

Artigo de Investigação

Avaliação da fiabilidade e sensibilidade da monitorização da oxigenação cerebral não invasiva por NIRS na posição genupeitoral.

Mestrado Integrado em Medicina – 6º Ano Profissionalizante

Ano Lectivo 2012-2013

Clara Temudo Gaio Lima

Orientador: Dr. Pedro de Pinho e Costa Amorim

Afiliação: Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar / Centro Hospitalar do Porto
Universidade do Porto

Endereço: Rua de Jorge Viterbo Ferreira, nr. 228, 4050-313 Porto

Porto, 07 de Junho de 2013

Resumo

Introdução: A medição da oxigenação cerebral com 'Near Infra-Red Spectroscopy' (NIRS) não está validada para a posição genupeitoral (Pos.GP). Cirurgias realizadas nessa posição têm risco de isquemia cerebral, justificando uso de NIRS-cerebral. No presente estudo, avaliou-se a sensibilidade e fiabilidade desta monitorização na Pos.GP.

Métodos: Em dez voluntários monitorizou-se a oximetria de pulso (SpO₂) e, por tecnologia NIRS através de um monitor 'In Vivo Optical Spectroscopy' (INVOS), a saturação regional de O₂ cerebral (SrO₂ cerebral) e periférica (SrO₂ antebraço). Estes parâmetros foram avaliados em decúbito dorsal (Pos.DD) e em Pos.GP, sob três condições de ventilação (normoventilação/apneia/hiperventilação) e com diferentes frações inspiradas de oxigénio (FiO₂ a 21%, 13% e 50%) para cada posição. Foi utilizado um sistema "Hypoxico"[™], e uma mesa operatória e o apoio de cabeça "Prone View" para a posição genupeitoral. Os valores de SrO₂ cerebral foram comparados entre os dois posicionamentos e com os valores da SpO₂ e a SrO₂ antebraço. Foi obtida aprovação institucional e consentimento informado.

Resultados: Quando os voluntários normoventilaram oxigénio a 21%, a SrO₂ cerebral foi de 66±9,0% na Pos.DD e de 58,4±11,7% na Pos.GP (p<0,05). Com apneia e hiperventilação a 21% de oxigénio e normoventilação a 13% de oxigénio, a SrO₂ cerebral foi menor na Pos.GP (p<0,05). Observaram-se correlações significativas entre a SrO₂ cerebral e a SpO₂ na Pos.DD (R²=0,133; p<0,01) e Pos.GP (R²=0,11; p<0,01). A percentagem de variação da SrO₂ cerebral em relação à linha de base diferiu significativamente em sete das oito condições estudadas; na SrO₂ antebraço apenas diferiu em uma.

Conclusão: Os valores de SrO₂ cerebral medidos pelo INVOS na Pos.GP foram significativamente mais baixos, mas a correlação entre SrO₂ cerebral e SpO₂ foi semelhante nos dois posicionamentos. Os resultados sugerem que leituras inferiores de SrO₂ cerebral em genupeitoral podem resultar de artefactos produzidos por congestão venosa e compressão do sensor e que ao posicionar em genupeitoral se deveria obter uma nova linha de base.

Palavras-chave: Near Infra-Red Spectroscopy; In Vivo Optical Spectroscopy; Saturação regional de oxigénio cerebral; genupeitoral; decúbito dorsal.

Abstract

Introduction: Measurement of cerebral oxygenation with Near Infra-Red Spectroscopy (NIRS) is not validated for the genupectoral position (Pos.GP). Surgical procedures carried out in this position carry a risk of cerebral ischemia, warranting the use of brain NIRS. This study evaluated the sensibility and reliability of non-invasive cerebral oxygenation monitoring using NIRS in the Pos.GP.

Methods: Ten volunteers were monitored by pulse oximetry and the regional oxygen saturation (SrO₂) in the forearm and brain was measured by NIRS with an In Vivo Optical Spectroscopy (INVOS) monitor. These parameters were evaluated in dorsal decubitus and in the genupectoral position, in three different ventilatory conditions (normoventilation, apnoea, hyperventilation) and three different inspired oxygen fractions (13%, 21% and 50%). A 'Hypoxico'[™] system and an operating table with 'Prone View' headrest were used. Brain SrO₂ measurements were compared in the two positions and with forearm SrO₂ and pulse oximetry. Adequate institutional approval and informed consent was obtained.

Results: Normoventilating volunteers with 21% oxygen had SrO₂ measurements of 66±9,0% in Pos.DD and 58,4±11,7% in the Pos.GP (p<0.05). With apnoea and hyperventilation at 21% oxygen and normoventilation at 13% oxygen, cerebral SrO₂ was lower in Pos.GP (p<0.05). There were significant correlations between brain SrO₂ and SpO₂ in Pos.DD (R²=0.133; p<0.01) and Pos.GP (R²=0.11; p<0.01). The percentage variation of cerebral SrO₂ in relation to the baseline was significantly different in seven of the eight conditions studied; for forearm SrO₂ it was different only in one.

Conclusion: INVOS SrO₂ measurements in the Pos.GP were significantly lower, but the correlation between brain SrO₂ and SpO₂ was similar in both position. The results suggest that lower SrO₂ readings in Pos.GP may result from artefacts produced by venous congestion and sensor compression and that the genupectoral position requires a new baseline to be obtained.

Keywords: Near Infra-Red Spectroscopy; In Vivo Optical Spectroscopy; Regional cerebral oxygen saturation; genupectoral; dorsal decubitus.

Lista de Abreviaturas

CHP: Centro Hospitalar do Porto

CO₂: Dióxido de Carbono

FiO₂: Fração inspirada de oxigénio

INVOS: In Vivo Optical Spectroscopy

NIRS: Near Infra-Red Spectroscopy

SrO₂: Saturação regional de oxigénio

SpO₂: Saturação periférica de oxigénio

Índice

I. Introdução	1
II. Material e Métodos	2
II.I População	3
II.II Recolha e Registo de dados.....	3
II.III Análise dos dados.....	4
III. Resultados	5
IV. Discussão	16
V. Conclusão.....	21
VI. Anexos	22
VI. Agradecimentos	22
VII. Referências bibliográficas	23

I. Introdução

São várias as situações clínicas que podem provocar isquemia cerebral e doentes em risco necessitam de monitorização da oxigenação cerebral. Tal ocorre em doentes com traumatismo ou hemorragia cerebral ou submetidos a cirurgias associadas a risco de isquemia cerebral, tais como: endarterectomia carotídea, cirurgia cardíaca ou cerebral.^{1,2} Tradicionalmente, esta monitorização implicava métodos invasivos, mas recentemente foi introduzida uma técnica não-invasiva que mede a saturação regional de oxigénio cerebral através de um sensor colado sobre a pele da região frontal - a técnica de “Near Infra-Red Spectroscopy” (NIRS) que mede o rácio hemoglobina / oxihemoglobina.³⁻⁸

Existem vários monitores comercializados, sendo, o mais utilizado, o ‘In Vivo Optical Spectroscopy’ (INVOS™) da Covidian®, que utiliza um díodo emissor de luz, transmitindo luz IV a $\lambda = 730$ e 810nm , e 2 fotodíodos de silicone detectores de luz, colocados a 3 e 4 cm da fonte de luz. O detector proximal detecta a luz reflectida e transmitida primariamente através dos tecidos superficiais extracranianos. O detector distal recebe a luz dos tecidos cerebrais superficiais e dos profundos. Subtraindo o sinal superficial ao sinal profundo, determinamos o sinal do tecido cerebral – o índice “regional hemoglobin oxygen saturation r(rSO2)”.⁹

Esta monitorização foi originalmente desenvolvida para doentes posicionados em decúbito dorsal, mas é usada com frequência em doentes cirúrgicos posicionados em diferentes variantes de decúbito ventral submetidos a cirurgias cerebrais com risco de isquemia cerebral.^{1,10,11} Ao posicionar um doente em decúbito ventral podem ocorrer alterações na fiabilidade da monitorização com NIRS porque a região frontal, onde se encontra o sensor, fica geralmente sobre um apoio da cabeça, em contacto directo e exercendo pressão. Podem também ocorrer alterações nos tecidos, não só por acção da gravidade (ex: estase venosa), como pela duração do posicionamento (edema). Esta posição também acarreta alterações importantes do débito cardíaco que podem por si só afectar a perfusão. Tal é mais marcado na posição genupeitoral.

A fiabilidade do método NIRS em posição ventral foi pouco estudada. Tange et al (2010) avaliaram 30 doentes sujeitos a artroscopia do ombro, sob anestesia geral, com o aparelho NIRO-200, na “posição em cadeira de praia”¹². Demura et al (2008) avaliaram os efeitos da alteração de posição ortostática para sentada e para supina, na oxigenação cerebral, medida com o aparelho NIRO-300, em 18 sujeitos saudáveis, observando alterações na oxigenação cerebral ao passar da posição ortostática para supina¹³. Fuchs et al (2000) avaliaram a influência do posicionamento nas medições espectroscópicas da saturação cerebral tendo verificado que a alteração da posição modificava os valores

medidos pelo NIRS¹⁴.

O objetivo do presente projeto é avaliar a fiabilidade e sensibilidade da monitorização da oxigenação cerebral não invasiva por NIRS na posição genupeitoral.

II. Material e Métodos

II.I População

Foram estudados 10 voluntários com idades entre os 18 e 28 anos. Os critérios de exclusão foram doença respiratória, doença do Sistema Nervoso Central, doença aterosclerótica sintomática, cardiopatia isquémica ou história de acidente vascular cerebral.

II.II Recolha e Registo de dados

À chegada ao bloco operatório de Neurocirurgia do Centro Hospitalar do Porto, os voluntários foram monitorizados através de oximetria de pulso (SpO₂), electrocardiograma, frequência cardíaca, pletismografia, oxigénio (O₂) inspirado e expirado, dióxido de carbono (CO₂) expirado e temperatura cutânea. A recolha destes dados foi feita através de um monitor *Datex-GE*[®] que estava conectado a um computador onde corria o software *Rugloop*[®], que permitia a recolha das variáveis monitorizadas a cada 5 segundos. Este software permitiu o registo dos eventos ocorridos tanto no monitor *Datex-GE*[®] como no monitor *INVOS 5100C*[™] da *Covidien*[®] em tempo real. A oxigenação cerebral regional foi avaliada por NIRS (monitor *INVOS*[™]) e a medição da SO₂ regional (SrO₂) periférica foi também medida no antebraço através de NIRS (monitor *INVOS*[™]). A selecção de eventos do *INVOS*[™] foi efectuada em tempo real. Foi utilizada uma mesa operatória e o apoio de cabeça “Prone View”.

A saturação regional de oxigénio (SrO₂) cerebral foi avaliada em decúbito dorsal e em posição genupeitoral, sob diferentes condições de ventilação e com diferentes fracções inspiradas de oxigénio (FiO₂) para cada posição. Para misturas hipóxicas, foi utilizado o sistema “Hypoxico”[™], em que, utilizando uma máscara facial, se ajustou a FiO₂ com redução progressiva até obter uma saturação de oxigénio periférica de 90% nos voluntários. Para obter uma FiO₂ de 21%, os voluntários respiravam ar ambiente. Para misturas com uma FiO₂ de 50% utilizou-se uma máscara facial e o circuito de um ventilador *Aisys-GE*[®]. Para cada FiO₂, pedimos aos voluntários para: normoventilar (respirar da forma mais natural possível); ficar em apneia (suster a respiração, fechando a boca e o nariz e aguentando essa situação até não ser demasiado desconfortável); hiperventilar (fazendo inspirações profundas durante dois minutos). Este procedimento foi realizado em decúbito dorsal e em seguida repetido na posição genupeitoral. Os valores de SrO₂ cerebral foram comparados com a medição da SpO₂ e da SrO₂ no

antebraço (NIRS com INVOS™) para analisar a perfusão regional cerebral em comparação com a perfusão sistémica. Foi estipulado que, caso a SpO2 descesse abaixo de 90% e/ou SrO2 cerebral descesse abaixo de 50%, o estudo seria interrompido e administrar-se-ia O2 a 50% em normoventilação.

II.III Análise dos dados

Depois de recolhidos, os dados gravados através da *Rugloop*® foram convertidos pelo software *LabGrab*™ e exportados para ficheiros *Microsoft Office Excel 2007*®, no caso das variáveis colhidas pelo monitor *Datex-GE*, e em ficheiros *Microsoft Office Word 2007*®, no caso dos eventos registados. Os dados recolhidos através do monitor do INVOS™ foram convertidos pelo software *Invos Analytics Tool*® e exportados para ficheiros Excel. Os dados de ambos os ficheiros Excel foram então reunidos para um mesmo ficheiro Excel e, através do registo do momento de ocorrência de cada evento, foi possível emparelhar os dados contidos nos ficheiros Excel e Word, supramencionados.

Para o tratamento estatístico dos dados utilizou-se o programa *Statistical Toolbox do Matlab 2013*®, e o programa *Microsoft Office Excel 2007*®. Os resultados são apresentados como média e erro padrão ou, em situações pontuais devidamente assinaladas, como média e desvio padrão. No que respeita aos testes paramétricos, utilizou-se neste estudo o Teste t e o ANOVA. O Teste t foi efectuado para amostras emparelhadas, ou seja, para comparar um mesmo voluntário em decúbito dorsal e na posição genupeitoral. O teste tinha implícitas duas hipóteses: a hipótese nula, que afirmava que as médias eram iguais, e a hipótese alternativa, que mencionava que existia diferença estatística dos resultados. Pode-se rejeitar a hipótese de igualdade e assumir a diferença estatisticamente significativa dos resultados sempre que o nível de significância for igual ou inferior a 0,05 ($p \leq 0,05$). O teste t permitiu testar as diferenças entre duas situações para uma mesma variável. Já o teste ANOVA foi utilizado para testar diferenças entre diversas situações e para duas ou mais variáveis.

O estudo e metodologia aplicada teve aprovação por parte da Comissão de Ética e Conselho de Administração do CHP-HSA. Os voluntários tiveram acesso a uma explicação oral e escrita dos procedimentos e assinaram o seu consentimento informado (anexo I).

III. Resultados

A amostra foi composta por 10 voluntários com idades entre os 23 e 26 anos, altura entre 160cm e 183cm e peso entre 43 e 78kg, sendo 60% do sexo feminino.

Antes de qualquer intervenção, e com os voluntários a ventilar normalmente oxigénio a 21%, na posição de decúbito dorsal observou-se uma variabilidade nos valores da SpO₂, medida através do desvio padrão que foi de 0,4%. No que respeita à variabilidade dos valores da SrO₂ cerebral, essa variabilidade foi de 9,0%, tendo variado entre 52 e 84. Para a SrO₂ no antebraço a variabilidade foi de 4,6%. Quando os voluntários ventilaram normalmente oxigénio a 21% na posição de decúbito dorsal, a SrO₂ cerebral foi de 66±9,0%; quando os mesmos voluntários ventilaram normalmente oxigénio a 21% mas na posição genupeitoral, a SrO₂ cerebral foi de 58,4±11,7%. A SrO₂ cerebral na posição genupeitoral apresentou uma descida altamente significativa ($p=0,0005$) (Fig. 1).

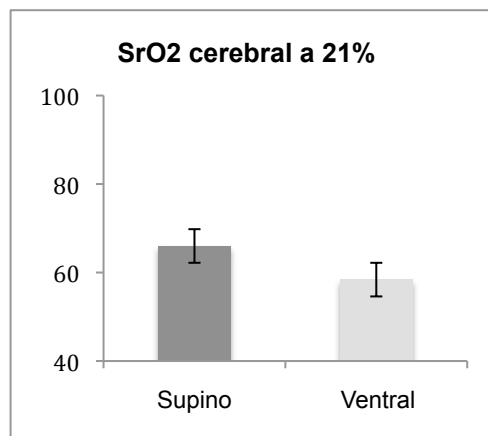


Figura 1 – SrO₂ cerebral a 21% de oxigénio em decúbito dorsal (supino) e na posição genupeitoral (ventral)

No que respeita aos valores da SpO₂ nas mesmas condições de normoventilação com 21% de oxigénio, esta foi superior a 99% em ambos os grupos: 99,57±0,4% em decúbito dorsal e 99,3±0,7% na posição genupeitoral, sendo que, do ponto de vista estatístico, se verificou uma diferença entre os dois posicionamentos ($p=0,04$) (Fig. 2).

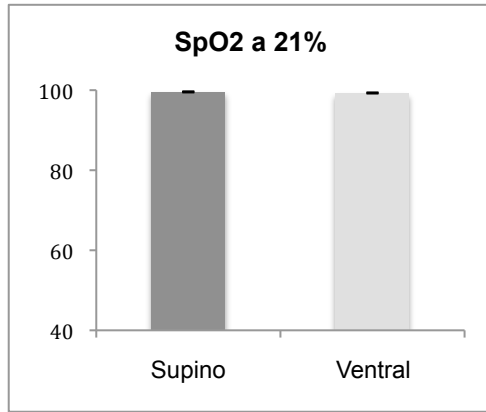


Figura 2 – SpO2 a 21% de oxigénio em decúbito dorsal (supino) e na posição genupeitoral (ventral)

Quanto à SrO2 no antebraço e nas mesmas condições de normoventilação e oxigénio, a 21% foi de $68,6 \pm 4,6\%$ em decúbito dorsal e de $62,8 \pm 4,3\%$ na posição genupeitoral, sendo que a diferença dos valores desta variável entre os dois posicionamentos foi estatisticamente significativa ($p=0,005$) (Fig. 3).

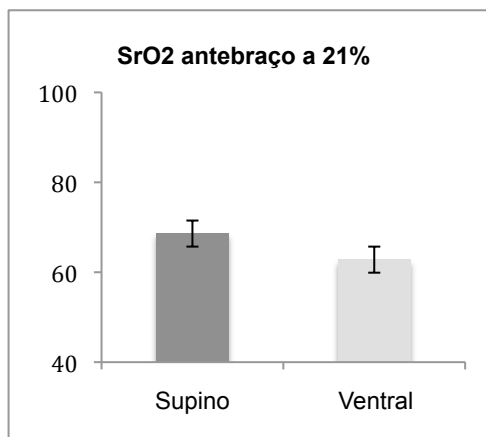


Figura 3 – SrO2 antebraço a 21% de oxigénio em decúbito dorsal (supino) e na posição genupeitoral (ventral)

As figuras 4, 5 e 6 apresentam a variação e as médias da SpO2, SrO2 cerebral e SrO2 no antebraço para cada mudança de FiO2/ventilação, respetivamente; as tabelas I, II e III adicionam aos valores apresentados nas figuras os valores de p encontrados na análise estatística que compara, para cada combinação de FiO2 e ventilação, os valores obtidos em decúbito dorsal e posição genupeitoral. De notar que diferenças com significado estatístico são observadas em maior número quando se analisam as variações da oxigenação cerebral e no antebraço. Na SpO2 apenas existe diferença numa das 9 comparações (normoventilação com 21% de O2). Na oxigenação cerebral as diferenças ocorrem em alguns casos com a Fi de O2 de 21 e 13%, mas nunca com FiO2 de 50%. Na oxigenação no antebraço as diferenças entre as medidas nas duas posições diferem em quase todas as situações, exceto em duas das três medições com O2

a 50%.

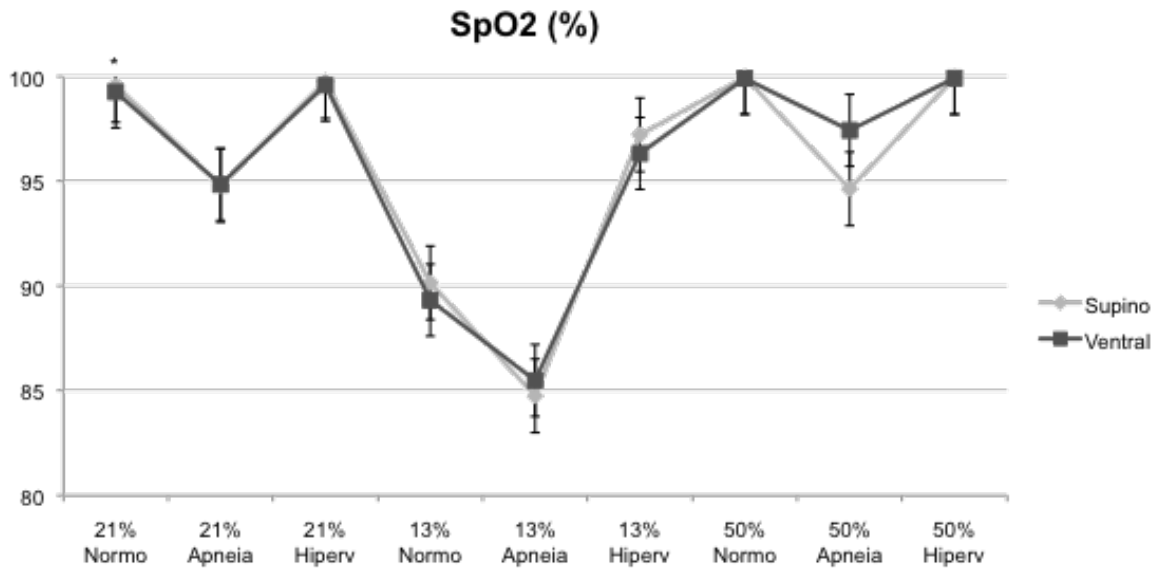


Figura 4 - Variação da SpO2(%) para cada mudança de FiO2/ventilação (média±EP)

* p<0,05

Tabela I - Variação da SpO2(%) para cada mudança de FiO2/ventilação (média±EP)

Ventilação/FiO2	SpO2 (%)				P
	Decúbito Dorsal		Genupeitoral		
	Média	Std Error	Média	Std Error	
Normo 21%	99.6	± 0.13	99.26	± 0.21	0.0414*
Apneia 21%	94.8	± 1.77	94.8	± 2.00	0.9897
Hiperv 21%	99.7	± 0.15	99.6	± 0.19	0.1486
Normo 13%	90.1	± 0.51	89.3	± 0.57	0.3882
Apneia 13%	84.7	± 2.11	85.5	± 1.92	0.6989
Hiperv13%	97.2	± 0.85	96.3	± 0.62	0.5150
Normo 50%	99.9	± 0.02	99.9	± 0.10	0.4710
Apneia 50%	94.6	± 2.29	97.4	± 2.01	0.0501
Hiperv 50%	99.9	± 0.05	99.9	± 0.08	0.3083

* p<0,05

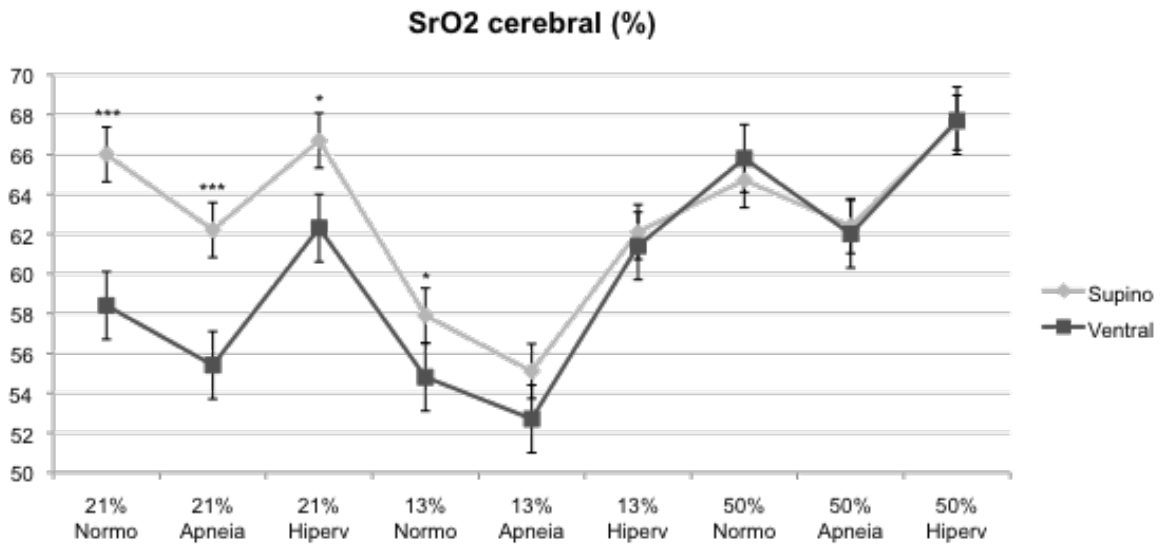


Figura 5 - Variação da SrO₂ cerebral para cada mudança de FiO₂/ventilação (média ± EP).

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.005

Tabela II - Variação da SrO₂ cerebral para cada mudança de FiO₂/ventilação (média ± EP)

Ventilação/FiO ₂	SrO ₂ cerebral (%)				
	Decúbito Dorsal		Genupeitoral		P
	Média	Std Error	Média	Std Error	
Normo 21%	66	± 2.83	58.4	± 3.69	0.0005***
Apneia 21%	62.2	± 3.94	55.4	± 3.74	0.0033***
Hiperv 21%	66.7	± 3.20	62.3	± 3.61	0.0363*
Normo 13%	57.9	± 3.31	54.8	± 3.51	0.0435*
Apneia 13%	55.1	± 3.31	52.7	± 3.70	0.0849
Hiperv13%	62.1	± 3.38	61.4	± 3.28	0.4283
Normo 50%	64.7	± 3.18	65.8	± 3.14	0.3349
Apneia 50%	62.4	± 3.79	62	± 3.96	0.8464
Hiperv 50%	67.6	± 3.90	67.7	± 3.94	0.9782

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.005

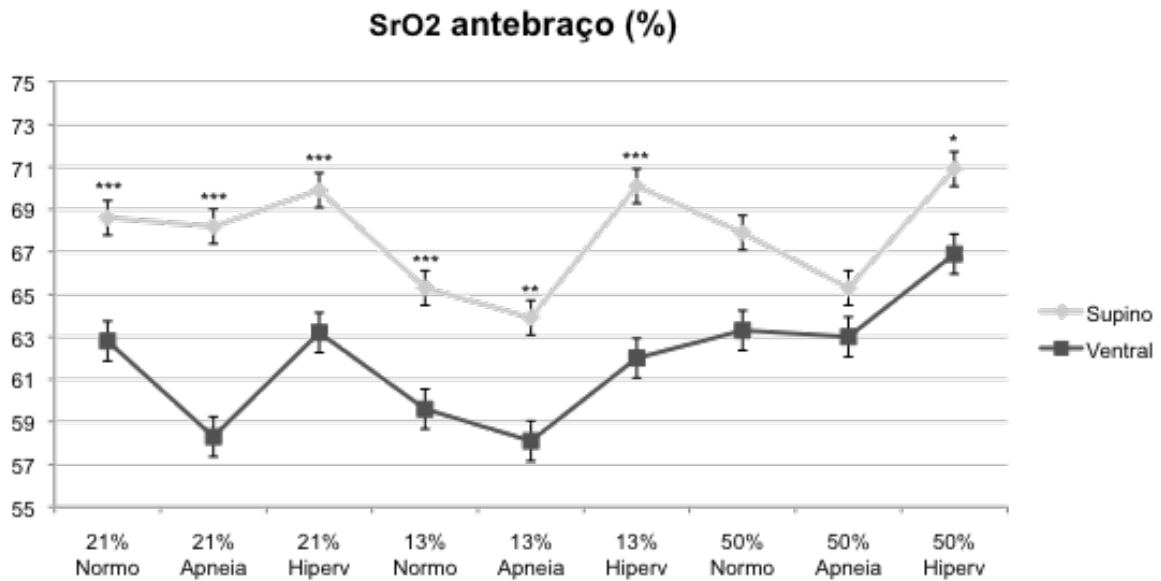


Figura 6 - Variação da SrO2 antebraço para cada mudança de FiO2/ventilação (média ±EP).

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

Tabela III - Variação da SrO2 antebraço para cada mudança de FiO2/ventilação (média ±EP).

Ventilação/FiO2	SrO2 antebraço (%)				P
	Decúbito Dorsal		Genupeitoral		
	Média	Std Error	Média	Std Error	
Normo 21%	68.6	± 1.45	62.8	± 1.36	0.0049***
Apneia 21%	68.2	± 1.52	58.3	± 1.63	0.0001***
Hiperv 21%	69.9	± 1.91	63.2	± 1.88	0.0002***
Normo 13%	65.3	± 1.27	59.6	± 1.84	0.0022***
Apneia 13%	63.9	± 1.08	58.1	± 1.99	0.0052**
Hiperv 13%	70.1	± 2.20	62	± 1.85	0.0046***
Normo 50%	67.9	± 1.93	63.3	± 2.16	0.0865
Apneia 50%	65.3	± 1.57	63	± 1.74	0.2395
Hiperv 50%	70.9	± 1.75	66.9	± 1.80	0.0380*

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

Foi efetuada também uma análise dos resultados comparando a variação percentual dos valores obtidos em cada monitor com os valores obtidos em normoventilação com oxigênio a 21% para cada um dos posicionamentos. Deste modo, foi estabelecida uma linha basal para a SpO2, a SrO2 cerebral e a SrO2 no antebraço registando o valor quando o voluntário estava a normoventilar ar ambiente (FiO2 de 21%), tendo sido obtidas duas linhas de base, uma para o decúbito dorsal e outra para a

posição genupeitoral. Foi então calculada a média e erro padrão da percentagem de variação da SpO₂, SrO₂ cerebral e da SrO₂ no antebraço a cada mudança de FiO₂/ventilação. Os valores obtidos são apresentados nas figuras 7, 8 e 9, e respectivas tabelas IV, V e VI.

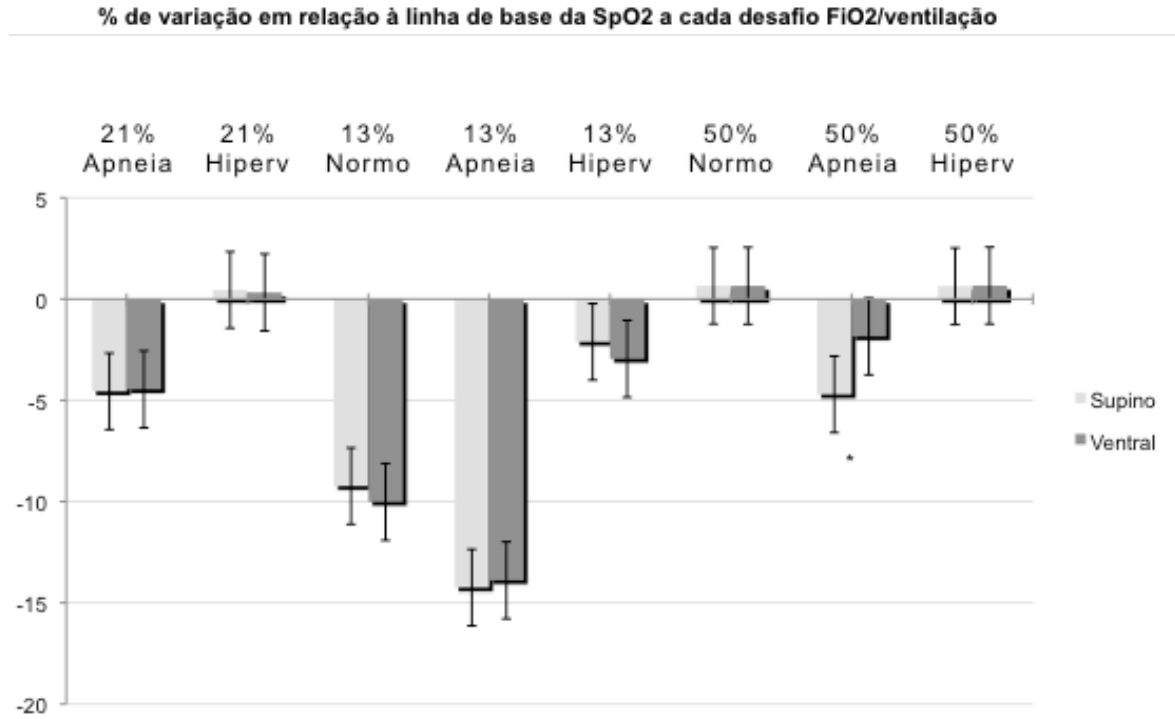


Figura 7- Percentagem de variação em relação à linha de base da SpO₂ a cada desafio FiO₂/ventilação (média±EP).

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

Tabela IV- Percentagem de variação em relação à linha de base da SpO₂ a cada desafio FiO₂/ventilação (média±EP).

Ventilação/FiO ₂	% de variação em relação à linha de base de SpO ₂ a cada mudança de Ventilação/FiO ₂				
	Decúbito Dorsal		Genupeitoral		P
	Média	Std Error	Média	Std Error	
Apneia 21%	- 4.81	± 1.69	- 4.46	± 1.99	0.9118
Hiperv 21%	0.19	± 0.20	0.33	± 0.28	0.4852
Normo 13%	-9.47	± 0.51	- 10.02	± 0.54	0.5602
Apneia 13%	- 14.88	± 2.16	- 13.89	± 1.90	0.5944
Hiperv13%	- 2.36	± 0.90	- 2.95	± 0.69	0.6714
Normo 50%	0.40	± 0.13	0.65	± 0.22	0.1108
Apneia 50%	4.96	± 2.31	- 1.85	± 2.02	0.0356*
Hiperv 50%	0.38	± 0.15	0.66	± 0.21	0.0513

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

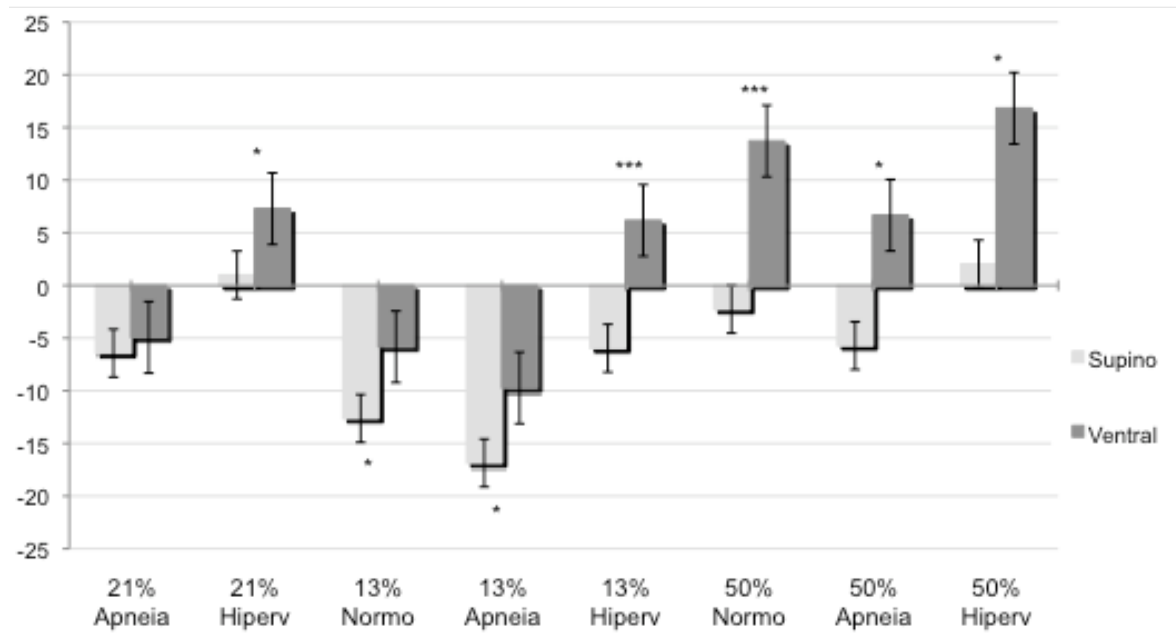
% de variação em relação à linha de base da SrO₂ cerebral a cada desafio FiO₂/ventilação

Figura 8 – Percentagem de variação em relação à linha de base da SrO₂ cerebral a cada desafio FiO₂/ventilação (média±EP).

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

Tabela V - Percentagem de variação em relação à linha de base da SrO₂ cerebral a cada desafio FiO₂/ventilação (média±EP).

Ventilação/FiO ₂	% de variação em relação à linha de base de SrO ₂ cerebral a cada mudança de Ventilação/FiO ₂				
	Decúbito Dorsal		Genupeitoral		P
	Média	Std Error	Média	Std Error	
Apneia 21%	- 6.43	± 2.15	- 4.93	± 2.89	0.6657
Hiperv 21%	0.99	± 1.27	7.29	± 2.67	0.0255*
Normo 13%	-12.63	± 1.70	- 5.83	± 2.69	0.0238*
Apneia 13%	- 16.86	± 2.03	- 9.73	± 2.51	0.0120*
Hiperv13%	- 5.96	± 2.53	6.17	± 3.55	0.0014***
Normo 50%	- 2.12	± 1.51	13.71	± 2.65	0.0006***
Apneia 50%	- 5.72	± 3.11	6.67	± 3.74	0.0119*
Hiperv 50%	2.03	± 2.22	16.83	± 4.36	0.0290*

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

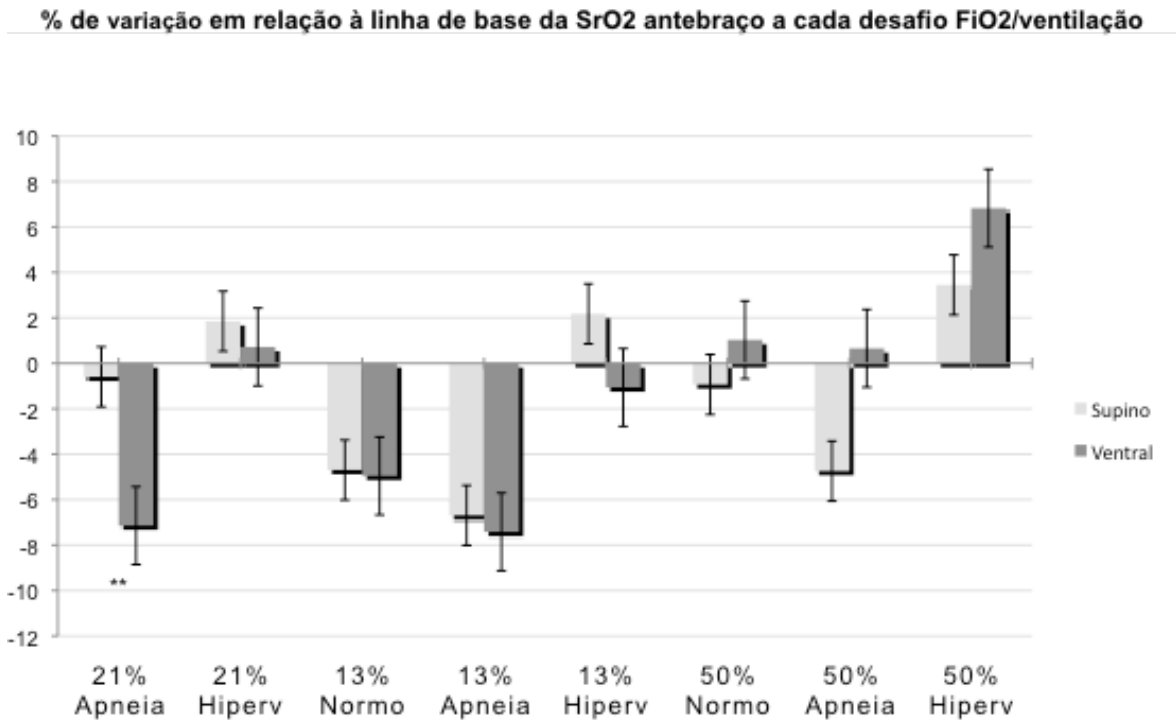


Figura 9 – Percentagem de variação em relação à linha de base da SrO2 antebraço a cada desafio FiO2/ventilação (média±EP).

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

Tabela VI - Percentagem de variação em relação à linha de base da SrO2 antebraço a cada desafio FiO2/ventilação (média±EP).

% de variação em relação à linha de base de SrO2 antebraço a cada mudança de Ventilação/FiO2					
Ventilação/FiO2	Decúbito Dorsal		Genupeitoral		P
	Média	Std Error	Média	Std Error	
Apneia 21%	- 0.60	± 0.62	- 7.14	± 1.83	0.0061**
Hiperv 21%	1.85	± 1.52	0.72	± 2.50	0.6828
Normo 13%	- 4.70	± 1.28	- 4.96	± 2.83	0.9359
Apneia 13%	- 6.69	± 1.32	- 7.42	± 2.87	0.8272
Hiperv13%	2.18	± 2.31	- 1.06	± 3.07	0.4825
Normo 50%	- 0.93	± 2.28	1.03	± 3.62	0.6693
Apneia 50%	- 4.74	± 1.59	0.66	± 3.25	0.1367
Hiperv 50%	3.45	± 1.99	6.83	± 3.13	0.4021

* p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

Diferenças com significado estatístico são observadas em maior número quando se analisam as variações da oxigenação cerebral em relação à linha de base. Na SpO2 apenas existe diferença numa das nove comparações (apneia com 50% de O2) e na SrO2 no antebraço também se verifica apenas uma diferença entre as nove comparações (apneia com 21% de O2). Na oxigenação cerebral as diferenças ocorrem em todos os casos, exceto com a apneia a 21% de oxigénio.

Tabela VII - Análise utilizando a ANOVA

Variáveis a comparar	Normoventilação		Apneia		Hiperventilação	
	P medição	P voluntários	P medição	P voluntários	P medição	P voluntários
SpO2 decubido dorsal versus genupeitoral 13%	0.5605	0.944	0.5944	0.0233*	0.6714	0.891
SrcO2 decubido dorsal versus genupeitoral 13%	0.0238*	0.1246	0.012*	0.0569	0.0014*	0.0192*
SrO2arm decubido dorsal versus genupeitoral 13%	0.9359	0.5381	0.8272	0.5583	0.4825	0.8363
SpO2 decubido dorsal versus genupeitoral 50%	0.1108	0.0107*	0.0356*	0.0008**	0.0513	0.0031***
SrcO2 decubido dorsal versus genupeitoral 50%	0.0006***	0.5218	0.0119*	0.1512	0.029*	0.8588
SrO2arm decubido dorsal versus genupeitoral 50%	0.6693	0.5937	0.1367	0.3127	0.4021	0.5827

p<0.05, ** p<0.01 ***, p<0.05

Na tabela apresentam-se valores de significância estatística para as comparações efectuadas através de "balanced two-way" ANOVA: os valores de p referem-se, no caso de "p medição", a se a média da percentagem de variação é ou não diferente entre os dois posicionamentos que estão a ser analisados e, no caso de "p voluntários", a se as variações entre voluntários se comportam do mesmo modo. No caso das medições de SrO₂ cerebral com normoventilação e apneia, pode ver-se que ocorreu sempre uma diferença significativa entre os dois posicionamentos, mas que em cada um dos posicionamentos a variação em cada voluntário não diferiu (valores de "p voluntários" superiores a 0,05). Observaram-se mais variações significativas na SrO₂ cerebral do que nos outros parâmetros.

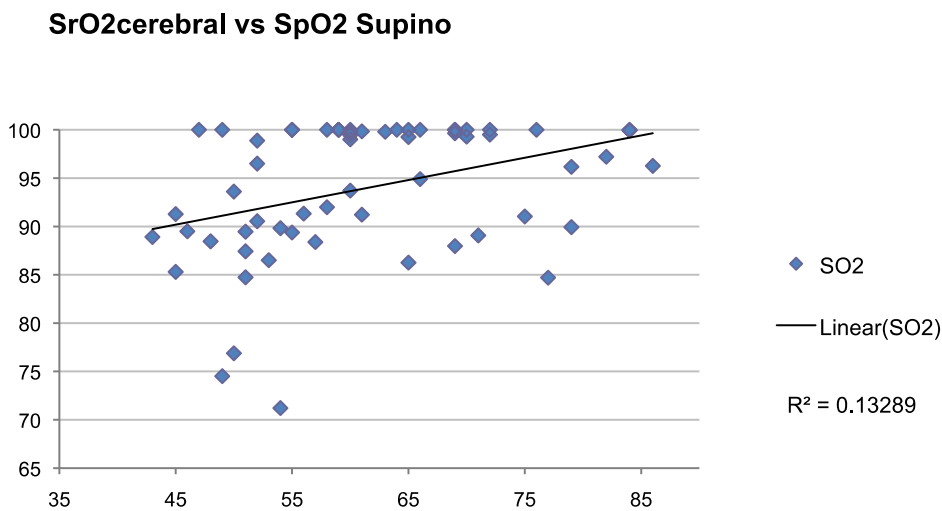


Figura 10-Correlação entre a SrO₂ cerebral e a SpO₂ em decúbito dorsal (supino).

P = 0,01

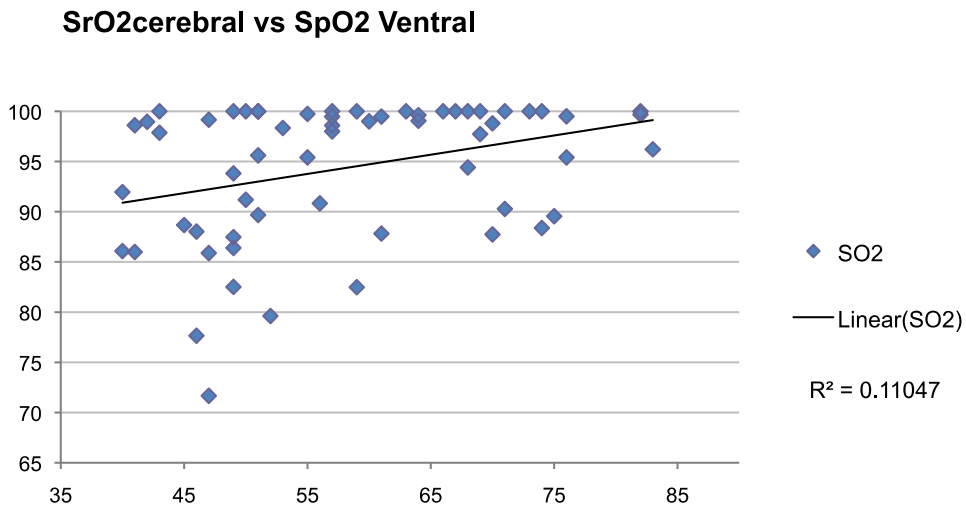


Figura 11 - Correlação entre a SrO2 cerebral e a SpO2 na posição genupeitoral (ventral). $p = 0,01$

Nas figuras 10 e 11 estão apresentadas as correlações entre a SrO2 cerebral e a SpO2 na posição de decúbito dorsal e posição genupeitoral, respectivamente. Em ambas o p é de 0,01 e os valores de R^2 são semelhantes, o que indica uma correlação estatisticamente significativa entre as medições dos dois aparelhos.

IV. Discussão

A tecnologia NIRS é empregue pelo monitor INVOS para medir, de modo contínuo e não invasivo, a oxigenação regional cerebral. Utiliza um sensor que se aplica na testa, numa colocação que permite medir a oxigenação na zona situada entre as áreas irrigadas pelas artérias cerebral anterior e média, a qual é a mais vulnerável a isquemia. A colocação do mesmo sensor noutros locais do corpo permite também medir a oxigenação em outros tecidos, sendo esta uma área em que o conhecimento é menor. A aplicação do sensor na face anterior do antebraço junto ao pulso pode permitir uma avaliação da oxigenação dos tecidos nessa zona, nomeadamente músculo, representando uma avaliação da oxigenação periférica.

A utilização clínica da oximetria cerebral por NIRS tem sido limitada pela falta de uma medida standard direta contra a qual validar o sinal espectroscópico, já que a saturação de oxigénio da hemoglobina cerebral total não pode ser medida de forma direta. Pollard et al, estabeleceram já anteriormente uma relação estreita entre o sinal do oxímetro cerebral, CS_fO_2 , onde CS é a saturação cerebral e f é o campo de saturação por baixo da sonda do oxímetro, e a saturação de oxigénio da hemoglobina cerebral total estimada, $CS_{comb}O_2$, onde “comb” significa a combinação das medidas de saturação arterial (0.25 SaO_2) e venosa jugular (0.75 SjO_2). Tal fórmula depende da suposição de que as proporções de sangue arterial e venoso se mantêm constantes.¹⁵ No entanto, estes autores chegaram à conclusão que alterações na posição em que os sujeitos se encontravam e alterações na concentração de CO_2 alteravam esta relação.¹⁶ Concluíram que as variações na medição da oxigenação cerebral com o posicionamento poderiam resultar do facto de a posição poder influenciar a pressão venosa e poder alterar a proporção de sangue venoso para sangue arterial na vasculatura cerebral.¹⁷

O presente estudo pretendeu avaliar a fiabilidade e a sensibilidade da monitorização da oxigenação cerebral não invasiva por NIRS na posição genupeitoral. Para começar, no que respeita à SpO_2 em normoventilação e respirando 21% de oxigénio, encontramos valores de 99 ou 100% em decúbito dorsal e de 98 a 100% na posição genupeitoral. Curiosamente, ao comparar as médias dos valores de SpO_2 nessas circunstâncias, encontrou-se, entre as duas posições, uma diferença com significado estatístico. Tal diferença não tem, todavia, qualquer significado clínico. No que respeita à SrO_2 cerebral, observou-se uma grande variabilidade nos valores iniciais dos voluntários em normoventilação e respirando 21% de oxigénio com SrO_2 entre 52 e 84%. Tal variabilidade está presente na prática clínica em que, em pessoas saudáveis, podem encontrar-se valores iniciais de SrO_2 cerebral muito distintos. Efetuamos medições por

Doppler transcraniano da velocidade de fluxo sanguíneo cerebral e verificamos que não existia qualquer correlação entre os valores da velocidade de fluxo e os valores iniciais de SrO₂ cerebral. Esta variabilidade nos valores iniciais de SrO₂ cerebral é normal, mas tem que ser tida em conta na avaliação da resposta aos desafios hipóxicos e alterações na ventilação, o que foi efetuado analisando as variações de SrO₂ cerebral como percentagem em relação à medição basal obtida com normoventilação e FiO₂ de 21% (Figura 8 e tabela V).

Quando os voluntários foram colocados na posição genupeitoral, observou-se uma descida significativa da SrO₂ cerebral. Tal descida observou-se com FiO₂ a 21% para as três formas de ventilação (normo, apneia e hiperventilação) e ainda com FiO₂ de 13% e normoventilação. Esta descida foi consistente e para além de ter significado estatístico, tem um significado clínico importante, porque nos voluntários que apresentavam valores basais de SrO₂ cerebral mais baixos, a descida causada pelo posicionamento em genupeitoral resultou em valores de SrO₂ cerebral próximos do que se considera como o limite inferior do normal. Tal facto resultou em descidas da SrO₂ cerebral, por vezes, abaixo de 50%, quando esses voluntários foram expostos a situações hipóxicas. Tais valores representariam isquemia cerebral, todavia nenhum voluntário em nenhuma situação, apresentou quaisquer sintomas que pudessem sugerir uma insuficiente oxigenação cerebral. Vários estudos mostram que valores de SrO₂ cerebral abaixo de 50 ou uma diminuição superior a 20% em relação à linha basal são motivo para preocupação e intervenção e que uma SrO₂ cerebral abaixo de 40 ou uma diminuição superior a 25% da linha basal estão associados a disfunção neurológica e a outros resultados adversos.^{5,17-19} Nos voluntários deste estudo, apesar de terem sido registados valores de SrO₂ cerebral inferiores a 50%, nunca se observou, com os desafios hipóxicos, uma descida, em média, superior a 20%. As maiores descidas observadas ocorreram com apneia após FiO₂ de 13%, tendo sido, em média de 17% em decúbito dorsal e 10% em genupeitoral, sendo que em nenhum voluntário se observou uma descida superior a 25%. Estas descidas referem-se à variação em relação à linha de base para cada uma das posições, pelo que os nossos resultados sugerem que os valores de SrO₂ cerebral inferiores a 50% não representam uma insuficiência da oxigenação cerebral que pudesse estar associada a disfunção neurológica e que, na posição genupeitoral, as leituras de SrO₂ cerebral devem ser analisadas em função da variação em relação a uma linha de base obtida nessa posição.

A explicação para a descida de SrO₂ cerebral observada ao passar à posição genupeitoral coloca a questão de saber se os valores mais baixos na posição genupeitoral resultam de uma menor oxigenação cerebral ou se constituem um artefacto

de leitura do sensor. O facto de a saturação periférica de O₂ não ter diferido entre os dois posicionamentos, sugere que a oxigenação do sangue arterial não diferiu em momento algum nos dois posicionamentos. Sendo assim, e tendo em conta o fenómeno de autoregulação cerebral, não é de crer que a mudança de posição e eventuais alterações hemodinâmicas associadas pudessem causar menor oxigenação cerebral. Tal é corroborado pelo facto de os voluntários não terem referido qualquer sintomatologia que sugerisse que a oxigenação cerebral era inadequada.

É importante salientar o facto de os nossos resultados mostrarem que a variação percentual da oxigenação cerebral em relação à linha de base em normoventilação com FiO₂ de 13% e 50%, ocorre, de modo semelhante entre voluntários nos dois posicionamentos (valores de “p voluntários” na análise ANOVA da Tabela VII). Este facto reforça a hipótese de que no posicionamento genupeitoral ocorre uma descida na linha de base da SrO₂ cerebral, mas que o monitor INVOS mantém a mesma capacidade de refletir alterações da oxigenação cerebral causadas por variações da oxigenação do sangue ou da ventilação. Outro resultado que reforça esta hipótese é o que se observa ao analisar a correlação entre valores de SpO₂ e SrO₂ cerebral nos dois posicionamentos: o valor de R² é de 0,133 em decúbito dorsal e de 0,110 na posição genupeitoral (Figuras 10 e 11). Isto sugere que o monitor INVOS quando utilizado com o doente na posição genupeitoral mantém a capacidade de detetar alterações na oxigenação cerebral resultantes de alterações na oxigenação do sangue arterial, fazendo-o, todavia, a partir de uma linha de base mais baixa. Assim, parece mais lógico que os valores menores de SrO₂ cerebral na posição genupeitoral resultem de um artefacto de medição pelo INVOS. Tal pode ser explicado pelo efeito da estase venosa na zona frontal, sobre a qual o sensor estava colocado, dado que os voluntários na posição genupeitoral estavam com a cabeça apoiada no apoio "Prone View", comprimindo o sensor contra o apoio, podendo ter alterado a quantidade de sangue venoso e assim alterado os valores medidos pelo INVOS. Por outro lado, a própria compressão do sensor poderá ter alterado esta medição e também o facto de o sensor estar mais protegido do ruído externo, provocado pela iluminação do bloco operatório, poderá ter contribuído para valores mais baixos na posição genupeitoral. Um estudo com medição da saturação venosa jugular de oxigénio e do débito cardíaco ajudaria a esclarecer as causas para os valores mais baixos de SrO₂ cerebral encontrados na posição genupeitoral.

Com a FiO₂ de 50%, não se observaram diferenças, em valor absoluto, da SrO₂ cerebral nas duas posições (Figura 5 e tabela II). Com esta FiO₂, a PaO₂ deve subir para valores de 300mmHg e a leitura efetuada pela tecnologia NIRS eventualmente hipervaloriza o componente arterial e capilar de O₂, tornando menos óbvia uma alteração

correlacionada com o posicionamento que fosse devida a uma alteração da pressão venosa de O₂ e a um aumento da proporção de sangue venoso na área sob o sensor.

Quando os voluntários estavam a respirar uma mistura com 13% de oxigénio e realizavam apneia, não se verificou uma diferença da SrO₂ cerebral entre as duas posições (Figura 5 e tabela II). Isto pode ser explicado pelo facto de os voluntários apenas tolerarem períodos muito breves de apneia, principalmente na posição genupeitoral, não permitindo talvez que decorresse tempo suficiente para a alteração dos valores medidos pelo INVOS.

No que respeita à hiperventilação, nos 3 momentos em que é aplicada (oxigénio a 21%, 13% e 50%, respetivamente) parece ocorrer sempre uma subida média dos valores de SpO₂ e SrO₂ cerebral (Figura 4 e 5). Tal pode ser explicado pela equação dos gases alveolares, pois com a hiperventilação ocorre uma descida marcada de CO₂ expirado, a que corresponde uma descida do CO₂ alveolar e uma subida do oxigénio alveolar. Esta subida permite uma melhoria na oxigenação do sangue e do cérebro. A nossa metodologia incluiu a utilização de hiperventilação na expectativa de que a redução que causa no fluxo sanguíneo cerebral resultasse numa descida da oxigenação cerebral que fosse traduzida pelo INVOS, avaliando assim mais uma situação que produzisse uma redução da oxigenação cerebral na qual iríamos testar o desempenho do INVOS. Na realidade, o efeito dessa redução do fluxo cerebral deve ter sido superado pelo efeito resultante da subida do oxigénio alveolar e respetiva subida da oxigenação do sangue arterial. Este fenómeno foi mais notório quando havia menos oxigénio nos alvéolos, isto é, quando os voluntários respiraram 13% de oxigénio.

É muito interessante constatar todavia, que, na hiperventilação a 21%, 13% e 50% de oxigénio, se verificaram diferenças estatisticamente significativas na variação percentual da SrO₂ cerebral em relação à linha de base nos dois posicionamentos enquanto que na SpO₂ nas mesmas circunstâncias não ocorreram diferenças (Figura 8 e tabela V). Este achado pode ser explicado pelo facto de a hiperventilação resultar sempre numa descida de CO₂ alveolar e numa subida de O₂ arterial, acentuando a componente arterial do oxigénio cerebral medido pelo sensor INVOS. Por outro lado, a redução do fluxo sanguíneo cerebral associada à hiperventilação pode resultar num menor volume de sangue cerebral, numa menor quantidade de sangue venoso e numa atenuação do componente venoso medido pelo sensor INVOS.

As variações percentuais da SrO₂ cerebral em relação à linha de base são significativamente diferentes para as duas posições em todos os momentos do estudo, exceto quando os voluntários fizeram apneia com 21% de oxigénio (Figura 8 e tabela V). Uma constatação interessante é que estas variações significativas da SrO₂ cerebral

em relação à linha de base correspondem sempre a descidas mais acentuadas ou subidas menos pronunciadas no decúbito dorsal. Tais diferenças podem ser atribuídas ao facto de se partir de uma linha de base mais alta em decúbito dorsal e também de, em cada momento do estudo com uma FiO_2 de 13%, se pretender atingir uma SpO_2 de 90%, quer em decúbito dorsal como na posição genupeitoral. Assim, é natural que ao partir de valores de base mais altos, a variação percentual em relação à linha de base seja maior em decúbito dorsal do que na posição genupeitoral.

A SrO_2 no antebraço foi significativamente menor na posição genupeitoral, em todos os momentos do estudo, exceto quando os voluntários estavam a respirar 50% de oxigénio em normoventilação e apneia. As variações percentuais da SrO_2 no antebraço em relação à linha de base não diferiram entre os dois posicionamentos, exceto com a apneia a 21% de oxigénio. Com a alteração da posição de decúbito dorsal para genupeitoral, o antebraço passava de uma posição em pronação para supinação. Como o sensor estava na face anterior do antebraço, com esta mudança de posição passava de uma posição superior para uma inferior ficando menos exposto à luz do bloco operatório e mais suscetível a alguma pressão. Com esta rotação do antebraço, o mais provável é que a luz captada pelo sensor não estivesse a ser refletida exatamente pelos mesmos tecidos, sendo esta a explicação mais plausível para o facto dos valores medidos pelo INVOS no antebraço na posição genupeitoral serem mais baixos, não sendo de crer que tal resultasse de uma real redução da oxigenação tecidual periférica.

Neste estudo a SrO_2 cerebral avaliada com o INVOS não foi comparada com uma medição invasiva da SrO_2 cerebral, tendo sido utilizadas as medições realizadas pelo sensor INVOS em decúbito dorsal como controlo dos resultados obtidos na posição genupeitoral. A nossa conclusão de que na posição genupeitoral as leituras mais baixas de SrO_2 cerebral sejam um artefacto não pôde assim ser diretamente corroborada. Uma limitação deste estudo é a ausência de medições que permitam uma avaliação hemodinâmica para saber se na posição genupeitoral ocorrem alterações hemodinâmicas que pudessem ser responsáveis por uma hipotética redução da oxigenação cerebral. Na ausência dessa avaliação, não podemos garantir que não tenha ocorrido uma redução do débito cardíaco como resultado desse posicionamento. Contudo, mesmo que ocorresse uma alteração hemodinâmica, tal não deveria resultar em alterações da perfusão cerebral que explicassem os menores valores de SrO_2 cerebral nessa posição, uma vez que a autorregulação cerebral, que se assume estar presente nestes voluntários saudáveis, asseguraria um fluxo cerebral inalterado.

V. Conclusão

Este é o primeiro estudo que avalia a sensibilidade e fiabilidade do monitor INVOS na posição genupeitoral.

Apesar dos valores de SrO₂ cerebral medidos pelo INVOS serem mais baixos na posição genupeitoral comparativamente com o decúbito dorsal, mantém-se a capacidade de discriminação do monitor, o que se comprova ao analisar a correlação entre a SpO₂ e a SrO₂ cerebral, em que as medições do INVOS estão fortemente associadas às medições de saturação periférica mas estão deslocadas para valores mais baixos.

O método de validação do NIRS incorpora valores de saturação venosa e arterial nos vasos cerebrais. Dado que os voluntários na posição genupeitoral estavam com a cabeça apoiada no apoio "Prone View", comprimindo o sensor contra o aparelho, o efeito da estase venosa na zona frontal, sobre a qual o aparelho estava colocado, pode ter alterado a quantidade de sangue venoso e assim alterado os valores medidos pelo INVOS. Por outro lado, a própria compressão do sensor poderá ter alterado esta medição e também o facto de o sensor estar mais protegido do ruído externo, provocado pela iluminação do bloco operatório, poderá ter interferido nas medições. Esta é a explicação mais plausível para estes valores inferiores de SrO₂ cerebral. Muito provavelmente, a SrO₂ cerebral será de facto maior do que a medida pelo aparelho nesta posição.

Os nossos resultados sugerem que quando um doente com monitorização de SrO₂ cerebral por INVOS passar da posição de decúbito dorsal para genupeitoral, se deverá definir uma nova linha de base nessa posição e que os limites de 20 ou 25%, entendidos como patológicos, sejam considerados abaixo dessa nova linha de base. Uma alternativa a considerar, quando em doentes cirúrgicos a operar em posição genupeitoral existir indicação para monitorização da SrO₂ cerebral, poderia ser a obtenção de valores basais de SrO₂ cerebral por INVOS com o doente desperto e colocado em posição genupeitoral antes da indução da anestesia. Não sabemos se os resultados encontrados na posição genupeitoral também ocorrem no decúbito ventral, posição que é usada com ou sem apoio de cabeça no sistema "Prone View" ou em outro apoio sólido para cirurgias cerebrais (fossa posterior) ou da coluna dorsal e cervical. Parte da explicação que encontramos para os nossos resultados justificaria que também neste posicionamento pudessem ocorrer descidas artefactuais da SrO₂ cerebral.

VI. Anexos

. Consentimento Informado

. Informação ao doente

VI. Agradecimentos

Agradeço ao atleta Carlos Sá pela disponibilização do sistema "Hypoxico"TM. Agradeço à Dra. Catarina Nunes pela ajuda na análise estatística. Agradeço à representante da CovidienTM Clara Figueiredo, pela disponibilização de equipamento. Agradeço ao Centro Hospitalar do Porto pela disponibilização de equipamento e instalações. Agradeço aos voluntários, sem os quais não poderia ter realizado este estudo. Por fim, agradeço ao Dr. Pedro Amorim, por todo o apoio, sabedoria e amizade.

VII. Referências bibliográficas

1. Pennekamp C, Bots M, Kappelle L, Moll F, Borst G, The Value of Near-Infrared Spectroscopy Measured Cerebral Oximetry During Carotid Endarterectomy in Perioperative Stroke Prevention. A Review, *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009; 38: 539-45
2. Uchino H, Nakamura T, Kuroda S, Houkin K, Mura, Intraoperative dual monitoring during carotid endarterectomy using motor evoked potentials and near-infrared spectroscopy, *World Neurosurg.* 2012;78:651-7.
3. Ogino H, Ueda Y, Sugita T, Morioka K, Sakakibara Y, Matsubayashi K, Nomoto T, Monitoring of regional cerebral oxygenation by near-infrared spectroscopy during continuous retrograde cerebral perfusion for aortic arch surgery, *Eur J Cardiothorac Surg.* 1998;14:415-8.
4. Gopinath SP, Valadka AB, Uzura M, Robertson CS, Comparison of jugular venous oxygen saturation and brain tissue PO₂ as monitors of cerebral ischemia after head injury, *Crit Care Med.* 1999;27:2337-45.
5. Orihashi K, Sueda T, Okada K, Imai K, Near-infrared spectroscopy for monitoring cerebral ischemia during selective cerebral perfusion, *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26:907-11.
6. Hoffman G, Pro: Near-Infrared Spectroscopy Should Be Used for All Cardiopulmonary Bypass, *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2006, 20:606-12
7. Redlin M, Koster A, Huebler M, Boettcher W, Nagdyman N, Hetzer R, Kuppe H, Kuebler WM, Regional differences in tissue oxygenation during cardiopulmonary bypass for correction of congenital heart disease in neonates and small infants: relevance of near-infrared spectroscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;136:962-7
8. Giacomini M, Bolzon M, NIRS: a useful light in a dark world?, *Minerva Anesthesiol.* 2010;76:773-5.
9. Davies LK, Janelle GM, Con: all cardiac surgical patients should not have intraoperative cerebral oxygenation monitoring., *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006;20:450-5.
10. Pollard V, Prough DS, DeMelo AE, Deyo D, Uchida T, Widmarq R, The influence of carbon dioxide and body position on near-infrared spectroscopic assessment of cerebral hemoglobin oxygen saturation. *Anesth Analg* 1996;82: 278–87.
11. Samra S, Dy E, Wealch K, Dorje P, Zelenock G, Stanley J, Evaluation of a Cerebral Oximeter as a Monitor of Cerebral Ischemia during Carotid Endarterectomy, *Anesthesiology* 2000;93:964–70
12. Tange K, Kinoshita H, Minonishi T, Hatakeyama N, Matsuda N, Yamazaki M, Hatano Y., Cerebral oxygenation in the beach chair position before and during general anesthesia, *Minerva Anesthesiology* 2010;76:485-90.

13. Demura S, Yamaji S, Kitabashi T, Yamada T, Uchiyama M., Effects of room temperature and body position change on cerebral blood volume and center-of-foot pressure in healthy young adults., *J Physiol Anthropol.* 2008;27:63-70.
14. Fuchs G, Schwarz G, Kulier A, Litscher G, The Influence of Positioning on Spectroscopic Measurements of Brain Oxygenation, *Journal of Neurosurgical Anesthesiology* 2000; 12:75-80.
15. Pollard V, Prough DS, DeMelo AE, Deyo DJ, Uchida Tatsuo, Stoddart HF, Validation in volunteers of a near-infrared spectroscope for monitoring brain oxygenation in vivo. *Anesth Analg* 1996;82:269–77.
16. Pollard V, Prough DS, DeMelo AE, Deyo DJ, Uchida T, Widman R, The influence of carbon dioxide and body position on near-infrared spectroscopic assessment of cerebral hemoglobin oxygen saturation. *Anesth Analg* 1996;82:278–87.
17. Shenkin HA, Scheuerman WG, Spitz ED, Groff RA, Effect of change of position upon the cerebral circulation of man. *J Appl Physiol* 1949;2:317-26.
18. Cho H, Nemoto EM, Yonas H, Balzer J, Sclabassi RJ. Cerebral monitoring by means of oximetry and somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy. *J Neurosurg.* 1998;89:533-38.
19. Denault A, Deschamps A, Murkin J, A Proposed Algorithm for the Intraoperative Use of Cerebral Near-Infrared Spectroscopy, *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2007; 11; 274
20. Higami T, Kozawa S, Asada T, et al. Retrograde cerebral perfusion versus selective cerebral perfusion as evaluated by cerebral oxygen saturation during aortic arch reconstruction. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1091-96.

ANEXOS

CONSENTIMENTO INFORMADO

ESTUDO CLÍNICO: AVALIAÇÃO DA FIABILIDADE E SENSIBILIDADE DA MONITORIZAÇÃO DA OXIGENAÇÃO CEREBRAL NÃO INVASIVA POR NIRS NA POSIÇÃO GENO-PEITORAL.

Eu, abaixo-assinado, voluntario-me para participar no estudo acima mencionado. Fui informado/a que o estudo se destina a avaliar a oxigenação do cérebro e o modo como esta pode ser influenciada por estar deitado de barriga para cima ou para baixo, por respirar mais ou menos oxigénio e pelo número de respirações por minuto. Sei que a oxigenação do cérebro será avaliada através da colocação na testa de um emissor de luz infra-vermelha e de dois sensores que captam a luz reflectida. Serão realizadas medições nas duas posições referidas. Em cada uma irei respirar através de uma máscara adaptada à face: uma permite respirar com uma concentração de oxigénio inferior à do ar ambiente (sistema "Hypoxico"™), a outra permite respirar a uma concentração superior à do ar ambiente, através de uma máscara plástica das que se usam habitualmente para administrar oxigénio. Durante a respiração através das máscaras, e em cada uma das posições em que me deitarei, serei solicitado a respirar mais rápido (cerca de 30 vezes por minuto) e depois a suster a respiração, fechando a boca e o nariz e aguentando essa situação até não ser demasiado desconfortável. Durante estes procedimentos será ainda avaliada a tensão arterial, a frequência dos batimentos do pulso, e a saturação de oxigénio periférica, tudo isto por métodos que não causam qualquer desconforto.

Foram-me explicados os procedimentos e as suas implicações e garantido que todos os dados relativos à identificação dos participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por esse facto.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, uma vez garantido o anonimato.

Nome do participante no estudo: _____

Assinatura -----

Data [Ano/mês/dia].

Nome do médico responsável: _____

Assinatura -----

Data [Ano/mês/dia].

INFORMAÇÃO AO DOENTE

ESTUDO CLÍNICO: Avaliação da fiabilidade e sensibilidade da monitorização da oxigenação cerebral não invasiva por NIRS na posição geno-peitoral.

Introdução:

Várias situações clínicas podem provocar isquemia (falta de sangue) cerebral, e doentes em risco necessitam de monitorização da oxigenação cerebral. Tradicionalmente esta monitorização implicava métodos invasivos, mas recentemente foi introduzida uma técnica não-invasiva que mede a saturação regional de oxigénio cerebral através de um sensor colado na pele da região frontal - a técnica de “Near Infra-Red Spectroscopy” (NIRS).

Esta monitorização foi originalmente desenvolvida para doentes posicionados de barriga para cima, mas tem vindo a ser usada em doentes cirúrgicos posicionados em diferentes variantes da posição de barriga para baixo submetidos a cirurgias cerebrais com risco de isquemia cerebral. Ao posicionar um doente de barriga para baixo podem ocorrer alterações na fiabilidade da monitorização com NIRS. Isto porque a região frontal onde está o sensor fica geralmente sobre um apoio da cabeça, em contacto directo e exercendo pressão; também podem ocorrer alterações na pele ou músculo da testa, não só por acção da gravidade que faz com que o sangue se possa acumular nas veias e inchar um pouco essas estruturas, como pela duração do posicionamento (edema = acumulação de líquido). Esta posição também acarreta alterações importantes do débito cardíaco, que é a quantidade de sangue que o coração consegue bombear em cada minuto, que podem por si só afectar a perfusão, ou seja, a chegada de sangue para todos os órgãos. Tal é mais marcado na posição geno-peitoral (ver figura abaixo).

Objectivo principal do estudo:

Avaliar a fiabilidade e sensibilidade da monitorização da oxigenação cerebral não invasiva por NIRS na posição geno-peitoral.

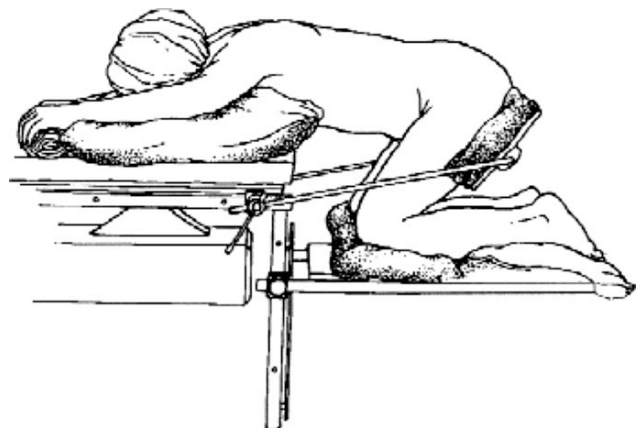


Imagem 1: Esquema exemplificativo da posição geno-peitoral.

Para que neste estudo possamos avaliar o desempenho do NIRS cerebral em posição geno-peitoral, teremos que avaliar a saturação de oxigénio cerebral em 2 posições: deitado de barriga para cima e em posição geno-peitoral sob diferentes condições de oxigenação e de ventilação. A oxigenação do cérebro será avaliada através da colocação na testa de um emissor de luz infra-vermelha e de dois sensores que captam a luz reflectida. Serão realizadas medições nas duas posições referidas. Em cada uma o voluntário respirará através de uma máscara adaptada à face: uma permite respirar com uma concentração de oxigénio inferior à do ar ambiente (sistema “Hypoxico”™), a outra permite respirar a uma concentração superior à do ar ambiente, através de uma máscara plástica das que se usam habitualmente para administrar oxigénio. Durante a respiração através das máscaras, e em cada uma das posições em que se deitarão, solicitaremos aos voluntários que respirem mais rápido (cerca de 30 vezes por minuto) e depois que sustentem a respiração, fechando a boca e o nariz e aguentando essa situação até não ser demasiado desconfortável. Durante estes procedimentos será ainda avaliada a tensão arterial, a frequência dos batimentos do pulso, e a saturação de oxigénio periférica, tudo isto por métodos que não causam qualquer desconforto. Iremos também comparar estes valores com os obtidos com a medição da saturação de oxigénio arterial periférica no antebraço e eminência tenar (ver imagem abaixo) também através do NIRS com INVOS para analisar a perfusão sistémica em comparação com a regional cerebral.

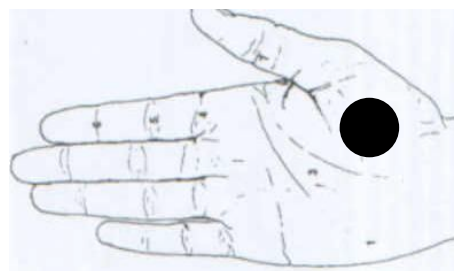


Figura 2- Círculo sobre a eminência tenar.

Participantes no estudo e confidencialidade:

Pediremos a participação neste estudo a 12 voluntários com idades entre os 18 e 28 anos e a 12 com idades entre os 60 e **70 anos**. Serão excluídos voluntários com **doença respiratória, doença do SNC, doença aterosclerótica sintomática, cardiopatia isquémica ou história de acidente vascular cerebral**.

A confidencialidade dos voluntários é garantida; cada voluntário terá um número de código e não usaremos nunca em nenhum ficheiro o nome dos voluntários.

Riscos/complicações da ventilação com diferentes concentrações de oxigénio:

Se a saturação periférica de oxigénio descer abaixo de 90% e/ou a saturação regional de oxigénio cerebral descer abaixo de 50% o estudo é interrompido e administra-se O₂ a 50% e normo-ventilação. A contínua medição do oxigénio cerebral e no sangue periférico garante que serão evitadas descidas nos seus valores para além do que é razoável. Calculamos que o efeito deste estudo seja semelhante ao de estar no cimo da ilha do Pico nos Açores, já que a sua altitude provoca uma rarefacção do ar e resulta em níveis de oxigenação semelhantes aos que vamos induzir experimentalmente. Quanto às subidas de oxigénio, a concentração usada de

50% não causa qualquer problema; apenas concentrações superiores a 80% podem ser prejudiciais.

Agradecimentos:

Agradecemos a todos os voluntários que aceitarem participar no estudo pela vossa disponibilidade. Fico ao dispor para qualquer esclarecimento futuro. Poderá contactar-nos para o Serviço de Anestesia pelo telefone 22 207 75 49.

A investigadora principal

Clara Gaio Lima