



REVISTA PORTUGUESA DE ENFERMAGEM DE REABILITAÇÃO

VOL. 6, Nº 2

Artigo original reportando investigação clínica ou básica

DOI - 10.33194/rper.2023.275 | Identificador eletrónico – e275

Data de receção: 21-08-2022; Data de aceitação: 06-11-2023; Data de publicação: 07-11-2023

TREINO EM PLANO INCLINADO E A ADAPTAÇÃO CEREBROVASCULAR À POSIÇÃO ORTOSTÁTICA PÓS LESÃO ENCEFÁLICA: ESTUDO MULTICASO

*INCLINE PLANE TRAINING AND CEREBROVASCULAR ADAPTATION TO THE ORTHOSTATIC
POSITION AFTER BRAIN INJURY: MULTI-CASE STUDY*

*ENTRENAMIENTO EN PLANO INCLINADO Y ADAPTACIÓN CEREBROVASCULAR A LA POSICIÓN
ORTOSTÁTICA DESPUÉS DE UNA LESIÓN CEREBRAL: ESTUDIO DE CASOS MÚLTIPLES*

Daniel Areias¹ ; José Alberto Pereira² ; Jacinta Marta Carvalho² ; Celeste Dias^{1,2} 

¹ Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Porto, Portugal

² Centro Hospitalar Universitário de São João, Porto, Portugal

Autor Correspondente: Daniel Areias, daniels.areias@gmail.com

Como Citar: Areias D, Pereira JA, Marta Carvalho J, Celeste Dias. Treino em plano inclinado e a adaptação cerebrovascular à posição ortostática pós lesão encefálica: estudo multicaso. Rev Port Enf Reab [Internet]. 1 de Julho de 2023 [citado 12 de Novembro de 2023];6(2):e275. Disponível em: <https://rper.aper.pt/index.php/rper/article/view/275>

FICHA TÉCNICA

eISSN: 2184-3023 pISSN: 2184-965X

www.rper.pt

PROPRIEDADE INTELECTUAL

Associação Portuguesa dos Enfermeiros de Reabilitação

www.aper.pt

A equipa editorial da revista pode ser consultada em <https://rper.aper.pt/index.php/rper/about/editorialTeam>

A equipa de revisores da revista pode ser consultada em <https://rper.aper.pt/index.php/rper/revisores>



Este trabalho encontra-se publicado com a Licença Internacional Creative Commons.
Atribuição - Não Comercial - Sem Derivações 4.0. Direitos de Autor (c) 2023 Revista Portuguesa de
Enfermagem de Reabilitação

RESUMO

Introdução: A disfunção autonómica é uma condição frequente pós lesão encefálica (LE) e indica a capacidade de assegurar a autorregulação cerebral, que, quando presente, assegura o fluxo sanguíneo cerebral adequado às necessidades da pessoa. O treino de reabilitação em plano inclinado relaciona-se com a recuperação sensorial, autonómica e de equilíbrio. Pretende-se avaliar a adaptação cerebrovascular na pessoa em situação crítica (PSC) pós LE submetida ao treino de ortostatismo através de plano inclinado.

Metodologia: Estudo multicaso retrospectivo, realizado numa Unidade de Neurocríticos. Amostra constituída por (n=7). Aplicou-se um programa de reabilitação utilizando o plano inclinado, com elevação da cabeceira até 60° em dois momentos. As variáveis recolhidas foram: Escala de Coma de Glasgow, pressão arterial, frequência cardíaca (FC) e oximetria cerebral (CO). Através de análise retrospectiva estudaram-se: variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e sensibilidade do barorreflexo (SB).

Resultados: Mediana ECG 11, SAPS II 31±23 e estadia média de 67±26 dias. Em posição supina, a VFC e a SB foram diminuídas. Identificaram-se diferenças estatisticamente significativas na FC durante a elevação da cabeceira até 60° na primeira sessão (p=0,03). Não foi identificada nenhuma diferença estatística nas variáveis calculadas (p>0,05).

Discussão: Comparativamente com o primeiro treino, verificou-se melhoria na regulação do equilíbrio simpático-vagal observado no segundo treino, através dos valores de CO mais elevados.

Conclusão: O treino de ortostatismo com recurso a plano inclinado demonstrou ser uma opção segura na reabilitação da PSC pós LE, pois verificou-se melhoria na adaptação cerebrovascular do primeiro para o segundo treino.

Descritores: Lesões Encefálicas; Frequência Cardíaca; Sistema Nervoso Autônomo; Enfermagem em Reabilitação; Posição Ortostática.

ABSTRACT

Introduction: Autonomic dysfunction is a common condition after brain injury (BI) and is related to the ability to ensure cerebral self-regulation, which, when present, ensures cerebral blood flow adequate to the person's needs. Rehabilitation training on an inclined plane is related to sensory, autonomic and balance recovery. In this sense, we intend to evaluate cerebrovascular adaptation in people in critical condition (PCS) after BI undergoing standing training using an inclined plane.

Methodology: Retrospective multi-case study, carried out in a Neurocritical Care Unit. Sample consisting of (n=7). A rehabilitation program was applied using an inclined plane, with elevation of the headrest up to 60° in two moments. The variables collected were: Glasgow Coma Scale, blood pressure, heart rate (HR) and cerebral oximetry (CO). Through retrospective analysis, the following were studied: heart rate variability (HRV) and baroreflex sensitivity (BS).

Results: Median ECG 11, SAPS II 31±23 and average stay of 67±26 days. In the supine position, HRV and BS were decreased. Statistically significant differences were identified in HR during

elevation of the headrest up to 60° in the first session ($p=0.03$). No statistical difference was identified in the calculated variables ($p>0.05$).

Discussion: Compared to the first training, there was an improvement in the regulation of sympathetic-vagal balance observed in the second training, through higher CO values.

Conclusion: Standing training using an inclined plane proved to be an effective and safe option in the rehabilitation of PCS after BI, as there was an improvement in cerebrovascular adaptation from the first to the second training.

Descriptores: Brain Injuries; Heart Rate; Autonomic Nervous System; Rehabilitation Nursing; Standing Position.

RESUMEN

Introducción: La disfunción autonómica es una condición común después de una lesión cerebral (LE) y está relacionada con la capacidad de asegurar la autorregulación cerebral, que, cuando está presente, asegura un flujo sanguíneo cerebral adecuado a las necesidades de la persona. El entrenamiento de rehabilitación en plano inclinado está relacionado con la recuperación sensorial, autonómica y del equilibrio. En este sentido, pretendemos evaluar la adaptación cerebrovascular en personas en estado crítico (PEC) tras LE sometidos a entrenamiento de pie mediante un plano inclinado.

Metodología: Estudio retrospectivo de múltiples casos, realizado en una Unidad de Cuidados Neurocríticos. Muestra compuesta por ($n=7$). Se aplicó un programa de rehabilitación mediante plano inclinado, con elevación del reposacabezas hasta 60° en dos momentos. Las variables recogidas fueron: escala de coma de Glasgow, presión arterial, frecuencia cardíaca (FC) y oximetría cerebral (OC). Mediante análisis retrospectivo se estudió: la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y la sensibilidad barorrepleja (SB).

Resultados: Mediana de ECG 11, SAPS II 31 ± 23 y estancia media de 67 ± 26 días. En posición supina, la VFC y la SB disminuyeron. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la FC durante la elevación del reposacabezas hasta 60° en la primera sesión ($p=0,03$). No se identificó diferencia estadística en las variables calculadas ($p>0,05$).

Discusión: En comparación con el primer entrenamiento, se observó una mejora en la regulación del equilibrio simpático-vagal en el segundo entrenamiento, a través de valores más altos de CO.

Conclusión: El entrenamiento de pie utilizando un plano inclinado demostró ser una opción eficaz y segura en la rehabilitación de la CEP después de LE, ya que hubo una mejora en la adaptación cerebrovascular del primer al segundo entrenamiento.

Descriptores: Lesiones Encefálicas; Frecuencia cardíaca; Sistema Nervioso Autónomo; Enfermería en Rehabilitación; Posición de Pie.

INTRODUÇÃO

A disfunção autonómica que interfere com a homeostasia interna, nomeadamente com o controlo cardiovascular, pode ocorrer após lesão encefálica (LE) de diferentes etiologias^(1,2,3). O primeiro estudo a explorar a relação entre o padrão da frequência cardíaca (FC) e a ocorrência de lesão encefálica severa remonta ao ano de 1965⁽¹⁾. Os autores verificaram que a diminuição da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), ocorrida em qualquer momento pós-lesão, é um indicador preciso de mau prognóstico⁽¹⁾.

A relação entre cérebro e coração, tal como a modulação da FC sinusal regulada pelo sistema nervoso autónomo (SNA) tem vindo a ser estudada desde há algum tempo^(2,3). Várias alterações neurológicas podem ser associadas a disfunção do SNA, o que torna a avaliação da FC um método que pode ser aplicado em pessoas com LE⁽⁴⁾.

Num coração saudável, o nó sinusal dita a FC basal que é modulada pelo sistema nervoso parassimpático e simpático e permite que a FC se mantenha dentro de um determinado intervalo de valores (60 a 100 bpm)⁽⁵⁾. Após a ocorrência de LE existe a ativação do SNA com aumento de catecolaminas circulantes, do qual podem resultar arritmias cardíacas, e por sua vez, desequilíbrio autonómico⁽⁶⁾. A FC sofre alteração em resposta a stresse mental ou físico e doenças severas como a LE⁽⁵⁾.

A VFC reflete as alterações nos intervalos entre ondas R-R nos batimentos que são regulados pelo SNA⁽⁴⁾. A ausência de VFC em doentes pós LE severa pode resultar em morte cerebral ou estado vegetativo, sendo a VFC menor em pessoas em coma^(7,8).

A adaptação à mudança da posição corporal, nomeadamente a posição supina, é mediada pelo SNA através da VFC e do barorreflexo⁽⁹⁾. Quando adquirimos a posição ortostática, verifica-se um movimento de cerca de 500-1000ml de sangue para os segmentos inferiores do corpo⁽¹⁰⁾. A adaptação à posição ortostática é identificada pelos barorreceptores carotídeos e aórticos que vão provocar o reflexo simpático de aumento da FC, contratilidade cardíaca e vasoconstrição periférica. O aumento do débito cardíaco leva à obliteração da câmara ventricular, estimulando por sua vez o reflexo parassimpático, que resulta em vasodilatação e diminuição da FC⁽¹⁰⁾. Nos casos em que existe disfunção do SNA é expectável uma menor VFC^(2,3).

A VFC analisada através do domínio da FC permite-nos identificar o componente de alta frequência (AF) que reflete a atividade eferente vagal (parassimpático), enquanto o componente de baixa frequência (BF) reflete a atividade simpática sob influência vagal. O rácio BF/AF é considerado o espelho do equilíbrio simpático-vagal^(2,3,8).

A sensibilidade do barorreflexo (SB) é calculada através do domínio do tempo do barorreflexo nos intervalos R-R *versus* pressão arterial sistólica⁽⁹⁾. A alta atividade simpática ou disfunção do SNA está correlacionada com disfunção da SB^(9,11), e a alteração da atividade do barorreflexo associa-se a um pior *outcome* em doentes com LE⁽¹²⁾.

A reabilitação em Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) associa-se a melhoria do resultado funcional, permitindo redução do tempo de hospitalização com menores encargos económicos e sociais^(13,14). Quando se realiza a prova de ortostatismo torna-se necessária readaptação na circulação sanguínea cerebral. Neste movimento, a adaptação hemodinâmica pode afetar o fluxo sanguíneo cerebral (FSC) e, conseqüentemente, a função do mesmo. O fenómeno que

assegura o FSC constante dentro de um intervalo limitado de variação da pressão arterial e que responde à variação da resistência cerebrovascular denomina-se autorregulação cerebral (ARC)⁽¹⁵⁾.

Benefícios identificados no treino de ortostatismo passam por estimulação da função vestibular, sensoriomotora e visual, decorrente de uma resposta adaptativa do SNA⁽¹⁶⁾. Durante a posição ortostática, a atividade tónica axial conecta todo o corpo, o que resulta em melhoria do controlo autonómico, oxigenação, ventilação, vigília, alongamento dos músculos dos membros inferiores e redução da espasticidade e melhoria da força muscular^(17,18). O plano inclinado como ferramenta de reabilitação associa-se a melhoria da excitação e consciência⁽¹³⁾, minimiza os efeitos adversos da imobilidade, nomeadamente úlceras de pressão, melhora a recuperação e diminui a morbilidade, promovendo um melhor *outcome* da pessoa^(17,18).

O mecanismo fisiológico de adaptação à posição ortostática pode ser continuamente monitorizado através de oximetria cerebral (CO) utilizando o *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) e analisando a sua correlação com a pressão arterial (PA)⁽¹⁹⁾. O coeficiente de correlação entre CO e PA designa-se índice de reatividade de oximetria cerebral (COx).

Ao realizar este estudo pretendemos descrever a adaptação fisiológica cerebrovascular na reaquisição da posição ortostática em PSC pós LE, submetida a treino em plano inclinado. Desta forma, queremos responder à questão de investigação: O treino de ortostatismo, com recurso a um programa de reabilitação em plano inclinado, melhora a adaptação fisiológica cerebral à posição ortostática na PSC pós LE?

METODOLOGIA

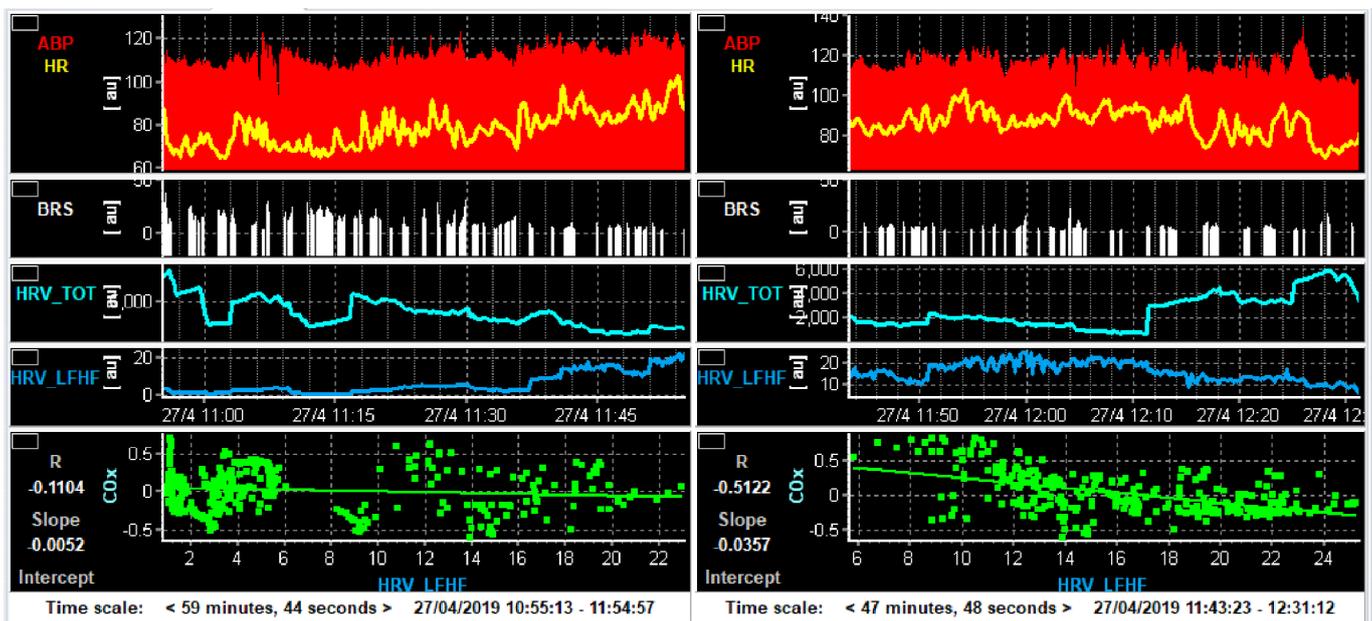
A colheita de dados para a realização deste estudo foi realizada no primeiro semestre de 2019 numa Unidade de Cuidados Neurocríticos (UCNC) de um Hospital da Zona Norte de Portugal, tendo sido previamente aprovado pela comissão de ética (parecer n.º 313/17 de 25 de janeiro de 2018). Como critérios de inclusão foram definidos: idade compreendida entre os 18 anos e os 80 anos, lesão encefálica traumática ou não traumática há menos de três meses ambos os géneros, no episódio atual de internamento apresentem um score na escala de coma de Glasgow (ECG) <8 ou sujeitos a sedoanalgesia, no início do protocolo de plano inclinado apresentem ECG ≥8, sem evidência clínica de infeção, com tolerância ao programa de reabilitação em vigor no Serviço de Medicina Intensiva e com estabilidade hemodinâmica superior a 24 horas. Os critérios de exclusão incluíram: peso corporal superior a 130 kg e/ou altura superior a 210 cm, fraturas instáveis ou não consolidadas, fraturas costais ou lesões cutâneas torácicas, contraindicação para carga nos membros inferiores e a existência de trombose venosa profunda, instabilidade hemodinâmica ou neurológica nas últimas 48 horas, com drenagem ventricular externa ou lombar ou história prévia de intolerância ortostática. Foram aceites os restantes doentes. O estado neurológico basal foi calculado através da Escala de Coma de Glasgow (ECG) na primeira sessão. Como complemento foi utilizada a escala *Simplified Acute Physiologic Score* (SAPS II) de forma a determinar a severidade da doença e predição da mortalidade hospitalar.

Realizou-se um estudo multicaso, descritivo, correlacional e retrospectivo, de natureza quantitativa. As variáveis colhidas incluíram a ECG, FC, PA e CO analisada através do NIRS.

Procedeu-se depois à análise retrospectiva *offline* do COx, VFC e barorreflexo.

As variáveis sistémicas foram adquiridas usando um monitor de multiparâmetros *Philips Intellivue MP70®*. O NIRS foi monitorizado com *INVOS 5100C®*, *Covidien*. Todos os dados foram registados usando um computador portátil com o software *ICM+®*, versão 8.5. CO foi definida como uma média entre os valores esquerdos e direitos do NIRS. COx foi calculado como um coeficiente de correlação de Pearson entre PA e NIRS. Os valores de COx podem variar entre -1 e +1 e valores inferiores a 0,3 indicam ARC preservada⁽²⁰⁾. Exemplo da monitorização de dados é demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Ecrã de análise offline dos dados monitorizados de PA, FC, SB, VFR_TOT, VFC_BF/AF e COx.



Para o estudo da VFC, usou-se a análise do domínio FC e calculou-se uma série temporal R-R *spectral power* na banda de BF (0,04-0,15Hz), AF (0,15-0,4Hz), *total power* (0,04-0,4Hz) e o rácio BF/AF. Por sua vez, para calcular a Sensibilidade do Barorreflexo (SB) realizou-se uma correlação cruzada entre PA e a série temporal R-R. A SB é apresentada em mms/mmHg. Nos dois casos a tolerância para ectopias foi de 20%.

Os quatro investigadores, dois pertencentes à equipa médica, e dois pertencentes à equipa de enfermagem de reabilitação da UCNC, submeteram a PSC a inclinação do plano dos 0° aos 60°, com incrementos de 15° em intervalos de 15 minutos, seguidos de descida até zero com a mesma cadência, mas em intervalos de 5 minutos (Figura 1). Em caso de instabilidade hemodinâmica, definida por alterações $\pm 20\%$ do basal da FC, PA e/ou alteração do estado de consciência, a prova seria abortada.

Os valores recolhidos são apresentados através de média e desvio padrão (média \pm DP) ou mediana e intervalo interquartil (med; IQT). O teste não-paramétrico de Wilcoxon foi realizado para comparar a média dos valores de PA, FC, NIRS esquerdo, NIRS direito, CO, COx, VFC, componentes BF e AF, rácio BF/AF, SB e índice de SB (iSB) ao longo das 2 sessões.

O teste não-paramétrico de Friedman com comparações *post-hoc* foi realizado para equiparar a média de valores de cada variável em diferentes amplitudes durante o treino. Todos os dados estatísticos foram realizados na Plataforma SPSS, versão 21.0 para o Windows®. Os valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

RESULTADOS

Analisaram-se sete doentes com LE (3 Lesão Encefálica Traumática, 3 Hemorragia Cerebral, 1 Hidrocefalia Aguda) no período compreendido entre janeiro e junho de 2019. A média de idades foi 58 ± 24 anos e 6 (86%) eram homens. A mediana da ECG na primeira sessão foi de 11(1). A média da SAPS II na admissão foi de 31 ± 23 com uma mortalidade hospitalar prevista de 24%. O tempo de estadia médio na Unidade e Hospital foi de 67 ± 26 e 107 ± 26 , respetivamente.

Os dados demográficos apresentam-se na tabela 1.

Tabela 1 - Características demográficas

N	Sexo n	Idade m±sd	Diagnósticos n	SAPSII	P_SAPS II %	Estadia UCNC m±sd	Estadia Hospitalar m±sd	ECG med ! IQT
7	6M 1F	58±24	3 HC 3 LET 1 HA	31±23	24±30	67±26	107±26	11 1

SAPS II, Simplified Acute Physiologic Score; P_SAPS II, predição da mortalidade; ECG: Escala de Coma de Glasgow; HC: Hemorragia Cerebral; LET: Lesão Encefálica Traumática; HA: Hidrocefalia Aguda; m±sd: média e desvio padrão; med | IQT: mediana e Intervalo Interquartil

A média e o desvio padrão das variáveis fisiológicas: PA, VFC e NIRS (esquerdo e direito) na amplitude de 0°, 15°, 30°, 45°, 60° e no fim do protocolo, para a primeira e segunda sessão, são exibidos na tabela 2 e figura 2.

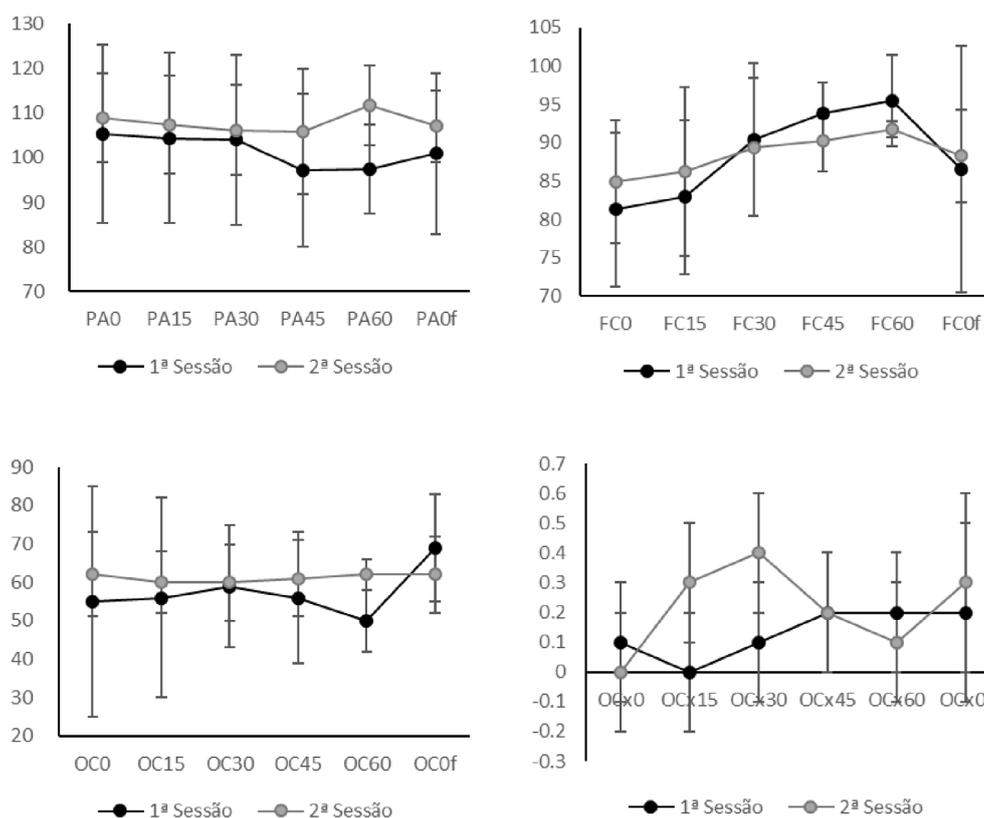
Tabela 2 - Monitorização de dados registados durante a fase de elevação da prova de ortostatismo na primeira e segunda sessão aos 0°, 15°, 30°, 45°, 60° e no fim do protocolo.

	Variáveis	0° início	15° subida	30° subida	45° subida	60° subida	0° fim
1ª Sessão (n=7)	PA	105±20	104±19	104±19	97±17	97±10	101±18
	FC	81±10	83±10	90±10	94±4	95±6	87±16
	NIRS_E	57±30	52±28	63±15	62±14	54±11	68±12
	NIRS_D	61±33	59±32	60±25	51±28	47±17	69±21

	Variáveis	0° início	15° subida	30° subida	45° subida	60° subida	0° fim
2ª Sessão (n=4)	PA	109±10	107±11	106±10	106±14	112±9	107±8
	FC	85±8	86±11	89±10	90±4	92±1	88±6
	NIRS_E	62±10	61±7	61±9	61±10	63±10	64±11
	NIRS_D	61±13	59±10	59±11	61±9	60±1	61±11

Media e Desvio Padrão da PA (Pressão Arterial), FC (Frequência Cardíaca), NIRS_E (oximetria cerebral esquerda com espectroscopia perto dos infravermelhos) e NIRS_D (oximetria cerebral direita com espectroscopia perto dos infravermelhos).

Figura 2 - Gráfico linear demonstrando média e desvio padrão para a PA, FC, CO e COx nas amplitudes de 0°, 15°, 30°, 45°, 60° e fim do protocolo, relativamente à primeira e segunda sessões.



Diferenças estatisticamente significativas entre amplitudes durante o ortostatismo foram apenas identificadas para a FC na primeira sessão com um aumento progressivo entre 15°, 45° e 60° ($p=0,037$).

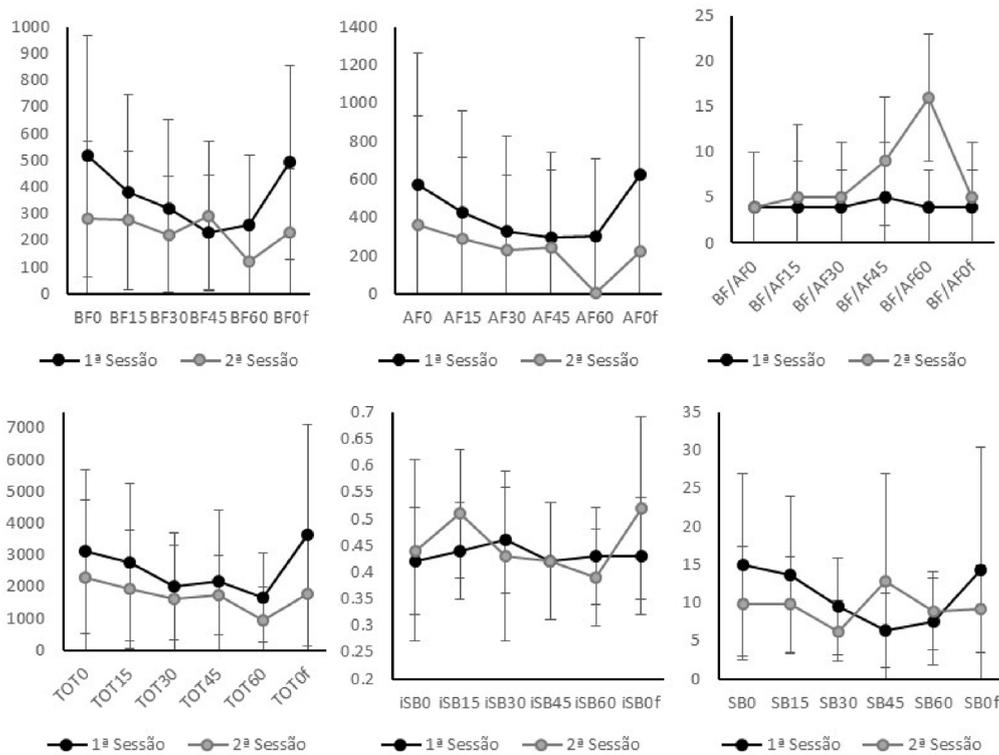
A média e desvio padrão para as variáveis calculadas - CO, COx, VFC BF, VFC AF, VFC BF/AF, VFC TOT (total power), SB e iSB nas amplitudes 0°, 15°, 30°, 45°, 60° e no fim do protocolo, para a primeira e segunda sessão, apresentam-se na tabela 3 e figura 3. Salienta-se que entre as variáveis calculadas, nenhuma diferença estatística foi encontrada ($p>0,05$).

Tabela 3 - Variáveis calculadas durante a fase de elevação da prova de ortostatismo na primeira e segunda sessão aos 0°, 15°, 30°, 45°, 60° e no fim do protocolo.

	Variáveis	0° início	15° subida	30° subida	45° subida	60° subida	0° fim
1ª Sessão (n=7)	CO	55±30	56±26	59±16	56±17	50±8	69±14
	COx	0,1±0,2	0±0,2	0,1±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2	0,2±0,3
	VFC_BF	517±453	381±365	318±335	230±214	259±262	493±364
	VFC_AF	575±690	428±530	328±500	293±446	305±403	629±716
	VFC_BF/AF	4±6	4±5	4±4	5±6	4±4	4±4
	VFC_TOT	3115±2576	2774±2464	2030±1679	2173±2261	1656±1410	3628±3482
	iSB	0,42±0,10	0,44±0,09	0,46±0,10	0,42±0,11	0,43±0,09	0,43±0,11
	SB	15±12	14±10	9±6	6±5	8±6	14±16
2ª Sessão (n=4)	CO	62±11	60±8	60±10	61±10	62±4	62±10
	COx	0±0,2	0,3±0,2	0,4±0,2	0,2±0,2	0,1±0,2	0,3±0,3
	VFC_BF	283±288	276±260	222±217	293±280	120±138	230±238
	VFC_AF	359±572	289±423	228±393	246±406	6±6	224±412
	VFC_BF/AF	4±6	5±8	5±6	9±7	16±7	5±6
	VFC_TOT	2292±2431	1922±1850	1632±1663	1737±1245	932±1082	1773±1904
	iSB	0,44±0,17	0,51±0,12	0,43±0,16	0,42±0,11	0,39±0,09	0,52±0,17
	SB	10±8	10±6	6±4	13±14	9±5	9±6

Media e Desvio Padrão da CO (Oximetria Cerebral), COx (índice da Oximetria Cerebral), VFC BF (Componente de Baixa Frequência da Variabilidade de Frequência Cardíaca), VFC AF (Componente de Alta Frequência da Variabilidade de Frequência Cardíaca), VFC BF/AF (Rácio entre os componentes de Baixa e Alta Frequência da Variabilidade de Frequência Cardíaca), VFC TOT (Variabilidade de Frequência Cardíaca total *power*), iSB (índice da Sensibilidade do Barorreflexo) e SB (Sensibilidade do Barorreflexo).

Figura 3 - Gráfico linear demonstrando média e desvio padrão para os componentes de Baixa e Alta Frequência da Variabilidade de Frequência Cardíaca (VFC_BF, VFC_AF), rácio (BF/AF), total power (TOT), índice da Sensibilidade do Barorreflexo (iSB) e Sensibilidade do Barorreflexo (SB) nas amplitudes de 0°, 15°, 30°, 45°, 60° e fim do protocolo, nas primeira e segunda sessões.



DISCUSSÃO

Este estudo analisou a resposta cerebrovascular ocorrida para que ocorra adaptação à posição ortostática através de plano inclinado, na PSC pós LE.

Os dados demonstram diminuição dos componentes BF e AF e aumento do rácio BF/AF, assim como aumento da VFC, o que sugere o predomínio do sistema nervoso simpático na PSC pós LE. Considera-se componente AF como espelho do tónus parassimpático e o rácio BF/AF como o equilíbrio entre componentes do SNA. Os resultados obtidos são consistentes com estudos que demonstram a diminuição dos componentes BF e AF em caso de LE severa⁽⁸⁾. Estudos realizados em doentes críticos com LE traumática, hemorragia cerebral e hemorragia subaracnoideia mostram aumento da VFC, componente AF e diminuição do rácio BF/AF, sugerindo aumento da atividade vagal⁽⁷⁾. Por sua vez, estudos realizados em pessoas com isquemia cerebral aguda demonstram diminuição da VFC, BF e AF e aumento do rácio BF/AF^(21,22).

A diminuição da SB e iSB suportam o predomínio simpático na pessoa pós LE. A diminuição da SB e disfunção do SNA foi encontrada em estudos realizados em pessoas com LE aguda⁽²³⁾.

Durante o período de reaquisição da posição ortostática, observou-se aumento da FC com significância estatística entre os 15° e os 45° assim como no patamar 60°. A taquicardia observada é fator que nos pode indicar o predomínio simpático na PSC com LE⁽²¹⁾. O mesmo padrão não foi, contudo, observado na PA.

A oximetria cerebral encontrou-se diminuída apesar de normal, sendo que os valores analisados aumentaram durante o ortostatismo sugerindo uma favorável adaptação cerebral à posição ortostática. De facto, a ARC, expressa pela COx, manteve-se maioritariamente inferior a 0,3 durante o ortostatismo, o que se reflete em ARC preservada, apesar de se terem verificado momentos periódicos de desregulação, momentos estes possivelmente relacionados com atraso na dinâmica da autorregulação⁽²⁴⁾. Como previamente discutido, VFC e SB estavam diminuídos antes do ortostatismo e mantiveram uma progressão linear relativamente estável.

Através da análise *offline* dos dados observa-se que a ARC se manteve maioritariamente preservada com valores de COx inferior a 0,3 ao longo da prova.

No protocolo desenvolvido aplicaram-se medidas de segurança na tentativa de prevenir instabilidade hemodinâmica durante o ortostatismo. As medidas adotadas englobaram a suspensão da prova no caso de se verificar variabilidade da FC e PA > 20% do basal ou alterações do estado de consciência. Não há, contudo, um protocolo de segurança relativo à ARC, para além da que é realizada aquando da avaliação clínica do estado neurológico.

Uma vez que a ARC é um processo vital, seria apropriado, em futuros treinos, introduzir um processamento online da COx para permitir uma monitorização contínua da autorregulação.

Após a análise dos dados foi possível compreender a função do plano inclinado como ferramenta de reabilitação no treino do controlo autonómico e cardiovascular da PSC pós LE. Os resultados obtidos não demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre as sessões realizadas, condição que se poderá associar ao número reduzido de participantes e de sessões conseguidas. Compreende-se, no entanto, que em PSC submetidas a duas sessões, se verificou um maior equilíbrio simpático-vagal entre sessões, situação que pode sugerir uma melhoria do controlo autonómico com a continuação do treino. No entanto, como não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na análise dos dados, nenhuma outra conclusão pode ser formulada.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A pequena amostra do estudo deve ser considerada uma das principais limitações. É, no entanto, um estudo piloto acerca da adaptação fisiológica sistémica e cerebral durante o treino de ortostatismo através de plano inclinado e cujos resultados podem permitir futuras investigações em estudos de coorte maiores, com uma aplicação sistemática do protocolo de treino em plano inclinado.

É de salientar que medicação anti-hipertensora pode ter sido utilizada no tratamento da PSC aquando da realização dos treinos, no entanto, uma força deste estudo deteve-se com o facto de os doentes analisados não se encontrarem sedados nem ventilados, fator que foi provado afetar a VFC *per se*⁽²⁵⁾. A análise dos antecedentes pessoais e médicos dos participantes do estudo não foi analisado, o que pode também concorrer para alterações na resposta ao treino efetuado.

Outra limitação verificada é a falta de monitorização da ARC durante o procedimento e a sua comparação com um método padrão validado como a monitorização bilateral contínua da velocidade sanguínea cerebral com Doppler Transcraniano que poderá também ser âmbito de estudo futuro.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo realizado em doentes com LE submetidos ao treino de ortostatismo demonstrou que é possível aplicar o plano inclinado de forma segura em contexto de UCI. O aumento do rácio BF/AF, da VFC e diminuição da SB sugere predomínio simpático pós LE, o que suporta a hipótese de disfunção do SNA com predomínio do sistema simpático, quando ocorrem lesões deste tipo.

O treino de ortostatismo realizado por enfermeiro especialista em Enfermagem de Reabilitação é uma ferramenta relevante no treino de reacquirição da posição ortostática na PSC pós LE, pois verificou-se através da análise realizada no final do estudo, uma melhoria do controlo autónómico e de resposta cardiovascular à verticalização.

Compreende-se que, apesar de identificadas algumas variações na adaptação à posição ortostática aquando do treino de ortostatismo utilizando o plano inclinado, existe manutenção e/ou melhoria da condição da pessoa após a implementação deste treino, no que concerne à resposta verificada na CO da PSC analisada.

Verificamos então que houve melhoria da adaptação cerebrovascular na reacquirição da posição ortostática após a aplicação do programa de reabilitação, através do treino em plano inclinado na PSC pós LE, o que responde à questão de investigação identificada.

A monitorização da ARC com CO durante o treino de ortostatismo parece apropriada, contudo, necessita de futuras investigações.

A aplicação do protocolo de reabilitação à PSC pós LE através de plano inclinado demonstrou ser uma ferramenta segura na melhoria da adaptação fisiológica cerebrovascular à posição ortostática, na medida em que se verificaram melhorias na CO na consecução dos treinos realizados, o que pode, por si só, relacionar-se com a melhoria da ARC da PSC nesta condição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leipzig TJ, Lowensohn RI. Heart rate variability in neurosurgical patients. *Neurosurgery*. 1986 set;19(3):356–62.
2. Schultz MD, Alstrup M, Olsen MH, Berg RMG, Mehlsen J, Møller K, Gunge Riberholt C. Autonomic response to early head-up tilt in patients with severe traumatic brain injury: Analysis from a randomized feasibility trial. *Physiol Rep* [Internet]. 2023 April 20 [Cited 2023 June]; 11(8) Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10116542/> DOI: 10.14814/phy2.15666
3. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health* [Internet] 2017 Sep 28 [Cited 2022 May]; 5(258). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5624990/> DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258
4. Taralov ZZ, Terziyski KV, Kostianev SS. Heart Rate Variability as a Method for Assessment of the Autonomic Nervous System and the Adaptations to Different Physiological and Pathological Conditions. *Folia Medica* [Internet]. 2016 Apr 1 [cited 2021 May];57(3-4):173–80. Available from: <http://archive.sciendo.com/FOLMED/folmed.2016.57.issue-3-4/folmed-2015-0036/folmed-2015-0036.pdf>
5. Boron WF, Boulpaep EL. *Medical Physiology*. 2 ed. Elsevier; 2012. 1351 p.
6. Takahashi C, Hinson HE, Baguley IJ. Autonomic dysfunction syndromes after acute brain injury. *Handbook of Clinical Neurology* [Internet]. 2015 Jan 1 [cited 2020 Sep];539–51. Available from: <https://ohsu.pure.elsevier.com/en/publications/autonomic-dysfunction-syndromes-after-acute-brain-injury-2>

7. Kox M, Vrouwenvelder MQ, Pompe JC, van der Hoeven JG, Pickkers P, Hoedemaekers CW. The effects of brain injury on heart rate variability and the innate immune response in critically ill patients. *J Neurotrauma* [Internet]. 2012;29(5):747–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1089/neu.2011.2035>
8. Sykora M, Czosnyka M, Liu X, Donnelly J, Nasr N, Diedler J, et al. Autonomic impairment in severe traumatic brain injury: A multimodal neuromonitoring study. *Crit Care Med* [Internet]. 2016;44(6):1173–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1097/ccm.0000000000001624>
9. Nasr N, Gaio R, Czosnyka M, Budohoski K, Liu X, Donnelly J, et al. Baroreflex impairment after subarachnoid hemorrhage is associated with unfavorable outcome. *Stroke* [Internet]. 2018;49(7):1632–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.020729>
10. Levine PA. Papel da Estimulação Artificial na Administração da Síncope - Terapia [Internet]. USA: St. Jude Medical; 2000 [updated 2022; cited 2022 may]. Available from: <http://doczz.com.br/doc/267084/papel-da-estimula%C3%A7%C3%A3o-artificial-na-administra%C3%A7%C3%A3o-da-s%C3%ADncope>
11. Nasr N, Pavy-Le Traon A, Larrue V. Baroreflex sensitivity is impaired in bilateral carotid atherosclerosis. *Stroke* [Internet]. 2005;36(9):1891–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000177890.30065.cb>
12. Papaioannou V, Giannakou M, Maglaveras N, Sofianos E, Giala M. Heart rate and blood pressure variability and baroreflex sensitivity in patients with acute brain injury. *J Crit Care* [Internet]. 2005;20(4):394. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2005.09.048>
13. Frazzitta G, Zivi I, Valsecchi R, Bonini S, Maffia S, Molatore K, et al. Effectiveness of a Very Early Stepping Verticalization Protocol in Severe Acquired Brain Injured Patients: A Randomized Pilot Study in ICU. *PLoS ONE* [Internet]. 2016 jul [cited 2022 may];11(7):e0158030. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4957764/>
14. Tavares AC, Vega J, Guimaraes GV, Moran de Brito CM. A Five-day Orthostatic Training Program Improves Cardiovascular Response in Intensive Care Patients. *Int J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2017 [cited 2022 may];05(05). Available from: <https://www.omicsonline.org/open-access/a-five-day-orthostatic-training-program-improves-cardiovascular-response-in-intensive-care-patients-2329-9096-1000429.php?aid=93206>
15. Tzeng YC, Ainslie PN. Blood pressure regulation IX: cerebral autoregulation under blood pressure challenges. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2014 mar [cited 2022 may];114(3):545–59. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-013-2667-y>
16. Turner-Stokes L, Nair A, Sedki I, Disler PB, Wade DT. Multi-disciplinary rehabilitation for acquired brain injury in adults of working age. *Cochrane Database of Syst Rev.* [Internet]. 2015 dez [cited 2022 may];22(12):CD004170. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26694853/>
17. Brodal Per. The central nervous system: structure and function. 4 ed. USA: Oxford University Press; 2010. 591 p.
18. Vlutters M, Boonstra TA, Schouten AC, van der Kooij H. Direct measurement of the intrinsic ankle stiffness during standing. *J Biomech* [Internet] 2015 mai 1 [cited 2022 may];48(7):1258–63. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25843262/>
19. Brady K, Joshi B, Zweifel C, Smielewski P, Czosnyka M, Easley RB, et al. Real Time Continuous Monitoring of Cerebral Blood Flow Autoregulation using Near-Infrared Spectroscopy in Patients Undergoing Cardiopulmonary Bypass. *Stroke* [Internet]. 2010 set [cited 2022 may];41(9):1951–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20651274/>
20. Moerman A, De Hert S, Mathur AM. Open Peer Review Recent advances in cerebral oximetry. Assessment of cerebral autoregulation with near-infrared spectroscopy: myth or reality? *F1000Res* [Internet]. 2017; ago [cited 2022 may];31(6):1615. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29026526/>
21. Hilz MJ, Moeller S, Akhundova A, Marthol H, Pauli E, De Fina P, et al. High NIHSS values predict impairment of cardiovascular autonomic control. *Stroke*. 2011 jun;42(6):1528–33.
22. Kuriyama N, Mizuno T, Niwa F, Watanabe Y, Nakagawa M. Autonomic nervous dysfunction during acute cerebral infarction. *Neurol Res* [Internet]. 2013 dez 2 [cited 2022 june];32(8):821–7. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/016164109X12464612122696>

23. Sykora M, Diedler J, Rupp A, Turcani P, Rocco A, Steiner T. Impaired baroreflex sensitivity predicts outcome of acute intracerebral hemorrhage. Crit Care Med [Internet]. 2008 nov [cited 2022 jun];36(11):3074–9. Available from: https://journals.lww.com/ccmjournal/Abstract/2008/11000/Impaired_baroreflex_sensitivity_predicts_outcome.19.aspx
24. Lazaridis C, Smielewski P, Steiner LA, Brady KM, Hutchinson P, Pickard JD, et al. Optimal cerebral perfusion pressure: Are we ready for it? Neurol Res. 2013 mar 12;35(2):138–48.
25. Kasaoka S, Nakahara T, Kawamura Y, Tsuruta R, Maekawa T. Real-time monitoring of heart rate variability in critically ill patients. J Crit Care. 2010 jun;25(2):313–6.

DIVULGAÇÕES ÉTICAS

Contribuição do(s) autor(es):

Conceptualização: DA, JAP, JMC, CD;

Metodologia: DA, JAP, JMC, CD;

Validação: DA, JAP, JMC, CD;

Análise formal: DA, JAP, JMC, CD;

Investigação: DA, JAP, JMC, CD;

Tratamento de dados: DA, JAP, JMC, CD;

Preparação do rascunho original: DA, JAP, JMC, CD;

Redação e edição: DA, JAP, JMC, CD;

Revisão: DA, JAP, JMC, CD.

Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento:

Este trabalho não recebeu nenhuma contribuição financeira ou bolsa.

Comissão de Ética:

Estudo autorizado pela Comissão de Ética de Centro Hospitalar Universitário de São João (parecer n.º 313/17 de 25 de janeiro de 2018).

Declaração de consentimento informado:

O consentimento informado por escrito para publicar este trabalho foi obtido dos participantes.

Conflitos de interesse:

Os autores não declaram nenhum conflito de interesses.

Proveniência e revisão por pares:

Não comissionado; revisto externamente por pares.