HS in the baseline. Therefore, we can infer that the group 1 still had a sub-clinical potential to be explored, unlike the group 2 that already had values very close to those considered regular (motor recovery plateau). Nevertheless, the group 2 had also conditions to improve because this plateau is not indicative that the person has lost the capacity to improve.²⁴ The change in the training intensity and the introduction of new exercises could be ways to overcome this accommodation, mainly in chronic subjects.²⁵

Regardless of the applied protocol, both groups showed positive results in mean values for the movement velocity. All patients reduced the task execution time, increased the velocity of movement and performed more harmonic trajectories, i.e. less velocity peaks (Table 3). Cirstea *et al.*²⁶ reported that after many movement repetitions, the stroke patients presented an improvement in the movement precision and segmentation. The authors suggested that even a single session of repetitive practice of pointing movements induce to an enhancement in the short-term learning. In the present study, the task-specific training may have been the cause of this improvement, since exercise programmes in which functional tasks are directly and intensively trained demonstrates greater benefits to the patients.²⁷ A repetitive training associated with a task-specific approach (45 min/day) is able to produce a cortical reorganization, inducing the long-term potentialization and providing significant gains in function of the affected arm.²⁴

The hemiparetics spent more time in the phase after the maximum peak velocity, because this is the period where feedback is more likely to be used to adjust the movement in a way to compensate the higher movement variability and thus improve

accuracy.^{28,29} The increase in the deceleration time is indicative of an increase in the control of corrective feedback happened.³⁰ In the baseline, the patients presented early velocity peaks because they depended on long deceleration phases to make the correction of the movement. The use of physical feedback, provided by the harness associated with the task-specific tasks, was able to provide an increase in the maximum velocity rate (i.e. the maximum velocity peak occurred more lately). This suggests that the patients had less time to make the movement correction, which may have led to improvement in the internal planning.

One of the possible limitations of this study may be the small number of patients recruited for each group. A third group with no trunk restraint and no task-specific training could be better to understand the improvements.

Observing the results of the present study, the authors suggested that trunk restraint therapy should be used mainly in the acquiring period of new abilities, in order to avoid the onset of compensatory strategies and to yield better results for the upper limb active movement, to guide and assist the patient in the error reduction.¹⁹ However, it would be better if there was a reduction in physical continuous feedback during the latest sessions, in order to avoid dependence of the giving information. The use of verbal feedback could be a valid alternative during the physical restraint reduction, in order to prevent the compensatory trunk movements.

Clinical Messages

- Trunk restraint therapy associated with task-specific training proved to be an effective treatment to enhance shoulder and elbow active joint range, as well as to improve the internal planning of the movement.
- Although the unrestraint reaching training had reduced trunk displacement, no benefits in the active joint range were observed.

Acknowledgements

We would like to thank The State of São Paulo Foundation for Research – FAPESP (# 06/61199-5) and National Council for Science and Technological Development - CNPq (# 302189/2004-1) for their financial support.

References

1. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Controle Motor - Teoria e aplicações práticas*, second edition. Manole, São Paulo, 2003.
2. Cirstea MC, Levin MF. Compensatory strategies for reaching in stroke. *Brain* 2000; **123**: 940-953.
3. Archambault P, Pigeon P, Feldman AG, Levin MF. Recruitment and sequencing of different degrees of freedom during pointing movements involving the trunk in healthy and hemiparetic subjects. *Exp Brain Res* 1999; **126**: 55-67.
4. Michaelson SM, Levin MF. Short-term effects of practice with trunk restraint on reaching movements in patients with chronic stroke. *Stroke* 2004; **35**: 1914-19.
5. Michaelson SM, Luta A, Roby-Brami A, Levin MF. Effect of trunk restraint on the recovery of reaching movements in hemiparetic patients. *Stroke* 2001; **32**: 1875-1883.
6. Levin MF. Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis. *Brain* 1996; **119**: 281-94.
7. Kwakkel G. Impact of intensity of practice after stroke: issues for consideration. *Disabil Rehabil* 2006; **28** (13-14): 823-30.
8. Kalra L, Ratan R. Recent advances in stroke rehabilitation 2006. *Stroke* 2007; **38**: 235-37.
9. Michaelson SM, Dannenbaum R, Levin MF. Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke. *Stroke* 2006; **37**: 186-92.
10. Berg KO, Wood-Dauphinee S, Williams JJ. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with acute stroke. *Scand J Rehabil Med* 1995; **27**: 27-36.
11. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a Modified Ashworth Scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987; **67** (2): 206-207.

12. Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman L, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiparetic patients. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med* 1975; **7**: 13-31.
13. Mahoney FI, Barthel D. Functional evaluation: the Barthel Index. *Maryland St Med J* 1965; **14**: 56-61.
14. Oliveira R, Cacho EWA, Borges G. Improvements in the upper limb of hemiparetic patients after reaching movements training. *Int J Rehabil Res* 2007; **30(1)**: 67-70.
15. Paz LPS, Borges G. Teste da Ação da Extremidade Superior como medida de comprometimento após AVC. *Rev Neurocienc* 2007; **15(4)**: 277-83.
16. Sukal TM, Ellis MD, Dewald JPA. Shoulder abduction-induced reductions in reaching word area following hemiparetic stroke: neuroscientific implications. *Exp Brain Res* 2007; **183**: 215-23.
17. Twitchell TE. The restoration of motor function following hemiplegia in man. *Brain* 1951; **74**: 443-80.
18. Sterr A, Freivogel S. Intensive training in chronic upper limb hemiparesis does not increase spasticity or synergies. *Neurology* 2004; **63**: 2176 -77.
19. Clark SC. Frequência de conhecimento de resultado e aprendizagem motora: linhas atuais de pesquisa e perspectivas, in: Tani, G., (ed), *Comportamento Motor: aprendizagem e desenvolvimento*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2005.
20. Woldag H, Hummelshein H. Evidence-based physiotherapeutic concepts for improving arm and hand function in stroke patients. A review. *J Neurol* 2002; **249**: 518-28.
21. Zackowski KM, Dromerick AW, Sahrman SA, Thach WT, Bastian AJ. How do strength, sensation, spasticity and joint individuation relate to the reaching deficits of people with chronic hemiparesis? *Brain* 2004; **127**: 1035-46.
22. Bernstein N. *The coordination and regulation of movements*. Pengamon, Oxford, 1967.

23. Roby-Brami A, Feydy A, Combeaud M, Biryukova EV, Bussel B, Levin MF. Motor compensation and recovery for reaching in stroke patients. *Acta Neurol Scand* 2003; **107**: 369-81.
24. Page SJ. Intensity versus Task-specificity after stroke: How important is intensity? *Am J Phys Med Rehabil* 2003; **82**: 730-32.
25. Page SJ, Gater DR, Bach-y-Rita P. Reconsidering the motor recovery plateau in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; **85**: 1377-81.
26. Cirstea MC, Ptito A, Levin MF. Arm reaching improvements with short-term practice depend on the severity of the motor deficit in stroke. *Exp Brain Res* 2003; **152**: 476-488.
27. Van Peppen RPS, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJM, Van der Wees PJ, Dekker J. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil* 2004; **18**: 833-62.
28. Van Vliet PM, Sheridan MR. Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; **88**: 1325-31.
29. Thielman GT, Dean CM, Gentile AM. Rehabilitation of reaching after stroke: task-related training versus progressive resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; **85**: 1613-18.
30. McCrea PH, Eng JJ. Consequences of increased neuromotor noise for reaching movements in persons with stroke. *Exp Brain Res* 2005; **162**: 70-77.

Tables and Figures

Table 1. Baseline characteristics

	HS	Group 1	Group 2
Gender (%)			
Male	50	80	60
Female	50	20	40
Age (years)*	38.00±12.32	47.40±11.46	55.60±11.85
Type of lesion (%)			
Ischemic		60	70
Hemorrhagic		40	30
Impairment side (%)			
Right		60	50
Left		40	50
Years after onset		4.32±4.03	3.44±3.12
FM – Upper limb		32.80±18.62	34.90±17.93
Barthel Index		91.50±3.37	89.00±8.43

HS, healthy subjects; FM, Fugl-Meyer Scale.

*Significant difference between healthy subjects and Group 1 (p=0.037)

Table 2. Clinical measures of hemiparetic groups.

Variables	Group 1			Group 2		
	Baseline	Post-treatment	At 3 months	Baseline	Post-treatment	At 3 months
MAS – Shoulder flexors	0.10±0.32	0.00	0.00	0.10±0.32	0.10±0.32	0.00
MAS – Elbow flexors	0.80±0.59	0.95±0.90	0.90±0.88	1.00±0.75	0.75±0.72	0.60±0.66
FM-Upper limb^a	32.80±18.6	35.70±20.13	35.80±19.78	34.90±17.93	38.30±19.59	37.60±19.13
	2					
Barthel Index^b	91.50±3.37	93.50±5.30	94.00±5.16	89.00±8.43	93.50±5.80	96.00±4.59

MAS, Modified Ashworth Scale; FM, Fugl-Meyer Scale.

^a p<0.001; ^b p=0.001

Table 3. Mean values (SD) of kinematic variables.

Kinematic variable	HS	Group 1			Group 2		
		Baseline	Post-treatment	At 3 months	Baseline	Post-treatment	At 3 months
Trunk displacement							
(mm) ^a	18.62±10.05	85.12±86.09	42.13±29.94	79.98±79.52	97.73±83.18	25.21±10.22	33.93±20.70
Index of curvature	1.25±0.06	1.58±0.28	1.55±0.22	1.51±0.24	1.42±0.15	1.41±0.20	1.40±0.21
Shoulder horizontal							
adduction (degree) ^b	70.30±16.58	33.71±12.74	45.24±18.32	45.23±15.68	53.32±17.50	60.66±8.97	59.90±18.37
Shoulder							
flexion/extension (degree) ^c	47.63±9.10	22.10±7.25	32.56±12.48	32.77±10.33	38.96±12.95	43.47±11.61	42.89±12.32
Elbow horizontal							
flexion/extension (degree) ^d	44.70±7.24	38.89±4.36	47.77±10.25	47.23±11.99	46.80±10.19	45.39±8.71	45.55±9.47
Elbow sagittal							
flexion/extension (degree)	64.91±11.37	26.62±9.36	36.77±18.31	33.25±15.0	49.53±22.88	46.22±26.23	42.97±20.43
Movement time (s)	0.74±0.23	1.79±0.77	1.67±0.68	1.44±0.41	1.51±0.42	1.37±0.48	1.42±0.46
Wrist Peak velocity (mm/s)	1007.56±209.35	497.76±185.01	537.97±163.04	595.38±160.65	580.60±191.53	715.17±197.36	622.02±183.25
Velocity rate (%) ^e	42.33±7.63	22.69±14.43	32.41±11.73	37.87±14.06	33.93±11.68	43.27±13.59	37.49±8.95
Velocity peaks (n)	1.69±0.50	12.41±9.56	10.11±5.12	9.13±5.75	9.34±4.99	7.48±5.13	7.48±4.22

HS, health subjects

^a group 2 – p=0.002 (baseline to post-treatment)

^b groups 1 and 2 – p=0.003 (baseline to post and follow-up)

^c group 1 – p=0.001 (baseline to post and follow-up)

^d group 1 – p=0.038 (baseline to follow-up)

^e group 1 – p=0.030 (baseline to follow-up)

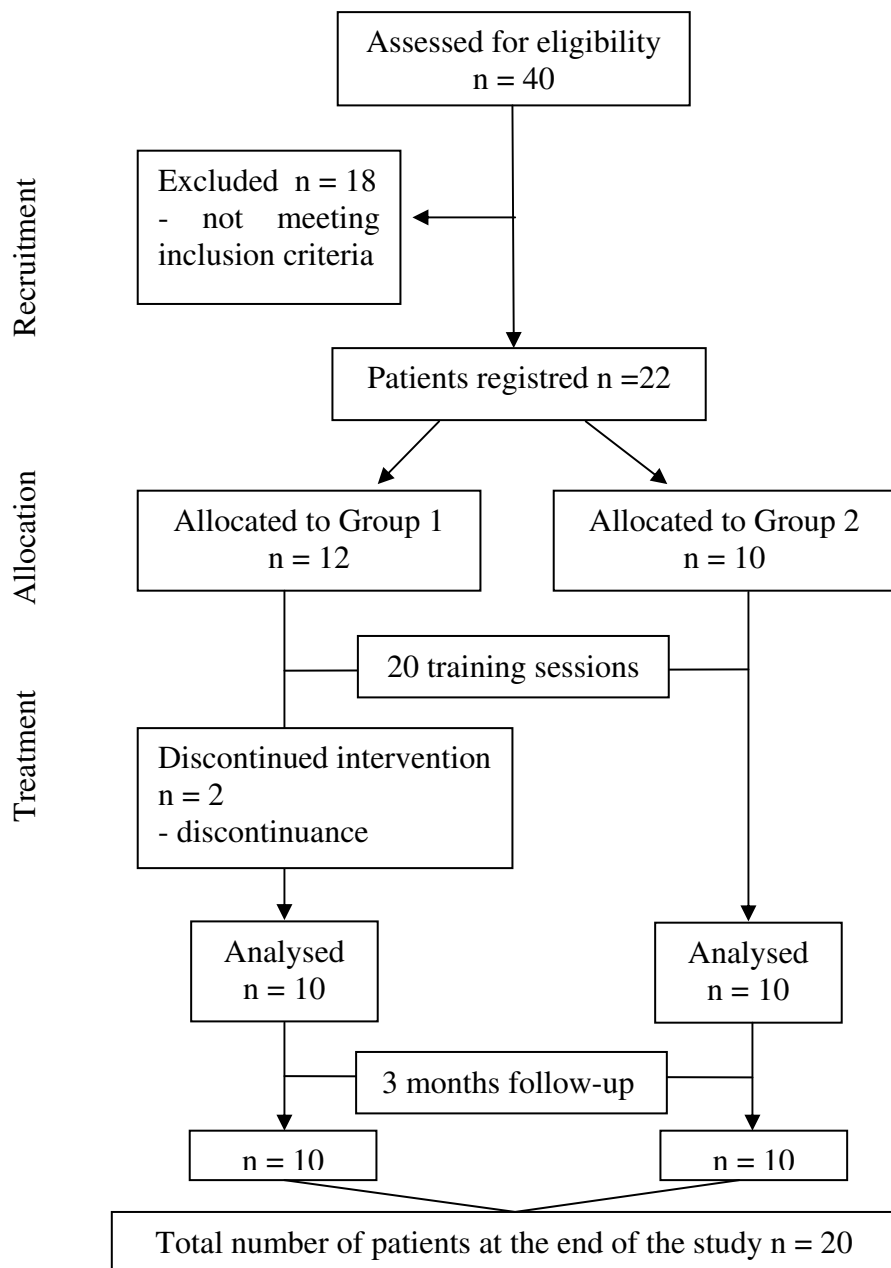


Figure 1. Flowchart of the stroke patients included in the study.

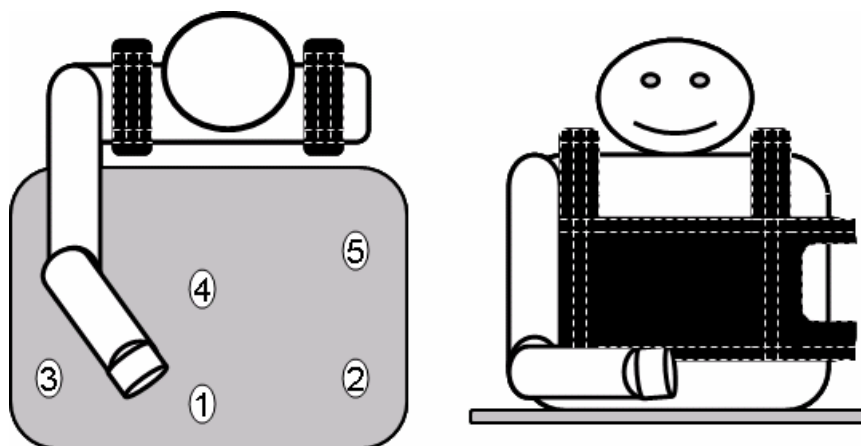


Figure 2. Harness and Training plataform. A subject performing the reaching training with trunk restraint by a harness. The numbers in the targets were used to perform cognitive tasks.

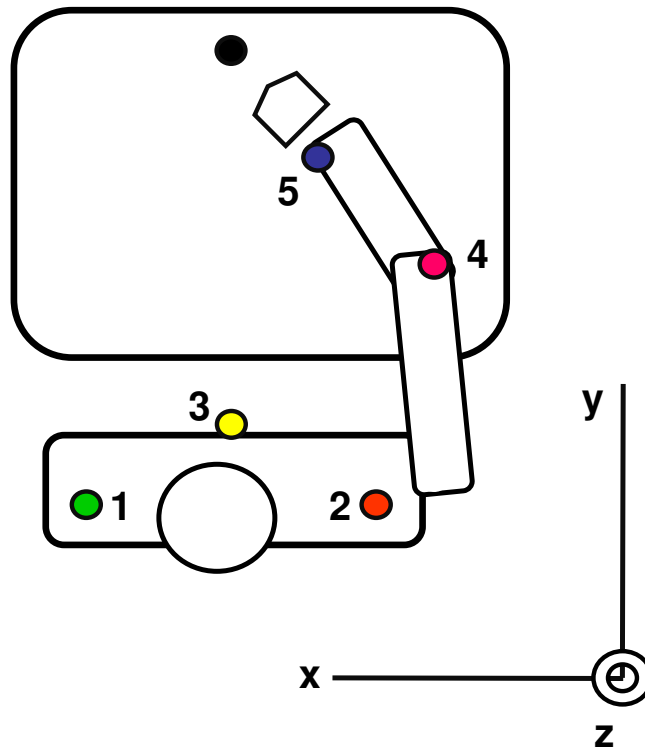


Figure 3. Horizontal plane showing the five markers: 1, contralateral acromion; 2, ipsilateral acromion; 3, midsternum; 4, lateral humeral epicondyle; 5, wrist radial styloid process.

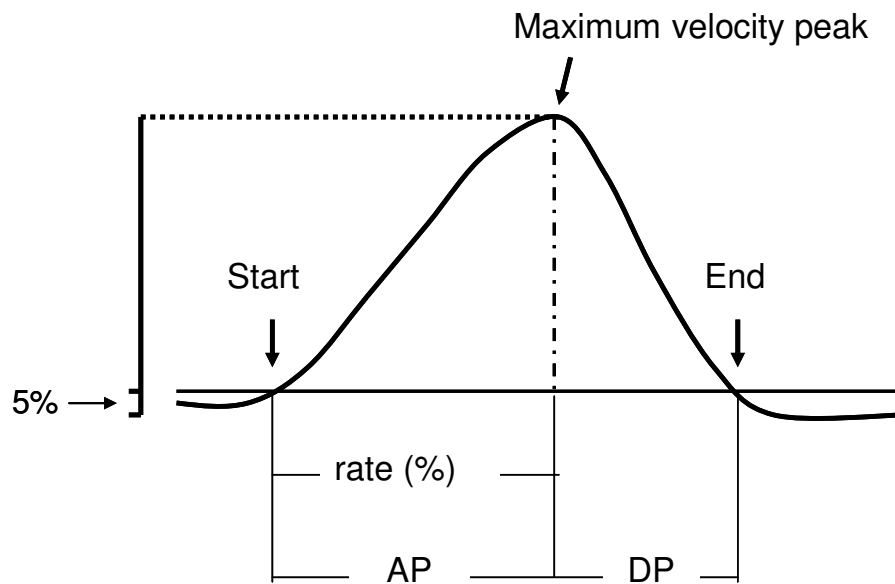


Figure 4. Velocity graph from healthy subject. The rate of the maximum velocity peak results in a velocity trace division - acceleration and deceleration phases. Deceleration phase predict the movement correction time. AP, acceleration phase; DP, deceleration phase.

DISCUSSÃO GERAL

A utilização de escalas quantitativas e qualitativas vem ocupando mais espaço nos programas de reabilitação. Porém, há poucos estudos endereçados em correlacionar as avaliações com o processo de recuperação neural (Ferruci et al., 1993). Para que a avaliação do comprometimento motor e funcional do paciente neurológico seja feita de forma completa, mais de uma escala de avaliação deverá ser utilizada, com o intuito de se complementarem, traduzindo, assim, o quadro físico global do paciente.

No **Artigo 1**, o Índice de Barthel (IB) apresentou correlação positiva com a pontuação motora total da Escala de Fugl-Meyer (FM), coincidindo com o estudo de Ferrucci et al. (1993), o qual relatou que mudanças estatísticas relacionadas à escala de FM foram significativamente relacionada com o IB. Sendo assim, uma boa recuperação no comprometimento motor irá predizer uma melhora na capacidade funcional, quando utilizadas as escalas de FM e IB em conjunto. Além da recuperação neurológica, outro fator que contribui para a recuperação funcional de pacientes pós-AVC é a capacidade de adaptação ao meio ambiente em que convive, muitas vezes através da utilização de estratégias motoras compensatórias (Wade et al. 1983; Garland et al., 2003). Um modo para investigar os diferentes mecanismos de recuperação é a utilização de mensurações distintas que abordem as várias perspectivas da recuperação sensório-motora e funcional (Bohannon, 1995, Garland et al., 2003).

O nível de comprometimento motor do membro inferior, mensurado pela FM, correlacionou-se significativamente com as pontuações da Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) e com a seção de equilíbrio de FM. Além disso, a EEB e a seção de equilíbrio de FM apresentaram uma forte correlação estatística entre si. O comprometimento das respostas posturais automáticas, que contribuem para o equilíbrio sentado e em pé, estão diretamente envolvidas com a atividade coordenada dos músculos do tronco e dos membros (Karatas et al., 2004). A avaliação do comprometimento motor do membro inferior pela FM reflete a habilidade do paciente em segmentar os movimentos com o membro parético, fato este que contribui de forma substancial para as estratégias posturais antecipatórias e pró-ativas, mensuradas pela EEB e pela seção de equilíbrio de FM (Desrosiers et al., 2003).

O nível de capacidade funcional (IB) apresentou significância estatística quando comparado com a seção de equilíbrio de FM. Um bom equilíbrio reflete um adequado controle de tronco, o qual se torna imprescindível para a manutenção e estabilidade corporal durante a realização de muitas tarefas funcionais (Bohannon, 1995). O equilíbrio é também um importante sinalizador dos resultados da reabilitação sensório- motora e funcional após o AVC (Juneja et al., 1998).

Previamente, alguns autores já haviam documentado que os movimentos de alcance em pacientes hemiparéticos pós-AVC são, freqüentemente, acompanhados de excessiva movimentação de tronco e cintura escapular (Roby-Brami et al., 1997). A presença do recrutamento excessivo de tronco pode limitar a recuperação de padrões normais de movimento do braço (Michaelson et al., 2001).

A terapia de restrição de tronco associada ao treinamento repetitivo demonstrou surtir efeito positivo no membro superior e na função de pacientes hemiparéticos pós-AVC (**Artigo 2**).

A melhora na pontuação de membro superior pela FM pode ser atribuída a dois fatores principais: pelo uso da restrição de tronco e pelo treinamento repetitivo aplicado. A intervenção terapêutica com base na restrição dos movimentos compensatórios do tronco objetiva a diminuição do uso de graus adicionais de liberdade enquanto promove a facilitação de padrões motores normais do membro superior (Michaelson et al., 2006). A prática motora repetitiva tem sido identificada como procedimento favorável ao processo de recuperação motora pós-AVC. A repetição freqüente de movimentos utiliza um enorme potencial plástico do cérebro e parece induzir a reorganização pós-lesional dentro dos centros motores (Woldag e Hummelshein, 2002).

Através do Índice de Barthel, foi possível verificar uma melhora significativa no comprometimento funcional dos pacientes. Ward (2005) relatou que os ganhos funcionais ocorrem mesmo na fase crônica pós-AVC, principalmente quando são aplicadas tarefas que objetivam a recuperação de um segmento específico.

Por meio do **Artigo 3**, foi possível observar a eficácia a longo prazo da terapia de restrição de tronco, usando, como instrumentos de avaliação, escalas clínicas e a análise cinemática do movimento. Neste artigo, foi utilizado o treinamento tarefa-específica que focam no comprometimento motor alvo a ser reabilitado, conferindo especificidade ao programa de reabilitação (Kwakkel, 2006).

O treinamento tarefa-específica associado à restrição de tronco foi capaz de proporcionar benefícios a longo prazo distintos para os grupos de pacientes inseridos no estudo (**Artigo 3**).

A restrição de tronco no Grupo com Tronco Restrito (GTR), aplicada durante 100% do treinamento de alcance, provocou dependência aos pacientes e não foi eficaz na redução dos graus adicionais de liberdade (tronco) a longo prazo, impedindo os pacientes de processar as informações intrínsecas importantes para o desenvolvimento da capacidade de detecção e correção de erros (Clark, 2005). Em contrapartida, a restrição física foi capaz de propiciar um aumento das amplitudes articulares ativas de cotovelo e ombro, oferecendo a estes pacientes mais chances de uso intensivo do membro afetado. Michaelsen et al. (2001) sugerem que, com o uso da restrição física do tronco, os pacientes são forçados a executar movimentos fora de padrões sinérgicos anormais, provocando efetivo aumento da amplitude articular ativa e melhora na coordenação interarticular de ombro e cotovelo.

Apesar do treinamento baseado em orientações verbais, isto é, sem o uso da restrição (Grupo com Tronco Livre), ter sido mais eficaz na retenção do tronco, não houve melhora significativa nas amplitudes articulares voluntárias de membro superior, exceto para adução de ombro. Acredita-se que os pacientes que passaram por este tipo de tratamento ficaram mais atentos ao recrutamento anormal de graus adicionais de liberdade e não exploraram de forma efetiva as combinações multiarticulares presentes no membro superior. Roby-Brami et al. (2003) relataram que durante tarefas de alcance não restritas, os pacientes usam uma reduzida amplitude de movimento de ombro e cotovelo, consistente com o comprometimento de amplitudes de movimento voluntárias. Desta forma, o sujeito fixa a cintura escapular ao tronco e reduz o número de graus de liberdade associados ao braço, dando ao sistema uma estabilidade adicional (Carr e Shepherd, 1989).

Outro fator que pode ter levado à melhora da amplitude articular ativa apenas pelo GTR é que o GTL já possuía valores cinemáticos prévios similares aos sujeitos saudáveis na avaliação pré-tratamento. Sendo assim, pode-se inferir que o GTR ainda possuía um potencial sub-clínico a ser explorado, diferentemente do GTL que parece já possuir valores muito próximos dos considerados normais (platô de recuperação). Qualquer atividade física provoca adaptações neuromusculares, o que leva a uma estabilização do desempenho motor. Porém, este platô não é indicativo de que o sujeito perdeu a capacidade de melhorar. Pacientes que sofrem AVC freqüentemente são admitidos em programas de reabilitação não específicos e facilmente, após um ano de lesão, atingem o período de platô (Page, 2003). A mudança na intensidade do treino e a implementação de novos exercícios podem ser algumas formas de superar esta acomodação, principalmente nos sujeitos com mais de um ano de lesão (Page et al., 2004).

Independente do tipo de protocolo de atividade física aplicado, ambos os grupos apresentaram resultados positivos nos valores referentes aos padrões de velocidade do movimento. Todos os pacientes reduziram o tempo de execução da tarefa, aumentaram a velocidade de movimento e desempenharam trajetórias mais harmônicas, ou seja, com menos picos de velocidade.

Os hemiparéticos gastam mais tempo na fase após o pico máximo de velocidade, pois é neste período que o *feedback* é mais requisitado para o ajuste do movimento de forma a compensar a grande variabilidade do movimento e, assim, melhorar a acurácia (Thielman et al., 2004; Van Vliet e Sheridan, 2007). O aumento na duração do tempo de desaceleração é indicativo de que ocorreu um aumento no controle de *feedback* corretivo (McCrea e Eng, 2005). No período pré-tratamento, os pacientes apresentavam picos precoces de velocidade máxima, pois dependiam de longas fases de desaceleração para efetuar as correções do movimento. O uso do *feedback* físico, propiciado pelo colete de retenção do tronco associado à prática de tarefas repetitivas, foi capaz de propiciar um aumento na razão da velocidade máxima, ou seja, o pico de velocidade máxima ocorreu mais tardiamente. Isto significa que houve menos tempo para que os pacientes realizassem correções no movimento, o que sugere que houve melhora do planejamento interno.

CONCLUSÃO GERAL

Artigo 1

As escalas de mensuração quantitativas e qualitativas são bons instrumentos de avaliação para pacientes pós-AVC. Observa-se que as escalas, quando utilizadas em conjunto com outras, que as complementam, propicia traçar o quadro motor geral do paciente de forma esclarecedora.

O comprometimento motor é diretamente proporcional às variáveis a ele correlacionadas. Sendo assim, quanto maior o comprometimento motor (FM), maior serão os déficits que acompanharão o paciente, tais como equilíbrio (EEB) e habilidades para AVD's (IB).

Artigo 2

A restrição de tronco permite que os pacientes hemiparéticos pós-AVC utilizem a completa amplitude de movimentação articular presente no membro superior parético, provocando assim uma redução no nível de comprometimento motor e um aumento da funcionalidade do braço afetado, fato este comprovado pelas avaliações clínicas utilizadas. Tratamentos apropriados, como a terapia de restrição, podem ser efetivos para a recuperação de padrões motores normais em pacientes com AVC.

Artigo 3

O treinamento tarefa-específica associado à terapia de restrição de tronco mostrou-se eficaz a longo prazo para a melhora dos movimentos articulares ativos de ombro e cotovelo, além de propiciar melhora no planejamento interno do movimento. Em contrapartida, o uso contínuo da restrição pode ter provocado dependência aos pacientes, fato este observado pela não manutenção dos resultados de retenção de tronco no período de retenção.

Frente aos resultados adquiridos, sugere-se que a aplicação da restrição de tronco seja utilizada principalmente no período de aquisição de novas habilidades motoras, de forma a evitar a instalação de estratégias compensatórias e com o intuito de proporcionar melhores resultados na movimentação ativa de membro superior, orientando e auxiliando o

paciente na redução do erro (Clark, 2005). Todavia, sugere-se que nas fases mais tardias de treinamento seja oferecido ao paciente uma redução do *feedback* físico contínuo, evitando que o sujeito torne-se dependente da informação oferecida. A utilização de *feedback* verbal como forma de evitar os movimentos compensatório de tronco pode ser uma alternativa de grande importância durante o período de retirada do *feedback* físico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams RD, Victor M, Ropper AH. Neurologia. Chile: McGraw-Hill; 1998.

American Heart Association. Heart Disease and Stroke Statistics 2007 Update. A Report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Circulation* 2007; 115: 69-171.

Ashburn A, Partridge CJ, De Souza L. Physiotherapy in the rehabilitation of stroke: a review. *Clin Rehabil* 1993; 7:337-45.

Berg KO, Maki BE, Williams JI, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehab* 1992; 73:1073-1080.

Bohannon RW. Standing balance, lower extremity muscle strength, and walking performance of patients referred for physical therapy. *Percept Motor Skills* 1995; 80: 379-85.

Bonilha L, Marques EL, Carelli EF, Fernandes YB, Cardoso AC, Maldaum MVM, et al. Risk factors and outcome in 100 patients with aneurismal subarachnoid hemorrhage. *Arq Neuropsiquiatr* 2001; 59 (3B): 676-80.

Borges G, Damasceno BP. Como diagnosticar e tratar acidentes vasculares cerebrais. *Rev Bras Med* 1988; 45 (6): 190-6.

Borges G, Gallani NR. Cerebral aneurysms: assessment of 50 cases operated on and comparison with previous series. *Arq Neuropsiquiatr* 1997; 55(2): 287-91.

Brandstater ME. Reabilitação do derrame. In: DeLisa JA, Gans BM. Tratado de medicina de reabilitação. Princípios e prática. São Paulo: Manole; 2002.

Broeren J, Rydmark M, Sunnerhagen KS. Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke: a single-case study. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 1247-50.

Brunnstrom S. Movement therapy in hemiplegia. A neurophysiological approach. New York: Harper & Row; 1970.

Cacho EWA, Melo FRLV, Oliveira R. Avaliação da recuperação motora de pacientes hemiplégicos através do Protocolo de Desempenho Físico de Fugl-Meyer. Revista Neurociências 2004, 12 (2): 94-102. Errata, 12 (4): 221.

Carr JH, Shepherd RB. A motor relearning model for stroke rehabilitation. Physiotherapy 1989; 75: 372-80.

Cauraugh JH, Summers JJ. Neural plasticity and bilateral movements: a rehabilitation approach for chronic stroke. Progress in Neurobiology 2005; 75: 309-20.

Cirstea MC, Levin MF. Compensatory strategies for reaching in stroke. Brain 2000; 123: 940-53.

Cirstea MC, Ptito A, Levin MF. Arm reaching improvements with short-term practice depend on the severity of the motor deficit in stroke. Exp Brain Res 2003; 152: 476-88.

Clark SC. Frequência de conhecimento de resultado e aprendizagem motora: linhas atuais de pesquisa e perspectivas. In: Tani G. Comportamento Motor: aprendizagem e desenvolvimento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 185-207.

Crosbie J, McDonough S, Gilmore D, Wiggam M. The adjunctive role of mental practice in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: a pilot study. Clin Rehabil 2004; 18: 60-8.

Damasceno B, Borges G. Acidentes Vasculares Cerebrais. Rev Bras Med 1991; 48 (3): 73-85.

Desrosiers J, Malouin F, Richards C, Bourbonnais D, Rochette A, Bravo G. Comparison of changes in upper and lower extremity impairments and disabilities after stroke. Int J Rehabil Res 2003; 26: 109-116.

Dewald JPA, Pope OS, Given JD, Buchanan TS, Rymer WZ. Abnormal muscle coactivation patterns during isometric torque generation at the elbow and shoulder in hemiparetic subjects. *Brain* 1995; 118: 495-510.

Dijkerman H, Letswaart M, Johnston M, MacWalter R. Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clin Rehabil* 2004; 18: 538-49.

Durward BR, Baer GD, Rowe PJ. *Movimento funcional humano*. São Paulo: Ed Manole; 2001.p.2-12.

Edmans JA, Gladman JRF, Cobb S, Sunderland A, Pridmore T, Hilton D, Walker MF. Validity of a Virtual Environment for Stroke Rehabilitation. *Stroke* 2006; 37: 2770-5.

Ferbert A, Vielhaber S, Meincke U, Buchner H. Transcranial magnetic stimulation in pontine infarction: correlation to degree of paresis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992; 55: 294-9.

Ferrucci L, Bandinelli S, Guralnik JM, Lamponi M, Bertini C, Falchini M, et al. Recovery of functional status after stroke. A post-rehabilitation follow-up study. *Stroke* 1993; 24 (2): 200-205.

Feys HM, Weerdt WJ, Selz BE, Steck GAC, Spichiger R, Vereeck LE, et al. Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke. *Stroke* 1998; 29: 785-92.

Floel A, Nagorsen U, Werhahn KJ, Ravindram S, Birbaumer N, Knecht S, Cohen LG. Influence of somatosensory input on motor function in patients with chronic stroke. *Ann Neurol* 2004; 56: 206-12.

Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman L, Olsson S, Steglind, S. The post-stroke hemiparetic patients. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehab Med* 1975; 7: 13-31.

Funase K, Tabira T, Higashi T, Liang N, Kasai T. Increased corticospinal excitability during direct observation of self-movement and indirect observation with a mirror box. *Neurosci Letters* 2007; 419:108-12.

Garland SJ, Willems DA, Ivanova TD, Miller KJ. Recovery of standing balance and functional mobility after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2003, 84:1753-1759.

Goldberg G. Supplementary motor area structure and function: review and hypotheses. *Behav Brain Sci* 1985; 8: 567-616.

Harwin WS, Patton JL, Edgerton VR. Challenges and opportunities for robot-mediated neurorehabilitation. *Proc IEEE* 2006; 94(9): 1717-26.

Heiser M, Iacobini M, Maeda F, Marcus J, Mazziotta J. The essential role of Broca's área in imitation. *Eur J Neurosci* 2003; 17: 1123-8.

Hoffmann G, Laffont I, Hanneton S, Roby-Brami A. How to extend the elbow with a weak or paralyzed triceps: Control of arm kinematics for aiming in C6 - C7 quadriplegic patients. *Neuroscience* 2006; 139: 749- 765.

Hummel FC, Cohen LG. Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke? *Lancet Neurol* 2006; 5: 708-12.

Juneja G, Czyrny JJ, Linn RT. Admission balance and outcomes of patients admitted for acute inpatient rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 1998; 77: 388-93.

Kalra L, Ratan R. Recent advances in stroke rehabilitation 2006. *Stroke* 2007; 38: 235-37.

Kaminski TR, Bock C, Gentile AM. The coordination between trunk and arm motion during point movements. *Exp Brain Res* 1995; 106:457-66.

Kamper DG, McKenna-Cole AN, Kahn LE, Reinkensmeyer DJ. Alterations in reaching after stroke and their relation to movement direction and impairment severity. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 702-07.

Karatas M, Cutin N, Bayramoglu M, Dilek A. Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemisphere stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil* 2004; 83: 81-7.

Kwakkel G. Impact of intensity of practice after stroke: issues for consideration. *Disabil Rehabil* 2006; 28 (13-14): 823-30.

Kapur N. Paradoxical functional facilitation in brain-behavior research: a critical review. *Brain* 1996; 119: 1775-90.

Kosslyn SM, Ganis G, Thompson L. Neural foundations of imagery. *Nature Rev Neurosci* 2001; 2: 635-42.

Krakauer JW. Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Curr Opin Neurol* 2006; 19: 84-90.

Kunkel A, Kopp B, Müller G, Villringer K, Villringer A, Taub E, et al. Constraint-induced movement therapy for motor recovery in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 624-8.

Laffont I, Briand E, Dizien O, Combeaud M, Bussel B, Revol M, Roby-Brami A. Kinematics of prehension and pointing movements in C6 quadriplegic patients. *Spinal Cord* 2000; 38: 354-62.

Lessa I. Epidemiologia das doenças cerebrovasculares no Brasil. *Rev Soc Cardiol Est SP* 1999; 4: 509-18.

Levasseur A, Tétreault P, Guise J, Nuño N, Hagemester N. The effect of axis alignment on shoulder joint kinematics analysis during joint abduction. *Clin Biomech* 2007; 22: 758-66.

Levin MF. Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis. *Brain* 1996; 119: 281-94.

Liebermann DG, Buchman AS, Franks IM. Enhancement of motor rehabilitation through the use of information technologies. *Clinical Biomechanics* 2006; 21: 8-20.

Lum PS, Burgar CG, Shor PC, Majmundar M, Van der Loos M. Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 952-9.

Mahoney FI, Barthel D. Functional evaluation: the Barthel Index. *Maryland St Med J* 1965; 14: 56-61.

Mark VW, Taub E. Constraint-induced movement therapy for chronic stroke hemiparesis and other disabilities. *Restorative Neurology and Neuroscience* 2004; 22: 317-36.

McCrea PH, Eng JJ. Consequences of increased neuromotor noise for reaching movements in persons with stroke. *Exp Brain Res* 2005; 162: 70-7.

Merians AS, Poizner H, Boian R, Burdea G, Adamovich S. Sensorimotor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery poststroke? *Neurorehabil Neural Repair* 2006; 20: 252-67.

Messier S, Bourbonnais D, Desrosiers J, Roy Y. Kinematic analysis of upper limbs and trunk movement during bilateral movement after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 1463 – 1470.

Michaelsen SM, Luta A, Roby-Brami A, Levin MF. Effect of trunk restraint on the recovery of reaching movements in hemiparetic patients. *Stroke* 2001; 32: 1875-83.

Michaelsen SM, Levin MF. Short-term effects of practice with trunk restraint on reaching movements in patients with chronic stroke. *Stroke* 2004; 35: 1914-9.

Michaelsen SM, Dannenbaum R, Levin MF. Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke. *Stroke* 2006; 37: 186-92.

Minetti AE, Alexander RM. A theory of metabolic costs for bipedal gait. *J Theor Biol* 1997; 186: 467-76.

Morlin ACG, Delattre AM, Cacho EWA, Oberg TD, Oliveira R. Concordância e tradução para o português do Teste de Habilidade Motora do Membro Superior – THMMS. *Rev Neurociências* 2006; 14 (2): 6-9.

Murase N, Duque J, Mazzocchio R, Cohen LG. Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke. *Ann Neurol* 2004; 55: 400-9.

Nakayama H, Jorgensen HS, Raascho HO, Olsen TS. Recovery of upper extremity function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 394-8.

Nozaki D, Kurtzer I, Scoot SH. Limited transfer of learning between unimanual and bimanual skills within the same limb. *Nat Neurosci* 2006; 9 (11): 1364-6.

O' Bryant A, Bernier B, Jones TA. Abnormalities in skilled reaching movements are improved by peripheral anesthetization of the less-affected forelimb after sensorimotor cortical infarcts in rats. *Behav Brain Res* 2007; 177: 298-307.

Oliveira R, Cacho EWA, Ortolan RL, Cliquet Jr. A, Borges G. Kinematic profile of reaching movements in post-stroke hemiparetic subjects [resumo]. *Motor Control* 2007; 11 (Supl v.1): 13. [Apresentado à Progress in Motor Control IV; 2007 ago 9-12 ; Santos – SP].

Page SJ. Intensity versus Task-specificity after stroke: How important is intensity? *Am J Phys Med Rehabil* 2003; 82: 730-2.

Page SJ, Gater DR, Bach-y-Rita P. Reconsidering the motor recovery plateau in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 1377-81.

Platz T, Bock S, Prass K. Reduced skilfulness of arm motor behavior among motor stroke patients with good clinical recovery: does it indicate reduced automaticity? Can it be improved by unilateral or bilateral training? A kinematic motion analysis study. *Neuropsychologia* 2001; 39: 687-98.

Pomeroy VM, Clark CA, Miller JSG, Baron JC, Markus HS, Tallis RC. The potential for utilizing the “mirror neurone system” to enhance recovery of the severely affected upper limb early after stroke: a review and hypothesis. *Neurorehabil Neural Repair* 2005; 19: 4-13.

Roby-Brami A, Fuchs S, Mokhtari M, Bussel B. Reaching and grasping strategies in hemiparetic patients. *Motor Control* 1997; 1: 72-91.

Roby-Brami A, Feydy A, Combeaud M, Biryukova EV, Bussel B, Levin MF. Motor compensation and recovery for reaching in stroke patients. *Acta Neurol Scand* 2003; 107: 369-81.

Rönnqvist L, Rösblad B. Kinematic analysis of unimanual reaching and grasping movements in children with hemiplegic cerebral palsy. *Clin Biomech* 2007; 22: 165-175.

Salmoni A, Schmidt RA, Walter CB. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin* 1984; 95: 355-86.

Schmidt RA. Motor control and learning: a behavioral emphasis. Illinois: Human Kinetics; 1988.

Shimizu T, Hosaki A, Hino T, Sato M, Komori T, Hiraiand S, Rossini PM. Motor cortical disinhibition in the unaffected hemisphere after unilateral cortical stroke. *Brain* 2002; 125: 1896-907.

Shumway-Cook A, Woollacott MH. Controle Motor. Teoria e aplicações práticas. 2^a ed. São Paulo: Manole; 2003. p. 592.

Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares. Primeiro consenso do tratamento da fase aguda do acidente vascular cerebral. *Arq Neuropsiquiatr* 2001; 59(4): 972-80.

Souza MFM, Alencar AP, Malta DC, Moura L, Mansur AP. Análise de séries temporais da mortalidade por doenças isquêmicas do coração e cerebrovasculares, nas cinco regiões do Brasil, no período de 1981 a 2001. *Arq Bras Cardiol* 2006; 87(6): 735-40.

Steege AM ter, Lankhorst GJ. Screening instruments for disability. *Critical Rev Phys Rehabil Med* 1994; 6: 101-2.

Stewart KC, Cauraugh JH, Summers JJ. Bilateral movement training and stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analyses. *J Neurol Sci* 2006; 244: 89-95.

Summers JJ, Kagerer FA, Garry MI, Hiraga CY, Loftus A, Cauraugh JH. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: a TMS study. *J Neurol Sci* 2007; 252: 76-82.

Taub E. Movement in nonhuman primates deprived of somatosensory feedback. In: Keogh FM. Exercise and sports sciences reviews. Santa Barbara: Journal Publishing affiliates; 1977. p. 335-74.

Taub E, Miller NE, Novack TA, Cook EW, Fleming WC, Nepomuceno CS, et al. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. Arch Phys Med Rehabil 1993; 74: 347-54.

Taub E, Wolf SL. Constraint induced movement techniques to facilitate upper extremity use in stroke patients. Topics Stroke Rehabil 1997; 3: 38-61.

Thielman GT, Dean CM, Gentile AM. Rehabilitation of reaching after stroke: task-related training versus progressive resistive exercise. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85: 1613-18.

Valach L, Signer S, Hartmeier A, Hofer K, Steck GC. Chedoke-McMaster stroke assessment and modified Barthel Index self-assessment in patients with vascular brain damage. Inter J Rehab Res 2003; 26 (2): 93-9.

Van der Lee JH, Wagenaar RC, Lankhorst GJ, Vogelaar TW, Devillé WL, Bouter LM. Forced use of the upper extremity in chronic stroke patients. Results from a single-blind randomized clinical trial. Stroke 1999; 30: 2369-75.

Van der Lee JH. Constraint-induced therapy for stroke: more of the same or something completely different? Curr Opin Neurol 2001; 14: 741-4.

Van Vliet PM, Sheridan MR. Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects. Arch Phys Med Rehabil 2007; 88: 1325-31.

Voller B, Floel A, Werhahn KJ, Ravindram S, Wu CW, Cohen LG. Contralateral hand anesthesia transiently improves post stroke sensory deficits. Ann Neurol 2006; 59: 385-8.

Wade DT, Langton-Hewer R, Wood VA, Skilbeck CE, Ismail HM. The hemiplegic arm after stroke: measurement and recovery. J Neurol Neurosurg Psych 1983; 46: 521-524.

Wagner JM, Dromerick AW, Sahrman SA, Lang CE. Upper extremity muscle activation during recovery of reaching in subjects with post-stroke hemiparesis. *Clin Neurophysiol* 2007; 118: 164-76.

Ward NS. Mechanisms underlying recovery of motor function after stroke. *Postgrad Med J* 2005; 81: 510-4.

Watkins CL, Leathley MJ, Gregson JM, Smith TL, Sharma AK. Prevalence of spasticity post stroke. *Clinical Rehabilitation* 2002; 16: 515-22.

Weiller C, Ramsay SC, Wise RJS, Friston KJ, Frackowiak RSJ. Individual patterns of functional organization in the human cerebral cortex after capsular infarction. *Ann Neurol* 1993; 33: 181-9.

Wohlschläger A, Bekering H. Is human imitation based on a mirror-neurone system? Some behavioural evidence. *Exp Brain Res* 2002; 143: 335-41.

Woldag H, Hummelsheim H. Evidenced-based physiotherapeutic concepts for improving arm and hand function in stroke patients. A review. *Journal of Neurology* 2002; 249: 518-28.

Zétola VHF, Nóvak EM, Camargo CHF, Carraro Junior H, Coral P, Muzzio JÁ et al. Acidente vascular cerebral em pacientes jovens: análise de 164 casos. *Arq Neuropsiquiatr* 2001; 59 (3B): 740-50.

ANEXOS

ANEXO 1- Escala de Desempenho Físico de Fugl-Meyer

Sub-item 1. Amplitude de movimento (mobilidade) e dor articular.

Área	Teste	Mobilidade (44)	Dor (44)	Critérios de Pontuação
Ombro	Flexão			<u>MOBILIDADE</u> 0 = Apenas alguns graus de mobilidade; 1 = Grau de mobilidade passiva diminuída; 2 = Grau de movimentação passiva normal. <u>DOR</u> 0 = Dor forte limitando o movimento; 1 = Alguma dor; 2 = Nenhuma dor.
	Abdução a 90°			
	Rotação Externa			
	Rotação Interna			
Cotovelo	Flexão			
	Extensão			
Punho	Flexão			
	Extensão			
Dedos	Flexão			
	Extensão			
Antebraço	Pronação			
	Supinação			
Quadril	Flexão			
	Abdução			
	Rotação Interna			
	Rotação Externa			
Joelho	Flexão			
	Extensão			
Tornozelo	Dorsiflexão			
	Flexão plantar			
Pé	Pronação			
	Supinação			
Pontuação Total				

Sub-item 2. Função sensorial

Função sensorial	Sensibilidade (toque leve)	Critérios de Pontuação
Membro superior		0 = Anestesia; 1 = Hipoestesia/ disestesia; 2 = Normal.
Palma da mão		
Coxa		
Sola do pé		
Sub-Total (8)		
	Propriocepção	Critérios de Pontuação
Ombro		0 = Nenhuma sensação; 1 = ¾ das respostas são corretas, mas há diferença considerável com o lado não-afetado; 2 = Todas as respostas são corretas, pequena ou nenhuma diferença.
Cotovelo		
Punho		
Polegar		
Quadril		
Joelho		
Tornozelo		
Hálux		
Sub-Total (16)		
Total (24)		

Sub-item 3. Função Motora

3a. Extremidade Superior (sentado)

Região	Teste e Pontuação	Pontuação Máxima	CrITÉrios de Pontuação
Ombro-braço	Reflexos Bíceps (____) Tríceps (____)	4	0 = Nenhuma atividade reflexa pode ser coordenada (ausente ou hiperreflexia); 2 = A atividade reflexa pode ser coordenada.
	Sinergia Flexora Elevação (____) Retração do ombro (____) Abdução (a pelo menos 90°) (____) Rotação externa (____) Flexão do cotovelo (____) Supinação do antebraço(____).	12	0 = Não consegue realizar por completo; 1 = Realiza parcialmente; 2 = Realizado com sucesso
	Sinergia Extensora Adução ombro/ rotação interna (____) Extensão do cotovelo (____) Pronação do antebraço (____)	6	0 = Não consegue realizar por completo; 1 = Realiza parcialmente; 2 = Realizado com sucesso
	Movimentos sinérgicos combinados a. Mão à coluna lombar (____) b. Flexão ombro a 90° e cotovelo 0° (____) c. Pronação/supinação de antebraço com cotovelo 90° e ombro 0° (____)	6	Item (a) 0 = Não realiza; 1 = A mão deve passar na EIAS; 2 = Ação realizada com êxito. Item (b) 0 = O braço é abduzido imediatamente ou flexiona o cotovelo no início da movimentação; 1 = Abdução ou flexão do cotovelo ocorrendo na última fase da movimentação; 2 = Movimentação com êxito Item (c) 0 = Não consegue obter a posição correta do ombro e cotovelo e/ou não consegue realizar; 1 = Consegue realizar a pronação ou supinação ativa mesmo dentro de um grau de movimentação limitada e ao mesmo tempo o ombro e cotovelo estão corretamente posicionado; 2 = Pronação e supinação completa com ombro e cotovelo nas posições corretas.

	Movimento sem sinergia a. Abdução do ombro a 90°, cotovelo à 0° e antebraço pronado (____) b. Flexão do ombro entre 90 – 180°, cotovelo a 0° e antebraço em posição neutra (____) c. Pronação / supinação do antebraço a 0°, e ombro entre 30 e 90° de flexão (____)	6	Item (a) 0 = Ocorre flexão do cotovelo inicial ou qualquer desvio do antebraço pronado; 1 = A movimentação pode ser realizada parcialmente, ou, se durante a movimentação o cotovelo e flexionado ou o antebraço não se mantém em pronação; 2 = Movimentação completa com êxito. Item (b) 0 = Flexão inicial do cotovelo ou abdução do ombro ocorre; 1 = Flexão do cotovelo ou abdução do ombro acontece durante a flexão do ombro; 2 = Movimentação completa com êxito. Item (c) 0 = A supinação e pronação não pode ser realizada totalmente, tanto a posição do cotovelo quanto a do ombro não pode ser obtidos; 1 = Cotovelo e ombro corretamente posicionado, tanto a pronação Quando supinação são realizados com graus de limitação na movimentação; 2 = Mobilidade impecável.
	Atividade Reflexa Normal. Bíceps e/ou flexores dos dedos e tríceps (____) (Incluído apenas se o paciente obteve uma pontuação 6 no estágio V)	2	0 = Pelo menos 2 dos 3 reflexos fásicos estão marcadamente hiperativos; 1 = Um reflexo está acentuadamente hiperativo ou pelo menos 2 reflexos estão presentes; 2 = Não mais do que um reflexo está presente e nenhum está hiperativo.
Punho	a. Estabiliza cotovelo a 90° e ombro a 0°, e realiza dorsiflexão do punho(____); b. Flexão / extensão do punho, cotovelo a 90° e ombro a 0° (____); c. Estabilizar cotovelo a 0° e ombro a 30°, e realiza dorsiflexão do punho (____); d. Flexo-extensão do punho, cotovelo a 0° e ombro a 30° (____); e. Circundução do punho (____).	10	Item (a) 0 = O paciente não consegue dorsifletir o punho a 15°; 1 = A dorsiflexão está perfeita, mas nenhuma resistência é dada; 2 = A posição pode ser mantida com alguma resistência (leve). Item (b) 0 = Não ocorre movimento voluntário 1 = O paciente não consegue mover ativamente a articulação em seu grau completo de movimentação 2 = Movimento sem oscilações, impecável Item (c) Mesma forma de pontuação do item (a). Item (d) Mesma forma de pontuação do item (b). Item (e) 0 – Não pode ser realizado 1 – Alguma flexão ativa completa (comparada com a não afetada) 2 – Movimentação completa

Mão	a.Flexão em massa dos dedos (____) b. Extensão em massa dos dedos (____) c. Preensão 1 – Articulações metacarpofalangeanas extendidas e interfalangeanas distal e proximal estão flexionados; a preensão é testada contra a resistência (____) d. Preensão 2 – O paciente é instruído a aduzir o polegar e todas as outras articulações a 0°, e segura um pedaço de papel introduzido entre o polegar e o dedo indicador (____) e. Preensão 3 – O paciente opõe a digital do polegar contra a do dedo indicador; um lápis é interposto (____) f. Preensão 4 – O paciente deve segurar com firmeza um objeto de forma cilíndrica (pode ser pequeno), a superfície volar do primeiro e segundo dedo contra os demais (____) g. Preensão 5 – Uma preensão esférica; o paciente segura com firmeza uma bola de tênis (____).	14	Item (a) 0 = Não ocorre flexão 1 = Alguma flexão, mas não há movimentação completa 2 = Flexão ativa completa (comparada com a não afetada) Item (b) 0 = Não ocorre extensão 1 = O paciente consegue relaxar os dedos 2 = Extensão ativa completa Item (c) 0 = Posição requerida não pode ser obtida 1 = A preensão é fraca 2 = A preensão pode ser mantida relativamente contra grande resistência Item (d) 0 = A função não pode ser realizada 1 = Um pedaço de papel interposto entre o polegar e o dedo indicador permanece no local, mas é retirado após um leve puxão 2 = O papel é segurado firmemente contra um puxão. Item (e) Os procedimentos de pontuação são os mesmos do item (d) Item (f) Mesmos procedimentos de pontuação do item (d) Item (g) Mesmo procedimento de pontuação do item (d)
Coordenação-Velocidade	Teste Index-Nariz (5 repetições) a.Tremor. (____) b.Dismetria. (____) c.Velocidade. (____)	6	Item (a) 0 = Tremor marcante 1 = Tremor leve 2 = Tremor ausente. Item (b) 0 = Dismetria pronunciada ou não sistemática 1 = Dismetria leve ou sistemática 2 = Nenhuma dismetria. Item (c) 0 = A atividade dura mais de 6 segundos na mão afetada 1 = 2 a 5 seg a mais do que na mão não afetada 2 = Menos do que 2 segundos de diferença
Pontuação total da extremidade inferior		66	

3b. Extremidade Inferior

Condições requeridas	Teste e Pontuação	Pontuação Máxima	Critérios de Pontuação
Decúbito dorsal	Atividade reflexa Aguiles (____) Patelar (____)	4	0 = Atividade reflexa ausente, hipo ou hiperreflexia 2 = Atividade reflexa normal
	Sinergia flexora Flexão do quadril (____) Flexão do joelho (____) Dorsiflexão do tornozelo (____)	6	0 = Não consegue realizar 1 = Movimentação parcial 2 = Movimentação completa
	Sinergia extensora Extensão do quadril (____) Adução (____) Extensão do joelho (____) Flexão plantar do tornozelo (____)	8	0 = Nenhuma movimentação 1 = Movimentação fraca 2 = Estende quase completamente comparado ao normal.
Sentado – joelhos fora da cadeira	Movimento combinando sinergias a. Flexão do joelho além de 90° (____) b. Dorsiflexão do tornozelo (____)	4	Item(a) 0 = Nenhuma movimentação ativa 1 = A partir da posição de leve extensão, o joelho pode ser flexionado além de 90° 2 = Flexão de joelho além de 90° Item (b) 0 = Nenhuma flexão ativa 1 = Flexão ativa incompleta 2 = Dorsiflexão normal.
Em pé	Movimento fora da sinergia (quadril a 0°) a. Flexão do joelho, sem flexão do quadril (____) b. Dorsiflexão do tornozelo com extensão do joelho, e calcanhar no chão (____).	4	Item (a) 0 = Não consegue flexionar o joelho sem flexionar o quadril 1 = Inicia flexão do joelho sem flexão do quadril, não atinge 90° ou flexiona o quadril durante o movimento 2 = Movimentação completa Item (b) 0 = Nenhuma movimentação ativa 1 = Movimentação parcial 2 = Movimentação completa.
Sentado	Reflexos normais (____) Flexor do joelho, Patelar e Aquileu.	2	0 = 2 ou 3 estão marcadamente hiperativos 1 = 1 reflexo hiperativo, ou dois reflexos estão ativos 2 = Normais
Decúbito dorsal	Coordenação /velocidade (Calcanhar ao joelho apostado - 5 repetições) a. Tremor (____) b. Dismetria (____) c. Velocidade (____)	6	Item (a) 0 – Tremor acentuado 1 – Tremor leve 2 – Nenhum tremor Item (b) 0 – Pronunciado / não sistemático 1 – Leve ou sistemático 2 – Nenhuma dismetria Item (c) 0 – Seis segundos mais lento 1 – 2 a 5 segundos mais lento 2 – Menos do que dois Segundos de diferença.
Pontuação total da extremidade inferior		34	

Sub-item 4. Equilíbrio

Teste	CrITÉrios de Pontuação
a. Sentado sem apoio (____)	0 = Não consegue se manter sentado sem apoio 1 = Consegue sentar sem apoio por menos de 5' 2 = Consegue se sentar por mais de 5'
b. Reação pára-quedas, lado não afetado (____)	0 = Não abduz o ombro ou estende o cotovelo 1 = Reação prejudicada 2 = Reação normal
c. Reação pára-quedas, lado afetado (____)	Mesma pontuação do item (b)
d. De pé apoiado (____)	0 = Não consegue ficar de pé 1 = De pé com apoio máximo de outros 2 = De pé com apoio mínimo único por 1'
e. De pé sem apoio (____);	0 = Não consegue ficar de pé sem apoio 1 = De pé menos do que 1', ou inclina-se 2 = De pé com bom equilíbrio por mais de 1'
f. De pé no lado não afetado (____);	0 = Não consegue se manter de 1 a 2 segundos 1 = De pé equilibrado 4 a 9 segundos 2 = De pé equilibrado mais do que 10 segundos.
g. De pé no lado afetado (____).	Mesma do item (f)
Pontuação máxima de equilíbrio	14

Índice de Recuperação

Itens	Pontuação Máxima	Pontuação Obtida	Recuperação
Amplitude de movimento	44		
Dor articular	44		
Sensibilidade	8		
Propriocepção	16		
Extremidade superior	66		
Extremidade inferior	34		
Equilíbrio	14		
Total	226		100%

$$\text{RECUPERAÇÃO (\%)} = \frac{\text{PONTUAÇÃO MÁXIMA OBTIDA} \times 100}{\text{PONTUAÇÃO MÁXIMA TOTAL}}$$

ANEXO 2- Índice de Barthel

Atividades e pontuação	CrITÉrios de Pontuação
Alimentação (___)	10 = Independente, capaz de usar qualquer dispositivo necessário. Alimenta-se num tempo razoável. 5 = Necessita de ajuda (cortar alimento).
Banho (___)	5 = Independente.
Higiene pessoal (___)	5 = Independente, lava o rosto, penteia os cabelos, escova os dentes, barbeia-se (maneja a tomada, se o aparelho for elétrico).
Vestimenta (___)	10 = Independente, amarra os sapatos, prende os fechos, coloca órteses. 5 = Necessita de ajuda, mas faz pelo menos metade do trabalho num tempo razoável.
Intestinos (___)	10 = Sem acidentes. Capaz de usar supositório, se necessário. 5 = Acidentes ocasionais, ou necessita de ajuda com supositório.
Bexiga (___)	10 = Sem acidentes. Capaz de cuidar do dispositivo coletor. 5 = Acidentes ocasionais, ou necessita de ajuda com o dispositivo coletor
Transferência no banheiro (___)	10 = Independente com o vaso sanitário ou comadre. Manipula roupas. Limpa lava e despeja o urinol. 5 = Necessita de ajuda para equilibrar-se, manipular as roupas ou o papel higiênico
Transferência cadeira-cama (___)	15 = Independente. Trava cadeira de rodas, ergue os descansos de pé. 10 = Mínima assistência ou supervisão 5 = Capaz de sentar-se mas necessita de máximo auxílio para a transferência
Deambulação (___)	15 = Independente por 50m. Pode usar dispositivos auxiliares, exceto andadores com rodas. 10 = 50m com ajuda 5 = Independente por 50m com cadeira de rodas, se incapacitado de andar
Subir escadas (___)	10 = Independente. Pode usar dispositivos auxiliares 5 = Necessita de ajuda ou supervisão
Pontuação total (___)	100

ANEXO 3- Escala de Equilíbrio de Berg

1- Posição sentada para em pé (____)

- 0- Ajuda moderada ou máxima pra ficar em pé
- 1- Ajuda mínima para ficar em pé ou se estabilizar
- 2- Utiliza as mãos após várias tentativas de tentar ficar em pé
- 3- Independente, utilizando as mãos
- 4- Independente, estabiliza-se sem mãos

2- Permanecer em pé sem apoio (2 minutos) (____)

- 0- Incapaz de permanecer por 30 segundo sem ajuda
- 1- Várias tentativas por permanecer 30 segundos sem se apoiar
- 2- Permanece por 30 segundos sem se apoiar
- 3- Permanece por 2 minutos com supervisão
- 4- Permanece com segurança por 2 minutos

3- Sentado sem apoio e com os pés no chão (2 minutos) (____)

- 0- Incapaz de ficar por 10 segundos sem apoio
- 1- Permanece por 10 segundos
- 2- Permanece por 30 segundos
- 3- Permanece por 2 minutos com supervisão
- 4- Permanece com firmeza por 2 minutos

4- Posição em pé para sentada (____)

- 0- Necessita de ajuda para sentar-se
- 1- Independente, mas desce sem controle
- 2- Apóia a parte posterior da perna na cadeira para controlar a descida
- 3- Utiliza as mãos
- 4- Com segurança, uso mínimo das mãos

5- Transferência de uma cadeira para outra (____)

Obs. Utilizar uma cadeira com braços e outra sem braços.

- 0- Necessita ajuda de duas pessoas, ou de supervisão para sentir-se seguro
- 1- Necessita ajuda de uma pessoa
- 2- Consegue transferir-se com orientação verbal ou supervisão
- 3- Transfere-se com segurança, com uso evidente das mãos
- 4- Transfere-se com segurança, com mínimo uso das mãos

6- Em pé, sem apoio, com os olhos fechados (____)

- 0- Precisa de ajuda para não cair
- 1- Mantém-se em pé, mas incapaz de ficar c/ os olhos fechados por 3 segundos
- 2- Permanece por 3 segundos
- 3- Permanece por 10 segundos com supervisão
- 4- Permanece seguramente por 10 segundos

7- Em pé, sem apoio, com os pés juntos (olhos abertos) (___)

- 0- Ajuda para posicionar-se e incapaz de permanecer por 15 segundos
- 1- Ajuda para posicionar-se, mas capaz de permanecer por 15 segundos
- 2- Capaz de juntar os pés sem ajuda mas não permanece por 30 segundos
- 3- Capaz de juntar os pés sem ajuda e permanece por 1 minuto com supervisão
- 4- Capaz de juntar os pés sem ajuda e permanece por 1 minuto com segurança

8- Em pé, alcançar à frente com os braços esticados (___)

- 0- Perde o equilíbrio e precisa de ajuda para não cair
- 1- Pode avançar, mas com supervisão
- 2- Consegue avançar com confiança mais de 5 cm
- 3- Consegue avançar com confiança mais de 12,5 cm
- 4- Consegue avançar com confiança mais de 25 cm

9- Em pé, pegar objeto no chão (___)

- 0- Incapaz de tentar, necessita de ajuda para não cair
- 1- Incapaz de pegar e necessita de supervisão enquanto tenta
- 2- Incapaz de pegar, mas chega a 2 ou 5 cm do objeto e mantém o equilíbrio sem apoio/ajuda
- 3- Pega objeto mas necessita de supervisão
- 4- Pega objeto com facilidade e segurança

10- Em pé, olhar por cima dos ombros (D e E) (___)

- 0- Precisa de ajuda para não cair
- 1- Necessita supervisão enquanto vira
- 2- Vira apenas para os lados, mas mantém o equilíbrio
- 3- Olha somente para um lado; para o outro, mostra menos deslocamento do peso
- 4- Olha para trás para ambos os lados e desloca bem o peso do corpo

11- Girar 360.º (___)

- 0- Necessita ajuda enquanto gira
- 1- Necessita de orientação verbal ou supervisão
- 2- Gira com segurança 360º, mas lentamente
- 3- Gira com segurança somente para um lado em 4 segundos ou menos
- 4- Gira para os 2 lados com segurança em 4 segundos ou menos para cada lado.

12- Em pé, alternar os pés no degrau (___)

Obs. Quatro vezes com cada pé, num total de 8 passos/movimentos.

- 0- Incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair
- 1- Capaz de completar mais que 2 passos com ajuda mínima
- 2- Capaz de completar 4 passos sem ajuda, com supervisão
- 3- Capaz de ficar em pé com segurança, e completar 8 passos em mais de 20 segundos
- 4- Capaz de ficar em pé com segurança, e completar 8 passos em 20 segundos.

13- Em pé, com um pé à frente (____)

- 0- Perde o equilíbrio ao tentar dar o passo ou ficar em pé
- 1- Precisa de ajuda para dar o passo mas permanece por 15 segundos
- 2- Capaz de dar um pequeno passo, independente, e permanece por 30 segundos
- 3- Capaz de colocar o pé a frente do outro sem ajuda e permanece por 30 segundos
- 4- Capaz de colocar o pé corretamente e sem ajuda, e permanece por 30 segundos

14- Em pé, sobre uma das pernas (____)

- 0- Incapaz de tentar ou necessita ajuda para não cair
- 1- Tenta erguer a perna, mas não fica por 3 segundos (continua em pé sem apoio)
- 2- Consegue erguer a perna sem ajuda e permanece por mais de 3 segundos
- 3- Consegue erguer a perna sem ajuda e permanece por 5 a 10 segundos
- 4- Consegue erguer a perna sem ajuda e permanece por mais de 10 segundos

Pontuação Total (56): (____)

ANEXO 4- Escala Modificada de Ashworth

Pontuação	Crítérios
0	Sem aumento de tônus muscular
1	Leve aumento no tônus, manifestado por uma resistência mínima no final do movimento passivo
1+	Leve aumento no tônus manifestado por uma resistência mínima em menos da metade da movimentação passiva
2	Aumento do tônus em todo movimento passivo, mas as partes afetadas são facilmente movidas
3	Aumento considerável do tônus dificultando a movimentação passiva
4	Rigidez nas partes afetadas para flexão ou extensão

APÊNDICE

APÊNDICE 1- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do projeto: Efeitos do treinamento de alcance com restrição de tronco em indivíduos hemiparéticos.

Investigador: Roberta de Oliveira

OBJETIVO DA PESQUISA: Avaliar os efeitos da terapia de restrição de tronco na melhora do movimento de alcance do braço.

PROCEDIMENTO:

O estudo será realizado no Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor (3º andar) e/ou no Ambulatório de Fisioterapia em Neurologia Adulto (2º andar), ambos no Hospital das Clínicas – UNICAMP.

Estou ciente que para ser participante desse estudo, eu terei que conhecer e seguir os seguintes critérios:

- 1- Avaliação da amplitude de movimento do braço afetado, grau de espasticidade (braço rígido), equilíbrio e análise do movimento por câmeras que gravam a trajetória de execução do alcance.
- 2 - Programa de treinamento semanal totalizando 20 sessões.
- 3 - Avaliação dos parâmetros citados no item 1 nos seguintes momentos: antes do início do programa de treinamento, ao final das 20 sessões e 3 meses após a segunda avaliação.
- 4 - Dependendo em que grupo for pertencer, usarei um colete que restringirá meu tronco à cadeira, não permitindo que eu mexa meu tronco, mas apenas os braços e pernas. Realizarei 30 minutos de exercícios de alcance encaixando um cone em alvos.

RISCOS E DESCONFORTO:

Estou ciente dos possíveis desconfortos esperados durante a minha participação nesse estudo, que serão explicados a seguir:

- 1 - Durante a execução da terapia poderei sentir desconforto com o uso do colete porque o mesmo ficará bem aderido ao meu corpo.

VANTAGENS:

Estou ciente que há benefícios por eu estar participando deste projeto de pesquisa. Poderei também me beneficiar com as vantagens de estar fazendo parte de um programa de reabilitação. Além disso, estarei participando de perto do andamento de uma pesquisa e me beneficiando com as informações obtidas nos resultados.

SIGILO:

Estou ciente que todas as informações obtidas durante o estudo permanecerão confidenciais, de acordo com a lei. Os investigadores principais serão as únicas pessoas que manterão informações sobre o assunto. No caso de publicações em revistas científicas, estou certo de que manterão minha identidade preservada. Estou ciente que nenhum benefício especial ou pagamento será concedido a mim por causa de minha participação nessa pesquisa.

RECUSA OU DESCONTINUAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO:

Eu tenho o direito de parar qualquer teste a qualquer momento se este for o meu desejo. Porém, estou ciente também que no caso de falta ao treinamento ou desistência, estarei prejudicando o andamento da pesquisa. Terei o direito de perguntar e responder a qualquer investigação relativa ao estudo. Eu entendo que eu posso contatar Roberta de Oliveira nos telefones (19)3032-0152/ (19)9747-5185 ou Comitê de Ética em Pesquisa (3521-8936) para respostas sobre questões éticas.

Eu confirmo que a fisioterapeuta Roberta de Oliveira me explicou o objetivo do estudo, os procedimentos aos quais serei submetido e os riscos, desconforto e possíveis vantagens desse projeto de pesquisa. Eu li e/ou me foi explicado, assim como compreendi esse formulário de consentimento e estou de pleno acordo em participar do estudo.

Nome do participante e/ou responsável

Assinatura do participante e/ou responsável

Responsabilidade do pesquisador:

Eu, Roberta de Oliveira, expliquei o objetivo do estudo, os procedimentos requeridos e os possíveis riscos e vantagens que poderão advir do estudo, usando o melhor de nossos conhecimentos. Comprometo-me a fornecer uma cópia desse formulário de consentimento ao participante ou responsável.

Pesquisadora: Roberta de Oliveira

Campinas, ____/____/____.

Faculdade de Ciências Médicas – Cidade Universitária “Zeferino Vaz” – Distrito de Barão Geraldo - Campinas – SP – Brasil – CEP 13081-970 – C.P. 6111 – Fone (019) 3788-8936