

Efeitos fisiológicos na transferência de pacientes críticos.

Dr Laura Beard

Residente de Anestesia, Russells Hall Hospital, Dudley, UK

Dr Peter Lax

Residente de Anestesia, Royal Air Force, UK

Dr M Tindall

Consultor em Anestesia, Russells Hall Hospital, Dudley, UK



ANAESTHESIA
TUTORIAL OF THE WEEK

www.wfsahq.org

Editado por Dr Alex Konstantatos

Tradução para o português pelos Drs. Lúcio Flávio Felice e Diego Codagnone,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC Brasil

Correspondência para atotw@wfsahq.org

04 de maio de 2016

QUESTÕES

Antes de continuar, tente responder as seguintes questões. A resposta pode ser encontrada no final do artigo, juntamente com a explicação. **Responda Verdadeiro ou Falso:**

- 1. Você está transferindo um paciente intubado com hematoma subdural traumático e fraturas em C2/3. A respeito das alterações fisiológicas que podem ocorrer durante a transferência terrestre por ambulância:**
 - a. Pode haver um aumento da pressão intracraniana (PIC) durante a desaceleração
 - b. Aceleração pode estar associada a redução da pressão arterial
 - c. Há um risco potencial aumentado de aspiração durante a aceleração.
 - d. Há risco de hipotermia durante transferências.
 - e. Forças inerciais podem deslocar fraturas espinhais instáveis.
- 2. Um paciente intubado e ventilado na unidade de terapia intensiva será transportado por aeronave para continuar o tratamento perto de casa. Considerações importantes durante o transporte aéreo incluem:**
 - a. A ascensão causa uma diminuição no volume dos espaços preenchidos por gases.
 - b. O balonete endotraqueal pode ser preenchido com salina para prevenir mudanças no volume na ascensão.
 - c. Intubação endotraqueal durante o voo é relativamente fácil devido ao posicionamento e acesso ao paciente.
 - d. Pneumotórax nunca deve ser drenado antes de transferências.
 - e. Transporte aéreo é sempre o meio melhor e mais rápido de transferência de pacientes.
- 3. Em relação aos fundamentos físicos relacionados à transferência:**
 - a. Apenas o paciente está sujeito às forças inerciais.
 - b. A terceira lei de Newton afirma que para cada ação há uma reação de mesma intensidade em sentido oposto.
 - c. Pressão atmosférica aumenta com a altitude.
 - d. A fração de oxigênio se mantém constante com as mudanças na altitude.
 - e. A lei de Boyle afirma que a uma temperatura constante o volume de uma massa de gás varia inversamente com a pressão absoluta.

Pontos-chave

- Pacientes críticos estão sob risco aumentado de instabilidade durante transferência devido a sua patologia aguda e tratamento medicamentoso, que pode reduzir a capacidade compensatória do paciente.
- Forças inerciais de aceleração e desaceleração podem causar alterações significativas na pressão arterial, frequência cardíaca, pressão gástrica e intracraniana.
- Voar expõe os pacientes ao risco de hipóxia e hipotermia devido a queda da pressão atmosférica e eventos adversos secundários à expansão de gases em cavidades, vibrações e forças inerciais.
- Gastar tempo no preparo e estabilização do paciente e na previsão de problemas potenciais antes da transferência é essencial.

INTRODUÇÃO

A transferência de pacientes críticos tanto no contexto pré-hospitalar quanto inter-hospitalar é frequentemente realizado para permitir que o paciente tenha acesso a cuidado especializado ou repatriação para um hospital perto de casa. É estimado que cerca de 11.000 transferências inter-hospitalares de pacientes críticos são realizadas todo ano no Reino Unido.

A transferência de pacientes críticos não é isenta de riscos e existem protocolos da Sociedade de Terapia Intensiva (STI)(1) e da Associação de Anestesiologistas da Grã-Bretanha e Irlanda (AAGBI)(2).

Eventos adversos comumente ocorrem durante transferência inter-hospitalar de pacientes críticos. Um relatório Um estudo prospectivo da Holanda reportou eventos adversos em 34% das transferências, dos quais 70% eram evitáveis. Muitos desses eventos adversos foram relacionados a falha do equipamento, preparação

inadequada e pobre documentação/comunicação. Um artigo recente do ATOTW sobre transferência inter-hospitalar fala sobre muitos desses aspectos com mais detalhes(3).

Pacientes críticos podem ser expostos a mudanças fisiológicas significativas durante a transferência e que podem resultar em significativa instabilidade com hipóxia, hipotensão, arritmias e mudanças na pressão intracraniana (PIC). Esse tutorial vai explorar os efeitos fisiológicos a que se submete o paciente crítico durante transferência por terra e por ar e descrever como esses eventos fisiológicos adversos podem ser evitados ou reduzidos.

EFEITOS FISIOLÓGICOS NA TRANSFERÊNCIA POR TERRA

Pacientes são transportados rotineiramente do contexto pré-hospitalar e entre hospitais via ambulância terrestre. Os efeitos da desaceleração e aceleração podem ser significativos nos pacientes críticos devido a sua reduzida capacidade compensatória. Aceleração e desaceleração tem um impacto na fisiologia do paciente por causa da Terceira Lei de Newton sobre o movimento (Figura 1).

Primeira Lei	Todo objeto em movimento uniforme tende a permanecer em movimento a menos que uma força externa seja aplicada sobre ele.
Segunda Lei	A soma das forças externas (F) em um objeto é igual a massa (m) do objeto multiplicada pelo vetor de aceleração (a) do objeto: $F = m.a$
Terceira Lei	Para cada ação há uma reação de mesma intensidade e em sentido oposto.

Figura 1: As três leis de Newton sobre o movimento

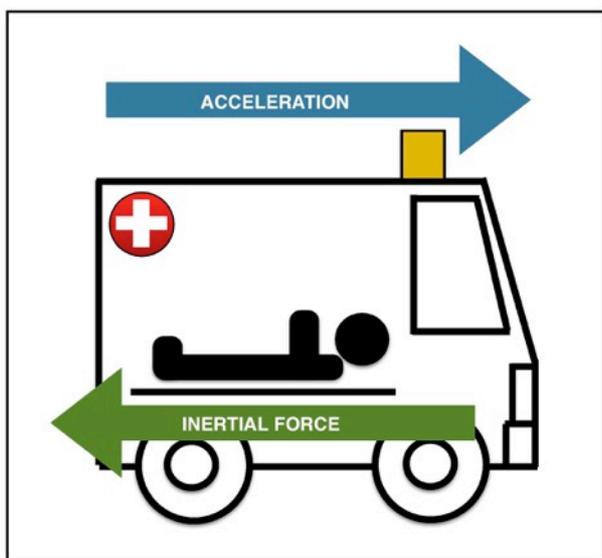


Figure 2a: Aceleração

A Terceira Lei de Newton afirma que para cada ação há uma igual e oposta reação. Quando o paciente é acelerado devido a aplicação de uma força externa haverá uma força contrária de mesma intensidade chamada inércia. (Figura 2a/b)

Por exemplo, quando um paciente acelera dentro da ambulância (Figura 2a) a força externa causando aceleração aponta para a cabeça do paciente. Essa força inercial causa o deslocamento de órgãos e fluidos que não tem um ponto de fixação, como o sangue, em direção aos pés do paciente. O grau de deslocamento depende da taxa, magnitude e direção da aceleração. A direção da aceleração pode ser no eixo ântero-posterior, lateral ou céfalo-caudal. Comumente no transporte com ambulância terrestre o eixo da aceleração é céfalo-caudal, o qual determina os efeitos mais significativos na fisiologia.(4)

A desaceleração (figura 2b) tem um efeito oposto, desta vez a força externa causando a desaceleração aponta em direção aos pés do paciente e o deslocamento de sangue será em direção a cabeça. A força de frenagem da ambulância é maior que a força de aceleração, consequentemente a primeira tem maior impacto no paciente que a segunda.(4)

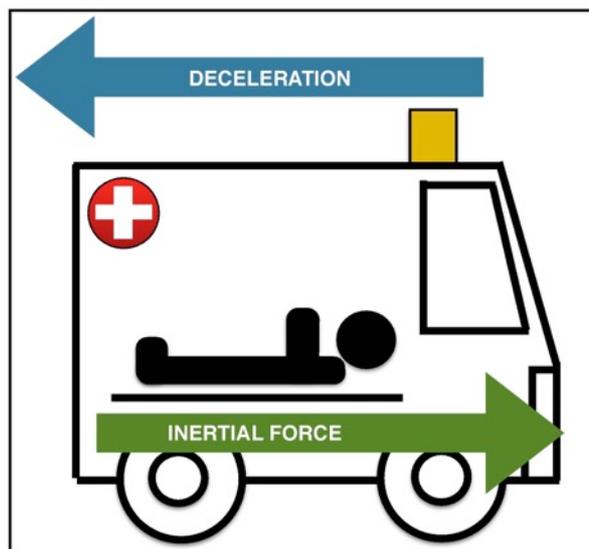


Figure 2b: Desaceleração

Consequências fisiológicas da aceleração

Sistema cardiovascular:

- O sangue será represado nos pés resultando em retorno venoso e débito cardíaco diminuídos, causando hipotensão. Na pessoa saudável o reflexo elicitado pelos barorreceptores compensariam através do aumento do tônus vascular, entretanto, no doente crítico, esse reflexo pode estar profundamente inibido ou ausente, tanto pela doença de base (ex: sepse) quanto pela terapia medicamentosa. Hipotensão profunda pode ocorrer, requerendo suporte inotrópico e vasopressor. Hipotensão é exacerbada por hipovolemia e ventilação por pressão positiva, pois ambas reduzem a pré-carga.(4)

Sistema Neurológico:

- Hipotensão pode levar a perfusão cerebral reduzida, o que pode afetar o nível de consciência dos pacientes e é significativa naqueles com trauma crânioencefálico que necessitam de pressão de perfusão cerebral estável.
- Pressão de perfusão cerebral (PPC) = Pressão Arterial Média (PAM) – Pressão intracraniana (PIC)

Consequências fisiológicas da desaceleração:

Sistema cardiovascular:

- O retorno venoso estará aumentado devido às forças inerciais “empurrando” o sangue na direção cefálica. Em pacientes com deterioração cardíaca o volume aumentado no ventrículo direito pode levar à falência cardíaca, edema pulmonar e arritmias.

Sistema neurológico:

- Devido ao deslocamento do sangue venoso e líquido a PIC está aumentada. Isso é importante em pacientes que já possuem aumento da PIC já que a sua perfusão cerebral pode ser comprometida ainda mais pela desaceleração.

Sistema gastrointestinal:

- A inércia desloca o estômago em direção cefálica, aumentando o risco de aspiração
- O deslocamento cefálico das vísceras pode também aumentar a pressão transdiafragmática e causar volumes correntes pequenos ou pressões intratorácicas aumentadas dependendo do modo ventilatório em uso.

Sistema musculoesquelético:

- Em pacientes com trauma raquimedular as forças inerciais agindo durante a desaceleração podem causar sobrecarga axial que, por sua vez, pode deslocar fraturas espinhais instáveis.
- É importante ressaltar que essas forças também se aplicam aos equipamentos e tripulação. Por esta razão o equipamento deve ser fixado e os tripulantes devem permanecer sentados e afivelados com cinto de segurança. Os tripulantes são menos afetados fisiologicamente por terem mecanismos compensatórios intactos e a direção da força inercial ser principalmente no eixo ântero-posterior devido a posição sentada. Aceleração e desaceleração são perigos dinâmicos, entretanto, há perigos estáticos que possuem efeito significativo no paciente, incluindo:

Ruídos

- Pode afetar a comunicação entre a equipe, bem como causar incômodo no paciente.

Temperatura

- Ambulâncias não estão aptas a controlar sua temperatura tão efetivamente quanto um hospital, portanto em extremos de calor e frio o paciente está exposto ao risco da hiper e da hipotermia. É importante monitorar a constantemente a temperatura do paciente durante os transportes, e se preparar para temperaturas frias com cobertores e fluidos aquecidos adicionais.

Duração

- Áreas de pressão precisam ser protegidas e monitoradas especialmente durante longas jornadas. Espaço é frequentemente limitado durante transferências e é necessária atenção meticulosa ao posicionamento de linhas intravenosas, além de evitar o depósito de equipamentos sobre o paciente.
- Durante transferências prolongadas, sangue e outros fluidos podem se depositar em áreas dependentes do corpo e, em adição à pressão sobre proeminências ósseas, pode contribuir para a maceração do tecido e o desenvolvimento de úlceras de pressão. Em pranchas rígidas de extricação (pranchas espinhais) os estágios iniciais de úlceras de pressão podem ser observadas após apenas 20 minutos em voluntários saudáveis com perfusão tecidual normal. Em doentes críticos recebendo terapia vasopressora essas mudanças podem acontecer mais rapidamente. Por esta razão, pranchas rígidas não devem ser utilizadas para longas transferências, e o Colégio Real de Cirurgiões de Edinburgo lançou uma declaração em 2013 sobre imobilização espinhal pré-hospitalar, levando esse fato em consideração.(5). Uma maca inflável deve ser usada sempre que possível durante transferências.

EFEITOS FISIOLÓGICOS DO TRANSPORTE AÉREO

Transferência aérea tanto por helicóptero quanto por avião é comumente levada a cabo por militares e outros profissionais após receberem treinamento adicional. É importante compreender os efeitos fisiológicos do transporte aéreo porque pacientes de terapia intensiva podem ser transportados por ar e isso afetará como o paciente será afetado e de que forma será preparado antes da transferência.

Efeitos fisiológicos da altitude

Pressão atmosférica

- Pressão atmosférica reduz de modo não linear com a altitude. A fração de concentração de oxigênio permanece constante em 0,21 entretanto a pressão parcial de oxigênio cai. Uma queda na pressão atmosférica resulta em redução da pressão parcial alveolar de oxigênio, o que pode levar a hipóxia a menos que oxigênio suplementar (aumenta-se a FiO_2) seja fornecido.
- Hipóxia pode causar taquicardia, bradicardia, arritmias, hipotensão, taquipnéia e nível de consciência alterado em todas as pessoas. Oxigênio suplementar em indivíduos saudáveis geralmente não é necessário até 10.000 pés.
- Ao nível do mar a pressão atmosférica é 101 Kpa, a 10.000 pés a pressão atmosférica cai para 70Kpa. Essa queda na pressão atmosférica tem um efeito significativo na pressão parcial de oxigênio, como demonstrado pela equação do gás alveolar (figura 3).

Equação do gás alveolar	
$P_{A}O_2 = [FiO_2 \times (P_{atm} - P_{H_2O})] - (P_{ACO_2}/R)$	
<i>($P_{A}O_2$ = Pressão parcial alveolar de oxigênio, FiO_2 = Fração inspirada de oxigênio (0,21), P_{atm} = pressão atmosférica, P_{H_2O} = pressão saturada de vapor de água a 37°C (6.3kpa), P_{ACO_2} = Pressão alveolar de dióxido de carbono (tipicamente 5.3kpa), R = Quociente respiratório (tipicamente 0.8 dependendo da dieta.)</i>	
Por exemplo:	
$P_{A}O_2$ ao nível do mar	$P_{A}O_2$ à 10,000ft
$P_{A}O_2 = [0.21 \times (101kpa - 6.3kpa) - (5.3kpa/0.8)$ = 19.8kpa – 6.6kpa = 13.2kpa (99mmHg)	$P_{A}O_2 = [0.21 \times (70kpa - 6.3kpa) - (5.3kpa/0.8)$ = 13.3kpa – 6.6kpa = 6.7kpa (50mmHg)

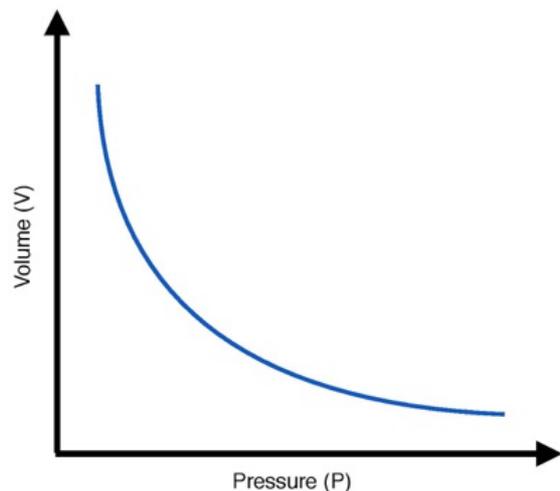
Figure 3: Equação do gás alveolar

Se um paciente crítico ficar hipoxêmico durante o voo podemos tratá-lo através do aumento da concentração de oxigênio inspirado (FiO_2) ou aumentando a pressão parcial de oxigênio através da redução da altitude de voo ou pressurizando a cabine para uma altitude mais baixa.

Considerações devem ser feitas para pacientes com um significativo gradiente alveolar:arterial como DPOC avançado, contusão pulmonar ou fibrose pulmonar, já que a hipóxia relativa a altitude resultará em PaO_2 mais baixas nesse grupo. Desse modo é importante discutir a altitude de voo com o piloto antes da decolagem para que a avaliação do impacto da altitude possa ser feita.

Expansão volumétrica

- A lei de Boyle afirma que a uma temperatura constante o volume de uma dada massa de gás varia inversamente com a pressão absoluta (Figura 4). Portanto, a medida que voce sobe, o volume de qualquer cavidade preenchida por gás aumentará. Isso afetará qualquer cavidade corporal ou equipamento fechados preenchidos por gás, já que o volume aumentará com a queda da pressão.
- Efeitos fisiológicos da expansão de volume:
 - Pneumotóraces devem ser drenados e um dreno torácico instalado antes da transferência aérea para evitar um aumento no volume do mesmo, sob risco de torná-lo hipertensivo.
 - Pacientes com obstrução intestinal ou cirurgia intestinal recente requerendo anastomose devem voar em altitudes mais baixas ou serem transportados por terra. Aeronaves de asa fixa com cabine pressurizada devem ser consideradas já que elas podem pressurizar suas cabines com a pressão ao do nível do mar ou até mais baixo.



- Expansão do ar nas trompas de Eustáquio pode causar dor e desconforto durante a subida e descida se os pacientes não são capazes de equilibrar. Isto também se aplica para a equipe médica.

Figure 4: Boyles law

- Pneumoperitônio e ar intracraniano são contra-indicações relativas ao transporte aéreo. Em um paciente com ar intracraniano a expansão de volume pode piorar a PIC e reduzir a perfusão cerebral.
- Dispositivos com cuff cheios de ar, tais como tubos traqueais, tubos Sengstaken-Blakemore, bolsas de ostomia e bolsas infláveis de pressão devem ter suas pressões monitoradas. Na subida, expansão do volume de ar no cuff endotraqueal provoca um aumento na pressão do balonete, o volume de ar no cuff terá de ser reduzida para se manter uma pressão adequada. Na descida, ar adicional será necessário ser adicionado ao cuff. Outra opção é preencher o cuff endotraqueal com solução salina. Líquido expande-se muito menos do que o ar.

Temperatura

- Conforme altitude aumenta a temperatura do ar cai 2oC para cada aumento de 1.000 pés de altitude. Pacientes que estão sendo transportados em alta altitude em aviões sem cabines isoladas capaz de ser pressurizado e / ou por longos períodos estão em risco de hipotermia. Quanto à transferência terrestre medidas adequadas para reduzir a perda de calor devem ser usadas.

Umidade

- A desidratação ocorre mais rapidamente em altitudes mais elevadas, devido a redução da pressão e umidade do ar, o que provoca mais rápida evaporação da umidade da pele e pulmões. O significado disto é maior para pacientes submetidos a transferências longas e esses pacientes devem ter a sua entrada e saída monitorados de perto para evitar hipovolemia e desidratação.
- Redução de umidade pode levar a secreções espessas e risco de obstrução mucosa, deve ser usado um filtro de troca de calor e umidade (FTCU) ou oxigênio umidificado através de uma máscara facial.
- Para transferências prolongados olhos do paciente devem ser lubrificados com lágrimas artificiais e tratamento bucal frequente é importante.

Outras considerações para o transporte aéreo

Aceleração e desaceleração

- Os pacientes que serão transportados por ar, seja de helicóptero ou avião ainda serão exposto às mesmas forças de aceleração e desaceleração, como discutido acima para a transferência por terra. A única consideração é que as forças podem estar atuando num eixo diferente devido à direção de deslocação e como o paciente é orientado. As mesmas considerações como mencionado acima ainda se aplicam.

Ruído e vibração

- O ruído e vibrações em um helicóptero pode ser penoso para os pacientes conscientes, especialmente se não houver um elemento de delírio e isto deve ser considerado.
- O aumento do ruído torna a comunicação entre a equipe difícil e é alcançado através de fones de ouvido especializados. O paciente também deve estar equipado com proteção auricular / fone de ouvido.
- A vibração é a causa mais comum de fadiga em pessoal médico durante o voo de helicóptero e todos os membros da equipe devem estar atentos a este risco. tripulações de ar estão sujeitos a horas estritas limitações para mitigar o risco de fadiga e, em caso de transferência prolongada o mesmo grau de planejamento deve ser estendido para acompanhamento pessoal médico.
- A vibração também afeta equipamento de monitorização, nomeadamente, medidores de pressão arterial não invasivos que funcionam através do método oscilométrico. Pacientes que necessitam de monitorização da pressão arterial precisas devem, portanto, ter uma linha arterial inserida antes da transferência para permitir a monitorização da pressão arterial mais precisa durante o voo.

espaço limitado

- O espaço é ainda mais limitado em helicópteros que ambulâncias terrestres. Intubação é extremamente difícil, se não impossível em um helicóptero, uma vez em voo e para que todos os doentes em risco de deterioração deve ser intubado antes da transferência.

As considerações acima são todas importantes, no entanto, na prática, muitas das complicações acima podem não ser tão significativas como se poderia esperar. Isso ocorre porque transferências de helicóptero de doentes pré-hospitalar ou entre hospitais normalmente voam a uma altitude de 1.000 pés Isto reduz o efeito de expansão do volume e queda de pressão parcial de oxigênio.

Aeronaves de asa fixa são capazes de voar a altitudes muito mais elevadas que helicópteros, mas elas são capazes de pressurizar a sua cabine para altitudes mais baixas ao contrário de helicópteros. aeronaves civis normalmente definem seu pressão da cabine em 7000-9000ft. Aeronaves são capazes de pressurizar seus camarotes para "nível do solo" no entanto, este limita a altitude que o avião é capaz de ascender devido à diferença de pressão através das paredes da cabine.

Resumo de como minimizar os efeitos fisiológicos da transferência do paciente crítico

Transporte Terrestre	Transporte Aéreo
<ul style="list-style-type: none"> • Os doentes devem ser adequadamente reanimados e estabilizados antes da transferência para reduzir as alterações fisiológicas associadas com o movimento e reduzir o risco de deterioração durante a transferência. (orientações ICS). • A cabeça de inclinação de 15 graus irá reduzir a influência de forças inerciais na PIC. • Durante a ascensão as pernas podem ser levantadas para ajudar a aumentar o retorno venoso e a pré-carga. • A intubação de pacientes irá reduzir o risco de aspiração. Em aqueles que não satisfazem os critérios para a intubação um antiemético pode ser dado. Inserção de sonda nasogástrica também irá reduzir o risco de aspiração em indivíduos de alto risco. • Monitoramento da temperatura dos pacientes regularmente durante a transferência e uso adequado de cobertores e aquecedores de fluido. • Monitoramento de áreas de pressão. • Mais importante, mesmo em transferências de emergência «luz azul» há pouco a ser adquirida por uma rápida aceleração e desaceleração. Um ritmo constante com desaceleração controlada e aceleração é mais seguro não só para o paciente, mas também o pessoal médico e ao público. 	<ul style="list-style-type: none"> • Como para os pacientes de transporte terrestre deve ser preparada e estabilizada antes da transferência para minimizar os efeitos da aceleração e desaceleração. Considerações mencionados para transferência terrestre são aplicáveis. • Em adição a isto: <ul style="list-style-type: none"> • pneumotórax deve ser drenado antes da transferência para evitar o risco de pneumotórax hipertensivo durante a subida. • O oxigênio suplementar e / ou reduzida altitude de vôo é necessário para pacientes com hipóxia. • Se um paciente é susceptível de deteriorar eles devem ser intubados antes da transferência, devido ao espaço limitado e acesso ao paciente durante o vôo. • Se houver preocupação acerca das alterações de pressão no cuff endotraqueal durante o transporte, pode ser enchido com uma solução salina ao invés de ar. • áreas de temperatura e pressão dos pacientes devem ser monitorados atentamente. • Pode ser necessário a introdução de uma linha arterial ao invés do manguito pneumático, uma vez que esta medida pode estar alterada devido oscilação volumétrica. • A consideração cuidadosa é necessária quanto ao fato de o transporte aéreo ser a melhor escolha para o paciente, especialmente em pacientes com alto risco de complicações, tais como aqueles com ar intracraniano. Nestes casos, evitando o transporte aéreo, voando a baixa altitude ou em uma cabine pressurizada pode ser necessário.

Modo de Transporte

Conforme detalhado acima os diferentes modos de transporte podem ter efeitos fisiológicos muito significativos sobre o corpo, especialmente em pacientes criticamente doentes que não são capazes de compensar essas mudanças. A decisão sobre qual o modo de transporte utilizado será determinado pela localização, a urgência da transferência, a disponibilidade de meios de transporte, clima e também fatores do paciente.

	Ambulância	Helicóptero	Aeronave asa fixa
--	------------	-------------	-------------------

	Ambulância	Helicóptero	Aeronave asa fixa
Positivos	<ul style="list-style-type: none"> • Familiar • menor custo global • mobilização rápida • Não é tão afetada por condições climáticas • Mais fácil o monitoramento do paciente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bom em locais remotos ou inacessíveis. • Mais rápido que a ambulância em alguns casos. • Não há necessidade de transferência terrestre em ambas as extremidades se o hospital tem heliporto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para viagens longas • Sempre que o acesso rodoviário é difícil. Possibilidade de pressurizar da cabine
Negativos	<ul style="list-style-type: none"> • Mais devagar • afetado pelo tráfego • Mais adequado para distâncias mais curtas • Não é possível acessar os pacientes em algumas localidades em regiões montanhosas 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispendioso • Não é possível voar com mau tempo. • Os atrasos na mobilização. • formação desconhecido e adicional necessário. • espaço muito limitado cabine sem pressão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispendioso • dificuldades de organização • Atrasos na decolagem • Necessidade de transferência de terra antes e depois. • A formação contínua de pessoal médico é necessária.

Figura 5: Pontos positivos e negativos dos diferentes tipos de transporte

Resumo

Transferência de pacientes pode ter efeitos fisiológicos significativos que influenciam pacientes criticamente doentes, porque os pacientes críticos são menos capazes de compensar, seja devido à sua patologia aguda ou secundária à terapia medicamentosa.

Entender o impacto fisiológico que tanto a terra e transferência aérea tem sobre o paciente permite que o paciente esteja preparado adequadamente para transferência e reduzem o risco de instabilidade do paciente e deterioração durante a transferência.

É vital lembrar que os princípios acima referidos não se aplicam apenas para o paciente, mas também para o pessoal médico e equipamentos. A equipe médica deve garantir que eles permaneçam hidratados e conscientes ao risco de fadiga, especialmente em viagens longas. O equipamento de monitorização pode ser afetados por dispositivos de vibração e indwelling cheios de ar, tais como cuffs endotraqueal precisam ter suas pressões monitorado ou ser preenchido com soro fisiológico durante o vôo. Todo o equipamento é submetido à força da inércia que pode causar danos significativos para o pessoal se não forem devidamente protegidos.

Respostas para as questões

1)

- Verdadeiro** -Numa ambulância a força externa que causa a desaceleração é no sentido de os pés do paciente. A força de inércia atua na direção oposta e causa um deslocamento do sangue e CSF para a cabeça, o que resulta em um aumento da PIC
- Falso**– Durante a aceleração numa ambulância a força externa que causa resultados aceleração do deslocamento do sangue para os pés do paciente. Sangue acumulará nos pés, resultando em hipotensão.
- Falso** – Durante a desaceleração existe um risco aumentado de aspiração, devido ao deslocamento do estômago e do seu conteúdo no sentido da cabeça do paciente.
- Verdadeiro** – Ambulâncias não são capazes de regular sua temperatura, bem como edifícios aquecidos, expondo os pacientes a ambientes frios. Pacientes sob anestesia / sedação não são capazes de responder a deixar cair a temperatura do corpo ou seja, colocando em mais roupas e provoca vasodilatação aumento da perda de calor através de redistribuição do fluxo sanguíneo.
- Verdadeiro**- Em pacientes com lesões na coluna vertebral significativas a força de inércia, que atuam durante desaceleração / aceleração em carga axial, o que pode causar o deslocamento de fraturas vertebrais instáveis.

2)

- a. **Falso** - A lei de Boyle afirma que a uma temperatura constante o volume de uma dada massa de gás varia inversamente com a pressão absoluta. Portanto, como você subir o volume de qualquer gás espaços preenchidos irá aumentar.
- b. **Verdadeiro** – Solução salina não se expande tanto como o ar durante a subida e o seu volume é, portanto, menos afetados pela altitude.
- c. **Falso** - O espaço é limitado em uma ambulância, mas ainda mais quando em um helicóptero / avião, isso torna o acesso ao paciente e intubação desafiador e muitas vezes é extremamente difícil, senão impossível, uma vez em voo.
- d. **Falso** – O tamanho (volume) de pneumotórax aumenta com a altura devido à expansão do gás (Lei de Boyle), o que aumenta o risco de o tensionamento pneumotórax.
- e. **Falso** – O transporte aéreo nem sempre é o método mais rápido de transporte devido o atraso na mobilização, restrições de voo e, em alguns casos, a necessidade de transferência de ambulância terrestre de e para o local aeroporto / desembarque. Há também riscos associados a voar a uma altitude como a expansão de gás preenchendo espaços e hipoxia, os quais são discutidos em mais detalhes no artigo.

3)

- a. **Falso** – Aceleração / desaceleração e as forças inerciais também se aplicam aos equipamentos e pessoal médico. Para este equipamento razão devem ser protegidos e todo o pessoal médico deve estar sentado e preso com um cinto de segurança durante a transferência para reduzir o risco de lesões.
- b. **Verdadeiro** – Terceira Lei de Newton afirma que para cada ação há uma reação igual e oposta.
- c. **Falso** - pressão atmosférica diminui com a altura, devido ao efeito de redução da gravidade sobre as moléculas de ar.
- d. **Verdadeiro** - A concentração fracionada de oxigênio permanece constante a 0,21, no entanto, a pressão parcial de oxigênio cai
- e. **Falso** – Esta é a definição correta da Lei de Boyle.

Referências e leitura adicional

1. Intensive Care Society. Guidelines for the transport of the critically ill adult (3rd Edition 2011). (<http://www.ics.ac.uk/ics-homepage/guidelines-and-standards/>)
2. AAGBI Interhospital Transfer, AAGBI Safety Guideline (<https://www.aagbi.org/sites/default/files/interhospital09.pdf>)
3. D Cleary, K Mackey. Inter-hospital transfers. Anaesthesia tutorial of the week, Intensive Care. Tutorial 319. 5th August 2015 http://www.wfsahq.org/components/com_virtual_library/media/10ab57fa5fe491b831e42c0ca636e245-319-Inter-hospital-transfers.pdf
4. Critical care network, North West London. Critical care transfer training handbook.
5. Pre-hospital Spinal Immobilisation: An Initial Consensus Statement. D Connor, K Porter, M Bloch, I Greaves. The Royal College of Surgeons of Edinburgh. <https://fphc.rcsed.ac.uk/media/1764/pre-hospital-spinal-immobilisation.pdf>
6. I Macartney, P Nightingale. Transfer of the critically ill adult patient. British Journal of Anaesthesia CEPD reviews. 2001 Number 1.
7. A Bersten, N Soni. OH's Intensive Care Manual. Chapter 4 Transfer of critically ill patients. Pigs 27-37
8. P Davis, G Kenny. Basic Physics and Measurement in Anaesthesia. Chapter 4 The Gas Laws. Pigs 37-50
9. Traumatic Brain Injury (TBI) and Effects of Altitude: An Analysis of the Literature (<http://hprc-online.org/environment/altitude/traumatic-brain-injury-and-the-effects-of-altitude-pdf>)
10. USA Air Ambulance (<http://www.usairambulance.net/effects-of-altitude.php>)
11. US Army Aviation Training Website <https://rdl.train.army.mil/catalog-ws/view/100.ATSC/C696BACA-168F-4B4A-9750-BB445E08BECE-1300757497629/3-04.93/chap4.htm>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>