
ARTIGO DE REVISÃO/REVIEW ARTICLE

Provas de função pulmonar – controlo de qualidade (2ª parte)

Lung function tests – quality control (2nd part)

J.M. REIS FERREIRA*, A. PAES CARDOSO**, FÁTIMA RODRIGUES***, RAÚL SÁ****

* Assistente Hospitalar Graduado do Hospital da Força Aérea. Responsável pelo Laboratório de Função Respiratória

** Professor Auxiliar Convidado de Fisiologia Humana (Universidade do Porto – ICBAS).
Consultor de Fisiopatologia Respiratória do Hospital Geral de Santo António

*** Assistente Hospitalar do Hospital de Egas Moniz. Responsável pelo Laboratório de Função Respiratória

**** Assistente Hospitalar Graduado do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia. Responsável pelo Laboratório de Função Pulmonar

Recebido para publicação: 01.03.23

Aceite para publicação: 01.11.23

RESUMO

Na sequência, e como complemento de anterior revisão sobre conceitos fundamentais do controlo de qualidade no estudo funcional respiratório, abordam-se agora os princípios a aplicar em cada uma das técnicas fundamentais usadas na prática clínica quotidiana. O objectivo deste trabalho não é substituir ou corrigir as normas em vigor, publicadas pelas sociedades respiratórias internacionais, mas antes salientar os principais aspectos respeitantes ao controlo de qualidade, e ilustrá-los com recomendações práticas, indicações e limitações das provas, regras simples de decisão que contribuam para a sua compreensão e valorização do ponto de vista do trabalho de rotina. Só uma permanente atenção à qualidade específica de cada técnica permite que dos resultados possam ser extraídas conclusões com interesse diagnóstico e prognóstico efectivo.

REV PORT PNEUMOL 2002; VIII (1): 33-63

Palavras-chave: qualidade; volumes; espirometria; pletismografia; oscilometria; broncomotricidade; exercício; difusão; pressões máximas respiratórias; gasimetria; compliance.

ABSTRACT

Continuing and complementing a previous revision article on the main concepts of quality control in lung function tests, this article gathers the principles of each main techniques of the daily clinical practice. The purpose of this

work is not aimed at the replacement or correction of clinical guidelines under use, which are published by the main international respiratory societies, but instead to stress the principal aspects of quality control, and illustrate them with practical recommendations, indications and limitations for the most common tests, with easy rules for decision-making, contributing to its comprehension and usefulness on the every-day work. The constant aim for specific quality of each technical act ensures that the results lead to conclusions of both diagnostic and prognostic relevance.

REV PORT PNEUMOL 2002; VIII (1):

Key-words: quality; volumes; spirometry; plethysmography; oscillometry; bronchomotricity; exercise; diffusion; maximal respiratory pressures; blood gases; Compliance.

INTRODUÇÃO

O trabalho sobre controlo de qualidade, nos estudos da função pulmonar anteriormente publicado nesta Revista¹, abrangia, fundamentalmente, a análise dos diferentes factores intervenientes na qualidade da realização dos diferentes testes da função respiratória, incluindo o equipamento, o operador, o doente e a avaliação e tratamento dos resultados obtidos.

Estes factores foram avaliados isoladamente, descritos os seus erros possíveis ou, pelo menos, mais frequentes e a maneira de os evitar, tendo como base a experiência pessoal dos autores (médicos e técnicos cardio-pneumologistas) e as normas internacionais estabelecidas para cada um destes sectores.

Ficou então um compromisso de uma nova publicação sobre esta matéria (Provas de Função Pulmonar - Controlo de Qualidade 2) que se impunha para completar a primeira publicação e cujo cumprimento pretendemos realizar neste artigo.

Neste segundo trabalho, encarou-se mais especificamente o controlo de qualidade nas diferentes técnicas do estudo da função pulmonar, baseado igualmente na experiência do dia-a-dia e expresso em manuais de procedimentos nacionais ou de outros países.

Testes para estudo da Função Respiratória

- **Espirometria**
- **Pletismografia (resistências aéreas, volume de gás intratorácico)**
- **Volumes Pulmonares Estáticos (outros métodos de determinação)**
- **Técnicas de Oscilações Forçadas (oscilometria de impulso)**
- **Provas de Broncomotricidade (broncodilatação e provocação inalatória)**
- **Estudo da Compliance (distensibilidade pulmonar)**
- **Estudo da Capacidade de Difusão Alveolo-capilar pelo Monóxido de Carbono**
- **Provas de Exercício**
- **Estudo da Força Muscular (pressões máximas inspiratória e expiratória)**
- **Gasimetria Arterial**

ESPIROMETRIA

De todas as provas de função respiratória, a espirometria é o método mais usado, acessível e de simples avaliação dos volumes pulmonares dinâmicos. Actualmente, o conceito de espirometria engloba a espirometria clássica e as curvas débito-volume.

Espirometria clássica: determinação do volume corrente, ventilação-minuto, ventilação máxima voluntária, capacidade vital inspiratória, capacidade vital forçada, capacidade vital lenta, etc. (Fig. 1).

Curvas de débito-volume: débitos inspiratórios e expiratórios máximos, débitos expiratórios médios, capacidade vital forçada (Fig. 2).

Procedimento²

1º Respirar em volume corrente durante pelo menos 3 ciclos respiratórios.

2º Inspiração máxima não seguida de apneia, até ao nível da capacidade pulmonar total (CPT) e de seguida proceder a uma expiração tão rápida e tão forte quanto possível até ao nível do volume residual (VR). Prolongar o tempo de expiração forçada de forma a que este, quando possível, não seja inferior a 6 segundos. No final da expiração, proceder a uma inspiração máxima, tão rápida quanto possível até à CPT, após o que volta a respirar em volume corrente.

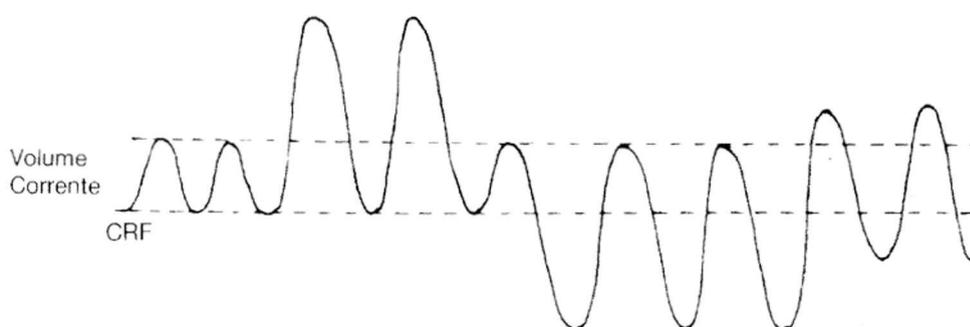


Fig. 1 - Espirograma

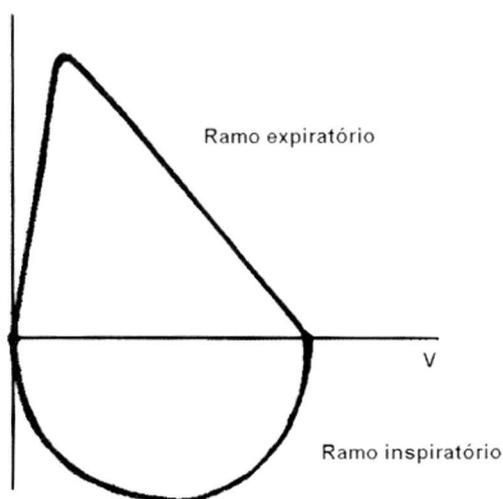


Fig. 2 - Curva débito-volume normal

Controlo de Qualidade

A escolha dos melhores testes faz-se segundo as normas da ATS³ a partir dos valores mais elevados do volume expiratório máximo no 1º segundo (VEMS ou FEV₁) e da capacidade vital forçada (CVF) obtidos a partir de três manobras tecnicamente *aceitáveis* em que, pelo menos duas das manobras têm de ser *reprodutíveis*. Os valores de FEV₁ e da CVF podem ou não ser obtidos a partir da mesma manobra.

Critérios de Aceitabilidade

Os espirogramas individuais são *aceitáveis* se:

- **Estiverem livres de artefactos:**

Tosse ou encerramento da glote durante o 1º segundo da expiração

Finalização precoce ou *cut-off* da manobra expiratória

Esforço variável

Fuga

Obstrução da peça bucal, pela língua ou peças dentárias

- **Tiverem um início correcto:**

Volume de extrapolação <5% da CVF ou 0,15 L (o que for superior)

Tempo que demora a atingir o Débito expiratório máximo (ou PEF) <120 ms

- **Tiverem uma expiração satisfatória:**

Tempo expiratório de 6 seg. e/ou um planalto no espirograma

ou ausência de variação de volume durante pelo menos 1 segundo

ou se o indivíduo não pode ou não deve continuar a expiração (ex.: por tonturas).

Quanto às curvas de débito-volume, devem apresentar as seguintes características⁴:

- Início rápido da inspiração máxima até ao débito expiratório máximo (PEF).
- Esforço máximo até ao retorno do débito à linha basal, sem encerramento da glote ou interrupção abrupta do débito.
- Esforço inspiratório máximo com retorno do volume ao ponto de inspiração máxima. A falência em encerrar a curva indica que o esforço não foi iniciado a partir de uma inspiração máxima, que o esforço inspiratório foi submáximo, ou que houve erro do espirómetro.
- Devem ser registadas pelo menos três curvas aceitáveis. Quando sobrepostas ou colocadas em paralelo, elas devem ser reprodutíveis, a não ser que tenha ocorrido broncospasmo.

Critérios de Reprodutibilidade³

Após obtenção de 3 espirogramas *aceitáveis*, aplicar os seguintes critérios:

- Os 2 valores mais elevados de CVF têm uma variação <0,200 L?

- Os 2 valores mais elevados de FEV1 têm uma variação <0,200 L?

Se ambos os critérios se verificam, o exame pode ser concluído.

Se os 2 critérios não se verificam, continuar o exame até:

- Ambos se verificarem com espirogramas adicionais *aceitáveis*

ou um total de 8 testes ter sido realizado

ou o doente/utente não possa ou não deva continuar.

Guardar um mínimo de 3 melhores manobras.

O estudo dos parâmetros inspiratórios (ex.: para pesquisa de obstrução alta) obriga a que a manobra de inspiração seja semelhante à expiratória, ou seja rápida e forçada, evidenciando esforços máximos e reproduzíveis.

No final de cada estudo, o técnico deve registar se o doente conseguiu realizar as provas e se os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade foram cumpridos ou se, pelo contrário, não conseguiu colaborar, ou se ocorreram fenómenos relevantes, tais como acesso de tosse ou broncospasmo durante as manobras². Além disso o *software* dos equipamentos modernos não só escolhe automaticamente os traçados mais correctos como fornece indicadores sobre a sua reprodutibilidade.

MEDIÇÃO DOS VOLUMES PULMONARES ESTÁTICOS POR PLETISMOGRAFIA²

Ao inverso do que acontece com a espirometria, a pletismografia permite a determinação dos volumes pulmonares estáticos, sem entrar em linha de conta com a velocidade a que ocorre a sua mobilização.

Os volumes pulmonares estáticos são o volume corrente (TV ou VT), o volume de reserva inspiratório (VRI), o volume de reserva expiratório (VRE) e o volume residual (VR). A soma de dois ou mais volumes pulmonares define uma capacidade. Assim, a capacidade inspiratória (CI) é a soma do VT com o VRI, a capacidade vital (CV) é a soma do VT com o VRI e o VRE. A capacidade residual funcional (CRF) é a soma do VRE com o VR e a capacidade pulmonar total é a soma da CV com o VR (Fig. 3).

Na pletismografia, a CRF é representada pelo volume de gás intratorácico (VGIT).

Embora se possa suspeitar de restrição pulmonar com os parâmetros obtidos pela espirometria, é com a pletismografia que podemos seguramente confirmar esta alteração.

A determinação dos volumes pulmonares pela pletismografia é o método preferido em doentes com obstrução moderada a grave das vias aéreas, visto que os outros dois métodos – método de diluição de gases inertes e a depuração do azoto – são afectados pela distribuição irregular da ventilação que ocorre nestes doentes^{6,7}.

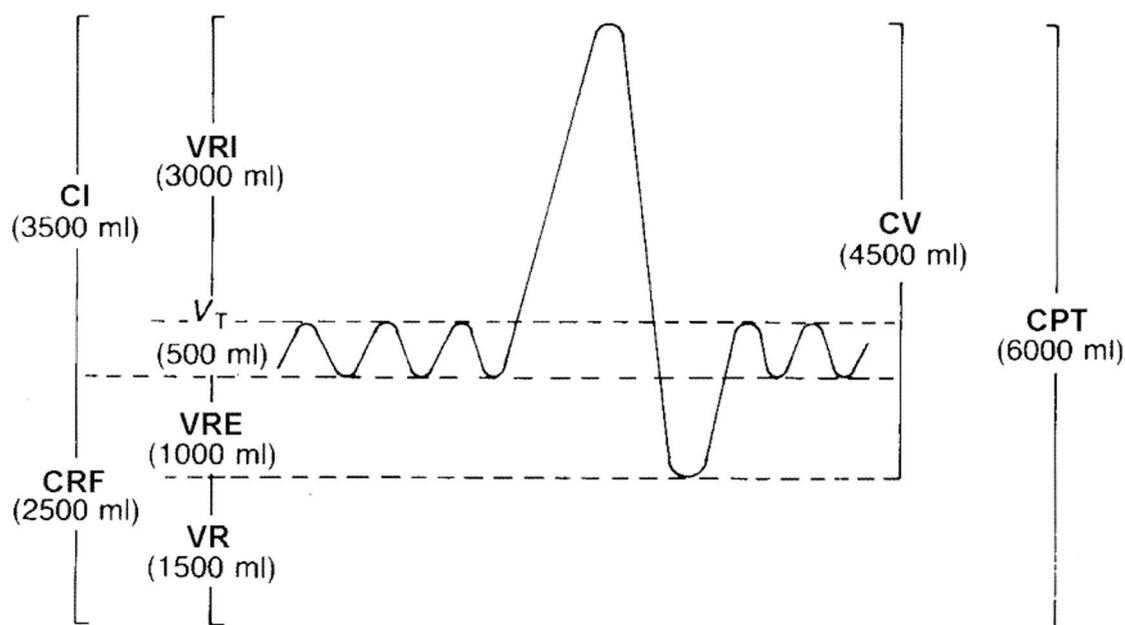


Fig. 3 – Representação dos volumes pulmonares estáticos por um espirograma

Procedimento

Fechar a porta da cabine. Aguardar cerca de 30 segundos – tempo habitualmente suficiente para uma adequada estabilização da temperatura dentro da cabine (Fig.4).

Instruir o utente a respirar confortavelmente e da forma mais normal possível. Registrar pelo menos 4 manobras de volume corrente estáveis.



Fig. 4 – Cabina pletismográfica

No final da primeira expiração, a válvula bucal irá fechar-se. Nessa altura, instruir o utente a tentar inspirar ou expirar contra a válvula fechada até que esta se abra. A válvula está programada para abrir quando o transdutor de pressão detectar uma tentativa de manobra respiratória de pelo menos $5\text{cmH}_2\text{O}$, ou quando ultrapassar o tempo preestabelecido, que não deve ser inferior a 3 seg. O utente não necessita de fazer um grande esforço para gerar essa pressão. Em alguns equipamentos, a manobra de encerramento e abertura da válvula é feita manualmente.

A cada avaliação do VGIT deve seguir-se a medição do seu correspondente volume de reserva expiratória ($\text{VGIT} - \text{VRE} = \text{VR}$).

Medição da Capacidade Vital Lenta (*Slow vital capacity*)

Após detectar pelo menos 3 ciclos respiratórios em volume corrente com uma linha de base estável, instruir o utente a executar uma manobra de expiração completa seguida de uma inspiração completa (se desejável, pode inverter-se a ordem) e retornar então à respiração em volume corrente. Pode repetir-se a manobra até se ter a percepção de que o utente atingiu o seu máximo.

Controle de Qualidade

Critérios para aceitabilidade -VGIT^{2,5}

- A manobra de *panting* deve mostrar uma ansa fechada sem desvios ou outros artefactos.
- As alterações da pressão devem estar dentro dos limites da calibração; o traçado não deve sair do ecrã.
- A frequência de *panting* é aproximadamente 1 Hz e deve ser registada.
- As tangentes e os ângulos não devem variar mais do que 10%; se a válvula (*shutter*) se fechou a um volume diferente da CRF, os valores de CRF calculados não devem variar mais do que 10%. A válvula não deverá estar fechada mais do que 2 segundos.
- O VGIT registado é a média de 3 a 5 manobras aceitáveis de *panting*.

MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DAS VIAS AÉREAS

A pletismografia permite igualmente avaliar a resistência das vias aéreas (Raw) e a condutância específica das vias aéreas (sGaw), bem como a determinação da resposta aos broncodilatadores e a determinação da hiperreactividade brônquica em resposta à metacolina, histamina ou hiperventilação isocápnica.

Procedimento

Instruir o utente a respirar a uma frequência de 60 a 180 ciclos respiratórios por minuto, com uma pequena amplitude (50 a 100ml) e uniformes (igual volume inspirado e expirado).

Controlo de qualidade para a medição das resistências

Critérios de aceitabilidade – Raw e sGaw:

- As ansas de pressão/débito devem ser fechadas. A pressão e o débito devem estar contidos no intervalo de valores obtidos pela calibração dos respectivos transdutores.
- Deve ser mantido o equilíbrio térmico; não deve aparecer qualquer desvio durante o registo.
- A frequência de *panting* deve ser de 1,5 Hz para cada manobra (= 60 a 180 ciclos respiratórios por minuto).
- A Raw e a sGaw devem ser calculadas em cada manobra; não se devem calcular os valores médios das tangentes.
- Deve ser registada a média de três ou mais esforços aceitáveis; os valores individuais não devem variar mais do que 10% do valor médio.

VOLUME RESIDUAL (OUTROS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO)

MEDIÇÃO DOS VOLUMES PULMONARES ESTÁTICOS PELO MÉTODO DE CIRCUITO FECHADO OU DILUIÇÃO DO HÉLIO⁶

A determinação da CRF é feita indirectamente através da diluição nos pulmões de um gás inerte, como o hélio, cuja concentração é medida por analisadores apropriados. Partindo do conhecimento do volume e da concentração do gás que é inspirado, com o indivíduo a respirar em circuito fechado, após alguns minutos, a concentração deste gás atinge um valor estável. A concentração final do gás é registada. Calcula-se então o volume total de distribuição do gás (incluindo o espirómetro, o circuito respiratório e as válvulas):

Volume do Sistema = He adicionado (L)/F_{He inicial}

Em que **He adicionado** = volume de Hélio colocado no espirómetro

E a **FHe inicial** = % de hélio convertido a fracção (%He/100)

Quando o volume do sistema é conhecido, a CRF é calculada:

$$CRF = \frac{(\%He\ inicial - \%He\ final)}{\%He\ final} \times \text{Volume do sistema}$$

Controlo de Qualidade

- O registo do volume do espirómetro deve indicar que não existem fugas. A concentração do hélio deve ser estável antes do início do teste.
- O padrão de *rebreathing* deve ser regular. Se registado, deve evidenciar uma descida gradual dos níveis no final da expiração, à medida que o oxigénio é consumido. A adição de oxigénio deve manter constante o volume do sistema.
- O teste deve continuar até que as medições do hélio variem menos do que 0,02% em 30 segundos (equilíbrio da concentração do hélio) ou até que tenham decorrido 10 minutos.
- A adição de oxigénio deve ser adequada ao volume corrente em repouso (i. e. 200-400 ml/min).
- A curva de equilíbrio do hélio, quando registada, deve evidenciar uma queda suave e regular da concentração do hélio até que o equilíbrio seja atingido.
- As várias medições da CRF não devem variar entre si mais do que 10%. Deve ser registada a média das medições consideradas aceitáveis.
- Entre duas medições deve aguardar-se pelo menos 5 minutos com o indivíduo a respirar o ar ambiente.
- Certos aparelhos realizam automaticamente algumas destas exigências.

MEDIÇÃO DOS VOLUMES PULMONARES ESTÁTICOS PELO MÉTODO DE CIRCUITO ABERTO OU DEPURAÇÃO DO AZOTO⁶

A capacidade residual funcional pode ser medida de forma indirecta através do método de circuito aberto ou depuração do azoto. Assumindo que a concentração alveolar inicial de azoto após respirar ar ambiente durante 15 minutos é de 80%, o sujeito respira durante alguns minutos oxigénio a 100% e simultaneamente o azoto vai sendo gradualmente depurado para fora do pulmão, onde é medido por um analisador rápido. O volume total de azoto depurado equivale à capacidade residual funcional (CRF) (Fig. 5).

Controlo de Qualidade

- O traçado da depuração do azoto deve indicar uma descida contínua da concentração de azoto alveolar.
- O teste deve prosseguir até que a concentração do azoto atinja valores inferiores a 1%, ou tenha decorrido o tempo julgado necessário para atingir o equilíbrio.
- O tempo de depuração deve ser adequado ao indivíduo a testar. Indivíduos saudáveis devem depurar o azoto completamente em 3 a 4 minutos. Em doentes com obstrução das vias aéreas ou fenómeno de *air-trapping*, deve permitir-se o prolongamento deste tempo.

- O tempo de depuração do azoto deve ser registado. Se existe falência em depurar o azoto nos primeiros 7 minutos, esse facto deve ser registado.
- Múltiplas medições não devem variar entre si mais do que 10%. Para o registo dos volumes pulmonares, deve aceitar-se a CRF média obtida a partir de resultados aceitáveis. Entre duas medições, deve esperar-se pelo menos 15 minutos, com o indivíduo a respirar ar ambiente.

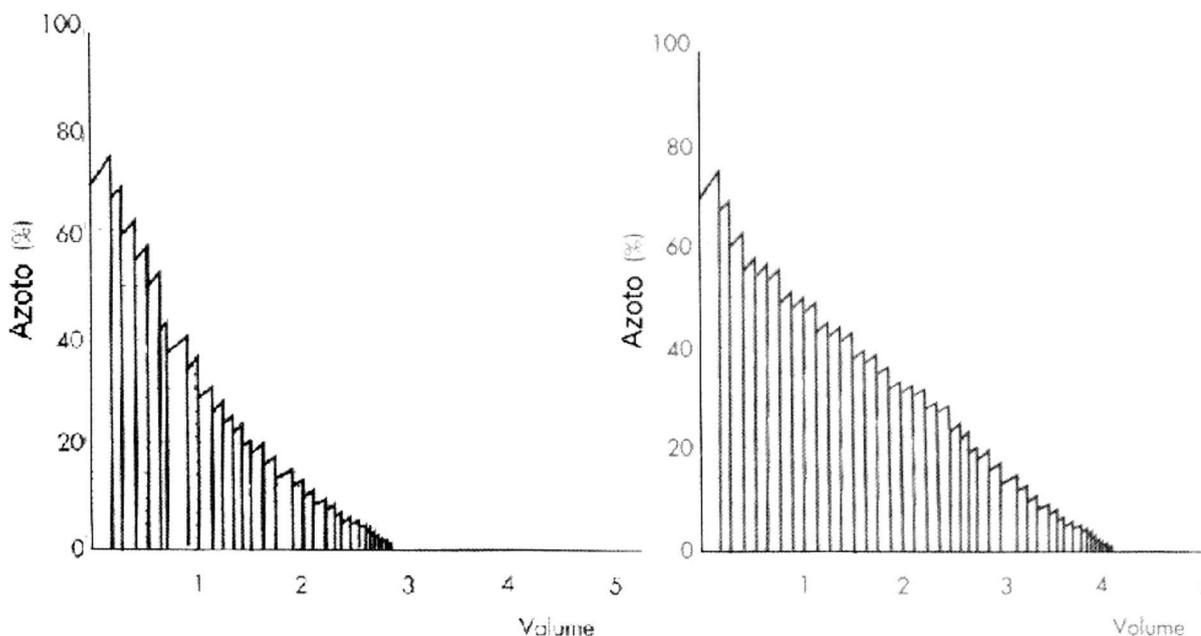


Fig. 5 – Determinação da capacidade residual funcional por circuito aberto (azoto). À esquerda a curva normal, à direita a curva em doente com obstrução das vias aéreas

TÉCNICAS DE OSCILAÇÕES FORÇADAS (OSCILOMETRIA DE IMPULSO)

A Oscilometria de Impulso é uma nova versão da técnica das Oscilações forçadas em multifrequência, para avaliação das alterações da Mecânica Ventilatória, diferindo dos métodos convencionais de estudo da função respiratória que, em vez dos músculos respiratórios, usam para o efeito um gerador externo de impulsos (altifalante). Estes impulsos geram oscilações de débito que, sobrepondo-se à ventilação espontânea, permitem analisar as respectivas respostas de pressão e débito a estes impulsos^{8,9}.

Obtém-se por este método uma resistência respiratória complexa, variando em função das diferentes frequências e que se denomina impedância “Z”, com as suas duas constituintes: a resistência (R) e a Reactância (X).

A Resistência à frequência de 5 hertz (R_5) corresponde à resistência total das vias aéreas e a Reactância à mesma frequência (X_5) à Capacitância periférica.

Este parâmetro é efectivamente representativo da resistência das vias aéreas mais periféricas, que não podem ser avaliadas por métodos convencionais, como por exemplo a Pletismografia, visto que, não havendo praticamente débito aéreo nesta zona, também não são mensuráveis as resistências.

Em comparação com os métodos convencionais de análise da função respiratória, apenas a Oscilometria de Impulso pela determinação do valor de R_5 abrange o sistema respiratório na sua globalidade, caracterizando a obstrução das vias aéreas aos seus diferentes níveis, desde as vias mais periféricas ao sector extratorácico.

A Oscilometria de Impulso permite de forma não invasiva, com rapidez e colaboração mínima, obter a partir de um traçado de respiração normal (volume corrente) um elevado grau de informação sobre as alterações da Mecânica Ventilatória.

No entanto, a colaboração mínima por parte do doente não dispensa o cumprimento de um certo número de regras, que condicionam a qualidade do exame, num grau de influência superior à dos testes convencionais.

Recomendações

Doente:

- Posição sentado, tronco na vertical.
- Cabeça direita ou em ligeira extensão (variação das resistências das vias aéreas superiores).
- Pinça nasal (evitar fugas).
- Mãos nas bochechas (evitando *shunt* de pressões das vias aéreas superiores).
- Bocal (plástico) bem apertado entre os dentes.
- Língua por baixo do bocal.
- Lábios bem apertados à volta do bocal (mesmo fugas pequenas originam marcadas quebras de pressão e resistências mínimas ou nulas).
- Evitar cintos e roupa apertada (aumento da resistência periférica).

Operador:

- Confirmar se o doente está a respirar espontânea e calmamente de modo a que se obtenha um traçado regular.
- Obter traçados com o tempo necessário para as diferentes finalidades do teste (diagnóstico, testes de provocação, etc.).
- Interromper a medição antes do doente retirar o bocal.
- Atender aos gráficos realizados para despiste de artefactos.

PROVAS DE BRONCOMOTRICIDADE

As provas de broncomotricidade pretendem detectar o grau de motricidade brônquica, pela acção da sua musculatura, em relação a determinados estímulos que conduzem a uma variação do calibre brônquico em dois sentidos opostos. O do seu alargamento ou broncodilatação e o da redução do seu calibre por broncoconstrição.

Estas variações existem em menor escala nos indivíduos normais mas, como veremos adiante, no que respeita à broncoconstrição, os mesmos agentes broncoconstritores na mesma dose não dão resposta ou dão apenas respostas discretas nos indivíduos considerados normais, em comparação com as respostas exageradas dos doentes com hiperreactividade brônquica.

De modo idêntico, no que respeita ao efeito broncodilatador por agentes de diferentes naturezas, manifesta-se apenas, de um modo evidente, quando o calibre brônquico se encontra previamente diminuído por broncospasmo, o que implica a existência da reversibilidade desta situação de obstrução e de limitação do débito aéreo.

É a medida das variações dos parâmetros ventilatórios que reflecte o aumento ou limitação do débito aéreo que compete às provas de broncomotricidade.

PROVAS DE BRONCODILATAÇÃO

No que respeita às provas de broncodilatação, elas iniciam-se com um teste de base que reflecte a situação do indivíduo num dado momento, comparando depois com um segundo teste realizado após inalação de um agente broncodilatador.

Este agente pertence ao grupo dos beta-adrenérgicos ou simpaticomiméticos, podendo ser substituído ou adicionado na mesma inalação a agentes anticolinérgicos do tipo do brometo de ipratrópio.

A inalação é em regra feita com inaladores doseáveis (MDI ou *turbuhaler* – TH) podendo também ser feita por inalação das referidas substâncias por nebulização de soluções respiratórias.

As variações observadas nos diferentes parâmetros escolhidos devem ser apenas atribuíveis ao efeito broncodilatador e classificadas segundo critérios clássicos internacionalmente aceites.

Controlo de Qualidade

Este insere-se nas seguintes etapas das provas de broncomotricidade:

- Indicações para as provas e limitações.
- Drogas usadas e tipo de inalação.
- Parâmetros a avaliar e critério de positividade.
- Análise e erros na avaliação da resposta.
- Efeitos secundários das drogas inaladas.

Deve haver uma correcta indicação para a realização da prova de broncodilatação, atendendo também às suas limitações.

Indicações

O teste deve ser executado apenas quando há sinais de obstrução das vias aéreas: Funcionalmente, sugere-se um VEMS inferior a 70% do seu valor de referência (ligeiramente mais baixo nos adultos mais idosos)^{4,10}, ou valor do Índice de Tiffeneau (VEMS/CVF%) inferior a 70%¹², ou ainda uma Resistência total (R5) – Oscilometria de impulso – superior a 150 Kpa.L⁻¹.s⁻¹.

Limitações^{4,9,10}

- **Idosos.**
- Arritmia.
- Medicação com beta-bloqueantes.
- Terapêutica broncodilatadora em curso:
 - Beta-agonistas (há menos de 8 horas).
 - Beta-agonistas de longa duração e metil-xantinas (há menos de 12 horas).
 - Teofilinas (libertação lenta) há menos de 24 horas.
 - Cromoglicato (há menos de 24 horas).
 - Anticolinérgicos (há menos de 8 horas).

Recomendação

Caso o doente não tenha possibilidade de realizar o teste nas condições requeridas, o facto deve ser anotado, indicando a hora em que foi usado o broncodilatador. Apesar da medicação em curso, os resultados ainda poderão ser positivos.

FÁRMACOS USADOS E TIPO DE INALAÇÃO

Os Beta-adrenérgicos geralmente usados são o Salbutamol, o Fenoterol e a Terbutalina. O Brometo de Ipratrópio, pode ser usado com vantagem em associação com os anteriores, inibindo uma resposta parasimpática, em certos doentes que, no entanto, é mais lenta do que a resposta dos beta-adrenérgicos.

As inalações são em regra feitas com inaladores doseáveis (MDI ou TH), podendo também ser usados nebulizadores, para administrações de doses maiores e mais prolongadas⁴.

A inalação de 1 ou 2 *puffs* deve ser feita pouco depois do início da inspiração, a partir da CRF até o doente atingir a Capacidade Pulmonar Total. A inspiração deve ser lenta e o doente deve sustentar a inspiração durante alguns segundos, seguido de uma expiração, igualmente lenta.

Uma segunda inalação poderá ser feita alguns minutos depois, o que permite uma maior penetração do aerossol e uma broncodilatação mais eficaz.

Recomendação

O operador deve ficar com a convicção de que a inalação foi eficaz, caso contrário produzir-se-ão informações erradas a partir da prova.

Certos doentes têm dificuldade em coordenar a inalação com a inspiração e, deste modo, uma maior eficácia da inalação pode ser conseguida, com o recurso a uma câmara de expansão, adaptada aos inaladores. Devido à má coordenação resulta que a substância inalada fica retida na cavidade bucal, não atingindo as vias aéreas, como desejado.

PARÂMETROS A AVALIAR E CRITÉRIOS DE POSITIVIDADE

Os parâmetros habitualmente avaliados são o **VEMS** e a **CVF**, cuja variação é considerada positiva se atingir num ou noutro destes parâmetros o valor mínimo de 12% e a variação mínima de volume de 200 ml^{3,9}.

Os débitos expiratórios médios (DEM 50, DEM 25 ou DEM 25-75) não devem ser utilizados nas provas de broncomotricidade, visto que podem dar resultados pouco correctos quando os volumes pulmonares não forem constantes entre os dois testes^{3,9}.

No entanto, a experiência mostrou que, utilizando outros equipamentos, como a pletismografia e a oscilometria de impulso, outros parâmetros como a Resistência total das vias aéreas (Raw), Resistência específica pletismográfica (sRaw), Condutância específica (sGaw), ou a Resistência aérea total (R5) obtida pelas técnicas de oscilações forçadas e frequência de ressonância (F_{RES}) (Oscilometria de impulso)⁸ podem igualmente permitir novos critérios de positividade do efeito broncodilatador, que deverão hoje em dia ser igualmente considerados, complementando os critérios clássicos.

Os critérios de positividade a adoptar para estes últimos parâmetros são os seguintes:

Raw -	- 50%
sRaw -	- 100%
sGaw -	+ 30 a 40%
R5 -	-
Frequência de Ressonância	50%
	- 40%

Recomendação

O critério de positividade para cada prova deverá, de preferência, basear-se em mais do que um parâmetro, visto que, traduzindo reacções localizadas a diferentes níveis das vias aéreas, representarão, no seu conjunto, uma resposta global mais adequada.

O Índice de Tiffeneau não deve ser usado como avaliação da resposta broncodilatadora, visto que a CVF pode aumentar mais que o VEMS, em virtude de uma expiração mais prolongada⁵.

A análise do Volume de Gás Intra-Torácico (VGIT), antes e depois da prova de broncodilatação, pode dar uma informação muito útil sobre a reversibilidade da insuflação pulmonar. Do mesmo modo, a variação do factor de transferência alveolocapilar, após acção broncodilatadora, pode igualmente informar-nos sobre a influência das alterações da relação ventilação/perfusão na transferência alveolocapilar.

ANÁLISE E ERROS NA AVALIAÇÃO DA RESPOSTA

Como se disse, é fundamental que a resposta obtida após broncodilatação seja correcta, caso contrário as ilações tiradas serão erradas e com implicações terapêuticas desajustadas.

Após correcta inalação da substância escolhida, têm que ser assegurados outros factores como tempo correcto para avaliação da resposta ao broncodilatador e a sua interpretação.

Devem também ser tidos em conta a dose usada, a labilidade brônquica e o nível médio da função ventilatória^{3,4}.

O tempo que se segue à inalação do broncodilatador, após o qual se deve fazer nova avaliação, varia com o broncodilatador usado.

Para drogas de acção rápida como o Salbutamol bastam no mínimo 5 minutos, enquanto para outros, como por exemplo o Salmeterol e o Formoterol, se exige um tempo de 10 a 15 minutos.

Os anticolinérgicos, como o Brometo de Ipratrópio, só atingem o seu efeito máximo ao fim de 45 m a 60 m, embora o seu efeito possa ser potencializado na rapidez de acção, em associação com beta-adrenérgicos.

Está demonstrado que a PaO₂ pode baixar após a broncodilatação devido a um aumento de irrigação sanguínea a zonas mal ventiladas dos pulmões, com aumento da admissão venosa^{6,11}.

Recomendações

Constitui um erro indiscutível a realização de uma prova de broncodilatação baseada numa avaliação de base realizada em dias diferentes.

Em certos casos pode verificar-se uma resposta do doente em relação a certos broncodilatadores negativa ou paradoxal, em virtude da fadiga após repetição das provas que se sobrepõe ao eventual efeito broncodilatador.

A negatividade da prova de broncodilatação, segundo certos critérios estabelecidos, *não deve ser conclusiva para o não estabelecimento, ou para a suspensão de uma terapêutica broncodilatadora*, desde que se verifique uma melhoria da sintomatologia, ex. com uma melhor tolerância ao esforço⁴.

Pode igualmente acontecer que o doente tenha posteriormente uma resposta positiva aos mesmos testes anteriormente realizados.

EFEITOS SECUNDÁRIOS

Mesmo quando usados correctamente (ver limitações) os fármacos beta-adrenérgicos podem ter efeitos secundários nefastos, como taquicardia, agravamento de hipertensão sistémica ou arritmias.

Quando isto acontece, a prova deve ser interrompida e o doente deve ser avaliado clinicamente e monitorizado quanto à sua frequência cardíaca, tensão arterial e SaO₂ (oximetria de pulso).

PROVA DE PROVOCAÇÃO INALATÓRIA⁵

A avaliação do grau de reactividade brônquica está muitas vezes indicada, em especial em casos em que a sintomatologia é pouco clara ou não específica (p. ex. sintomas de asma com espirometria normal e sem resposta a broncodilatadores). A prova de provocação inalatória pode ser realizada com uma variedade de agentes e métodos, incluindo a metacolina e a histamina, o exercício, a hiperventilação isocápnica com ar frio, agentes específicos tais como os alérgenos e agentes ocupacionais. O agente actualmente mais utilizado para testes de provocação inalatória inespecífica é, de longe, a metacolina em aerossol.

Para os testes de metacolina e de histamina, devem usar-se nebulizadores que produzam partículas de aerossóis entre 2 e 5 µm de diâmetro. Deve testar-se o débito de saída do nebulizador e o débito inspiratório, o volume pulmonar, o tempo de inalação e o tempo de suspensão da respiração do utente devem ser comparáveis em todos os níveis da prova.

Nas provas de esforço, o indivíduo deve atingir um mínimo de 75% da frequência cardíaca máxima prevista (ou o consumo máximo de oxigénio –V'O₂max – caso seja medido). Este nível de esforço deve ser mantido por 6 a 8 minutos, após o que, caso não haja demonstração de broncospasma (o qual por vezes é de aparecimento tardio), é considerada inconclusiva. Recomenda-se a avaliação simultânea do volume/minuto (V'E), para determinar o nível de ventilação atingido.

Nos testes de hiperventilação (com ar frio ou a temperatura normal), o nível alvo de ventilação deverá ser mantido durante um intervalo de tempo especificado (dependente do protocolo).

Para qualquer dos protocolos de provocação, devem ser anotados os sintomas que forem surgindo (tosse, pieira, etc.).

As indicações para realizar um teste de provocação com metacolina são:

- A indicação primária é o rastreio dos casos de asma em indivíduos com sintomas que a sugerem (p.e. tosse, pieira ou aperto torácico a seguir a exposição a ar frio, logo após exercício, ou durante infecções respiratórias), sem que haja alterações correspondentes no estudo funcional de base.
- Outras potenciais indicações incluem: confirmar um diagnóstico de asma, determinar o risco relativo num indivíduo saudável que desenvolve asma, avaliar a gravidade da asma, e avaliar a resposta a determinadas intervenções terapêuticas.

As **contra-indicações** para provocações com metacolina incluem:

➤ Absolutas

- Obstrução das vias aéreas moderada (p.e. VEMS <60% referência) a grave (p.e. VEMS <50% referência ou VEMS < 1,0 L em adultos).
- Enfarte do miocárdio recente, ou acidente vascular cerebral (dentro dos últimos 3 meses).
- Aneurisma arterial conhecido.
- Hipertensão não controlada (pressão arterial sistólica > 200 ou pressão arterial diastólica > 100 mmHg).

➤ Relativas

- Obstrução das vias aéreas ligeira (p. ex. VEMS <65% referência) a moderada (p.e. VEMS <60% referência ou VEMS <1,5 L em adultos).
- Inabilidade para realizar testes de função ventilatória ou fraca reprodutibilidade destes na prova basal.

- Gravidez ou amamentação.
- Uso actual de medicação inibidora da colinesterase.

Se qualquer destes factores forem detectados, o técnico deve discutir o facto com o médico requisitante ou com o director clínico do laboratório.

Procedimento

Preparação do doente

Medicação

Os doentes devem ser previamente avisados a não tomar fármacos que afectem o calibre das vias aéreas e/ou sejam considerados antagonistas do agente de provocação, durante um tempo que exceda a sua duração de efeito. Estes medicamentos e o seu tempo de suspensão requerido antes do teste são:

Broncodilatadores inalados	
Curta acção (p.e. salbutamol)	6 horas
Longa acção(p.e. salmeterol)	48 horas
Anticolinérgicos	48 horas
Cromoglicato dissódico	8 horas
Nedocromil	48 horas
Teofilina em líquido	12 horas
Teofilina de acção intermédia	24 horas
Teofilina de acção lenta	48 horas
Corticosteróides inalados ou orais	não é necessário suspender ou suspendem-se só no dia do teste
Modificadores dos leucotrienos	24 horas

Café, chá, bebidas com cola, chocolate, tabaco.

O efeito destas substâncias no teste de provocação é controverso, provavelmente pequeno. Portanto, recomenda-se que os doentes os evitem no dia do teste.

Recomendação

Quer a broncoconstrição quer a broncodilatação podem ser induzidas por sugestão. Diga sucintamente aos testandos que vão inalar uma substância cuja resposta é necessário conhecer tendo em vista a compreensão da sua situação. Evite fornecer demasiada informação.

Formulário de consentimento

Deve dispor-se de um formulário de consentimento que o doente possa ler cuidadosamente, sendo por ele assinado, ou pelo responsável legal/pai do doente menor, antes do teste.

O formulário de consentimento não deve conter informação que possa influenciar o doente na sua reacção.

Critérios de aceitabilidade.

Antes de um teste de provocação inalatória, como já foi referido, a medicação broncodilatadora deve ser interrompida. De igual modo, se o utente sofrer de alguma infecção respiratória, o teste deve ser adia-

do e não devem ser consumidas bebidas cafeinadas nem fumar tabaco ou outras substâncias antes do teste.

Devem respeitar-se os critérios de aceitabilidade e repetibilidade dos testes de espirometria ou pletismográficos, já referidos.

Método

No teste de provocação inalatória mais utilizado na prática, o teste de metacolina, procede-se do seguinte modo :

1. O doente inala doses crescentes do fármaco.
2. Para cada dose, avaliam-se determinados parâmetros, como o VEMS, a sGaw, ou sRaw, R5 e F_{RES} .
3. Calcula-se a dose ou a concentração de metacolina cuja inalação determina uma variação de determinada grandeza (usualmente a percentagem do valor inicial) num determinado parâmetro (Fig. 6): muitas das vezes escolhe-se a queda de 20% no VEMS (PD_{20}) ou, em relação a outros parâmetros, $PD_{50}Raw$, $PD_{100}sRaw$, $PD_{50}R_5$ e $PD_{40}F_{RES}$.
4. À partida, o doente que realiza o teste não deve apresentar tosse ou sibilos audíveis, nem ter um VEMS inferior a 80% do valor de referência

Tipos de nebulizador, preparação da metacolina e protocolos de realização do teste

Nebulizador

Deve usar-se um nebulizador de alta qualidade cujo débito de saída seja conhecido. Mesmo assim este débito deve ser periodicamente calibrado, por pesagem com balança de precisão, pois varia facilmente com o uso e com as limpezas.

Deve usar-se o mesmo nebulizador durante todo o procedimento, pois os aparelhos não debitam as mesmas quantidades de produto (mesmo que com as mesmas indicações nos seus comandos), ou um conjunto de nebulizadores com um débito médio muito próximo.

Dosímetro

Ao nebulizador deve ser acoplado um dosímetro, que coordena o protocolo preestabelecido, fazendo activar o nebulizador em cada fase inspiratória, durante 0,6 seg ou menos, ou de acordo com protocolos preestabelecidos em *software* (p. ex. APS, Jaeger).

Metacolina

A metacolina é fornecida usualmente em pó. Para a sua preparação há que respeitar as indicações do fabricante e, nomeadamente, os prazos de validade. Como princípios gerais, há que ter em conta que se trata de um pó fortemente higroscópico, e que depois de preparada a solução, para o que pode recorrer-se aos Serviços Farmacêuticos, deve ser guardada a 4°C.

Normalmente o solvente é fornecido pelo fabricante, mas a sua composição é, em geral, soro fisiológico com um agente estabilizante, para evitar o desenvolvimento de estirpes microbianas.

Será muitas vezes necessário preparar concentrações mais fracas a partir de uma superior: nestes casos procede-se de acordo à fórmula:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

em que:

C1 = concentração inicial de metacolina;

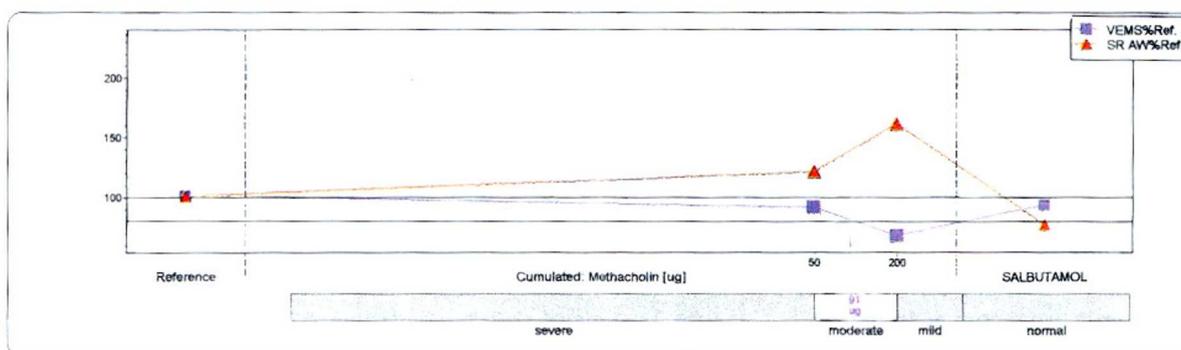
V1 = volume da concentração inicial necessário para atingir a concentração desejada;

C2 = concentração desejada de metacolina;

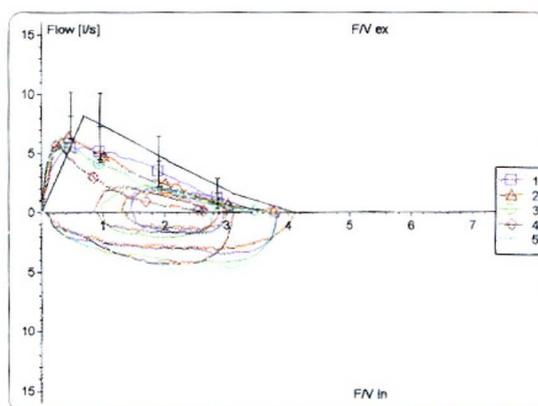
V2 = volume desejado da nova concentração de metacolina;

Identificação: 17-01-01-5 Data Nascimento: 28-04-1935
 Sexo: male Altura: 176,0 cm
 Peso: 76,0 kg Idade: 65 Years

PROVA DE PROVOCAÇÃO INALATÓRIA



	Teórico	Real-Ref ^a .	Prova NaCL	Meta 1	Meta 2	Meta 3
Subst.			NaCL	Metha	Metha	SALBUTAMOL
Step			R1	P4	P5	D6
Cumul.			0.072 m	50 ug	0.2 m	2
VEMS	3.19	2.97	2.78	2.51	1.86	2.56
SR AW	1.18	1.31	1.09	1.31	1.75	0.83



PD () =

SaO2 (Oximetria de Pulso) - Metacolina 5 %

Fig. 6 – Exemplo de uma prova de provocação brônquica

Protocolos

Vários protocolos são admitidos pelas normas em vigor, publicadas pela ATS e pela ERS^{5,9}.

Dos mais utilizados salientamos:

1. o de **Cockcroft** e col., que usam períodos de nebulização de dois minutos com as seguintes concentrações, por esta ordem:
0.03, 0.06, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, e 16 mg/ml.
2. o de **Chai** e col.
0.75, 0.15, 0.31, 0.62, 1.25, 2.5, 5, 10, e 25 mg/ml.
3. Mas outros protocolos usam sequências menos extensas, principalmente se o objectivo é de ordem clínica (para rastrear a asma). As Normas do Teste de Provocação com Metacolina da ATS¹⁰ sugerem o uso de incrementos quadruplicantes (e.g., 0.06, 0.25, 1, 4, e 16 mg/ml). No entanto, cada Laboratório de Função Respiratória poderá usar um protocolo próprio, desde que atinja, durante a inspiração, as concentrações ou doses estabelecidas para o agente de provocação utilizado.

Nota – A omissão de concentrações do protocolo não deverá ser feita em crianças, em doentes já obstruídos em espirometria basal, ou em doentes cujo VEMS tenha caído mais de 10% após a dose de metacolina anterior.

Para vários autores, o mais importante é verificar a existência de anomalias da reactividade brônquica. Muitos deles são críticos em relação aos testes de metacolina em geral, e outros criticam-nos sob o ponto de vista quantitativo (de dose-resposta), devido aos vários factores que lhe impõem uma necessária variabilidade (tais como o padrão ventilatório do doente, o uso de bocal ou máscara, os factores fadiga, treino ou motivação, na realização das repetidas manobras de expiração forçada, e outros).

Quanto aos parâmetros a analisar com os testes de metacolina e aos critérios de análise dos mesmos, os critérios mais importantes são os seguintes:

VEMS	queda de 20%	PD20 VEMS
Raw específica	aumento de 100%	PD100 sRaw
Gaw	diminuição de 40%	D40 Gaw
R5 (oscilometria de pulso)	aumento de 50%	PD50 R
Frequência ressonante (idem)	aumento de 40%	PD40Fres

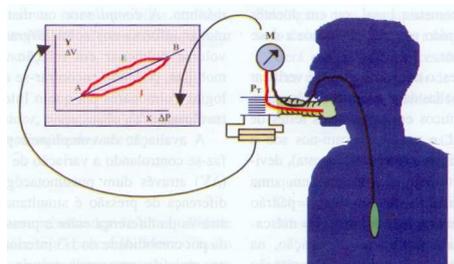


Fig. 7 – Técnica de Determinação da Compliance Pulmonar

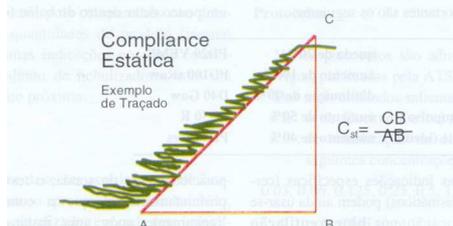


Fig. 8 – Determinação da Compliance Estática, ou quase estática

Para determinadas indicações específicas (certos tipos de doentes asmáticos) podem ainda usar-se os testes de provocação por **hiperventilação isocápnica**, pelo **ar frio**, as **provas de exercício** e as **provas de provocação com alergen**s. Estas provas encontram-se menos padronizadas que o teste de metacolina e visam fornecer dados mais adaptados ao problema específico da cada doente.

COMPLIANCE OU DISTENSIBILIDADE PULMONAR

Designa-se por *compliance* pulmonar a variação de volume do pulmão por cada unidade de variação de pressão do sistema toracopulmonar. Regista-se em mililitros por centímetro de água. Ao mesmo tempo, regista-se a pressão retráctil do pulmão, que se costuma avaliar ao atingir o volume pulmonar máximo. A *compliance* ou distensibilidade pulmonar informa-nos sobre o grau de variação do volume pulmonar em relação à pressão que o mobiliza, podendo encontrar-se alterada nas Patologias Pulmonares em que o Interstício se encontra atingido¹³.

A avaliação da *compliance* pulmonar (Fig. 7) faz-se controlando a variação de volume pulmonar (ΔV) através dum pneumotacógrafo, enquanto a diferença de pressão é simultaneamente registada através da diferença entre a pressão pleural (medida por comodidade no 1/3 inferior do esófago – P_E , por meio de uma sonda própria, que termina num pequeno balão de látex) e a pressão na boca – P_M (? **P**).

O transdutor da pressão é acertado em zero com um pouco de ar dentro do balão (<1,0 mL). Após o posicionamento da sonda, o testando deve inalar profundamente, porque a *compliance* aumenta ligeiramente após uma inspiração máxima. O registo é obtido a partir de uma inspiração máxima a seguir, em condições semiestáticas, através do emprego de uma válvula, que interrompe sucessivamente uma manobra suave de expiração, iniciada na posição inspiratória máxima (*compliance* dita “**estática**” – Fig. 8).

Critérios de aceitabilidade

Deve sempre confirmar-se a ausência de fissuras do balão esofágico.

Recomendação

A sonda deve estar correctamente posicionada. Idealmente, o balão da sonda deveria ficar no 1/3 inferior do esófago. Uma maneira aproximada de calcular esta localização será posicionar a ponta da sonda à distância de $(\text{altura}/5 + 9)$ cm da narina

Deve confirmar-se se apresenta uma deflexão negativa na inspiração e devem minimizar-se os artefactos cardiogénicos.

A curva de *compliance* dinâmica é efectuada principalmente com o objectivo de controlar a qualidade do sistema, uma vez que dela não se extraem valores importantes. Toda a curva obtida se deve encontrar na área negativa do gráfico. Caso contrário, há certamente artefactos que prejudicam o registo.

Deve obter-se um mínimo de duas manobras inspiratórias e expiratórias.

Confirmar-se-á sempre a reprodutibilidade da *compliance* e dos valores de retracção máxima.

TRANSFERÊNCIA ALVEOLOCAPILAR DO MONÓXIDO DE CARBONO²

Este teste permite avaliar a eficácia da transferência do monóxido de carbono a baixa concentração, através da membrana alveolocapilar.

O monóxido de carbono (CO) combina-se com a hemoglobina (Hb) aproximadamente 210 vezes mais do que o oxigénio (O₂). Na presença de quantidades normais de Hb e de uma função ventilatória normal, o factor que primariamente limita a difusão do CO é a integridade da membrana alveolo-capilar. Existem vários métodos para determinar a difusão do CO (DLCO), sendo os dois mais frequentemente utilizados, o método da respiração única (*single-breath*) ou DLCO-SB e a técnica de *rebreathing* ou DLCO-RB.

DLCO-SB

Procedimento:

- **Proceder à calibração do analisador de gases.**
- **Respirar em volume corrente durante pelo menos 3 ciclos respiratórios. Proceder a uma expiração completa e de seguida a uma inspiração até à capacidade pulmonar total após o que deve sustentar a respiração durante 10 segundos. Expirar então rápida e completamente após o que se pode retirar o bocal.**

Realizar um mínimo de duas tentativas que demonstrem um esforço consistente e resultados reprodutíveis.

Controlo de Qualidade

- A curva volume-tempo deve evidenciar uma inspiração rápida e linear do VR à CPT.
- A inspiração deve ser rápida mas não forçada: inferior a 2,5 segundos em indivíduos saudáveis e inferior a 4 segundos em doentes com obstrução brônquica.
- A depuração (*washout*) do espaço morto deve ser 0,75 a 1,00 L (0,5 L se a CV é inferior a 2,0 L). Se se utilizar a análise contínua do gás expirado, deve ser feita uma inspeção visual da depuração do espaço morto.
- O volume de amostra alveolar deve ser 0,5 a 1,0 L, excepto se for usada a análise contínua (o volume desta amostra pode ser preestabelecido, no *setup*, com vantagens para os doentes com capacidades respiratórias baixas).
- O volume inspiratório deve ser pelo menos 90% da melhor CV previamente registada.
- O tempo de apneia respiratória, em inspiração forçada, deve estar compreendido entre 9 e 11 segundos, usando o método de Jones, sem evidência de fugas, manobra de Valsalva ou de Mueller (pode também ser preestabelecido, de acordo com as possibilidades do doente).
- Após a pausa, a expiração deve durar menos de 4 segundos com uma eliminação apropriada do espaço morto e uma colheita e análise do gás alveolar adequadas.
- A média de dois ou mais testes aceitáveis deve ser registada. As medições não devem variar entre si mais do que 10% ou 3 ml *CO/min/mm Hg* (o que for superior).

Recomendação

Na análise dos resultados obtidos atender não só ao valor absoluto de transferência alveolocapilar do CO (DLCO), mas também à sua correcção em função do volume alveolar (DLCO/VA) – Constante de Krogh. A conjugação destes dois parâmetros permite ilações importantes sobre a natureza das causas de alteração da transferência alveolocapilar.

Para maior rigor, os valores de difusão de CO podem ser igualmente corrigidos para a hemoglobina, a carboxihemoglobina e a altitude.

DLCO-RB

Procedimento:

O indivíduo respira em circuito fechado a partir de um reservatório que contém uma mistura de 0,3%CO, 10%He e ar, durante 30 a 60 segundos a uma frequência de cerca de 30 ciclos por minuto. Após este intervalo, são medidas as concentrações finais do CO, do He e do O₂ no reservatório. Aplica-se então a equação:

$$DLCO-RB = \frac{V_s \times 60}{(P_b - 47)(T_2 - T_1)} \times \ln(FACOT_1 / FACOT_2)$$

em que

V_s = volume do sistema reservatório pulmonar (Volume inicial x FI_{He}/FA_{He})

60 = correcção de segundos para minutos

P_b = pressão barométrica em mmHg

47 = pressão vapor de água (PH₂O) em mmHg

T₂-T₁ = intervalo de *rebreathing* em segundos

Ln = logaritmo natural

FACO_{T1} = fracção do CO no gás alveolar antes da difusão

FACO_{T2} = fracção do CO no gás alveolar no final da difusão.

A ideia básica deste método é medir a velocidade de captação do CO num volume de gás pulmonar conhecido e num período de tempo definido.

PROVAS DE EXERCÍCIO¹⁴

As provas de exercício são uma parte fundamental do estudo da função respiratória, já que as manifestações fisiopatológicas do doente não se evidenciam, a maior parte das vezes, no repouso.

Material e normas gerais de actuação

O Laboratório de Exercício deverá conter basicamente:

1. Um aparelho para o exercício (tapete ou bicicleta).
2. A possibilidade de medir a Ventilação (V_E).
3. Possibilidade de análise do gás expirado (VO₂ e VCO₂).
4. Monitorização de ECG (12 derivações) e TA.
5. Oximetria de pulso e gasimetria arterial.
6. Cartas de *scores* de dispneia e fadiga.
7. Possibilidade de processamento e integração dos dados obtidos.
8. Procedimentos de segurança e material de ressuscitação disponível.

1) Aparelhos para o exercício

Quanto aos aparelhos, o ideal seria ter os dois. No tapete conseguem-se consumos superiores e é provavelmente o mais apropriado para os atletas e indivíduos saudáveis. Apresenta algumas desvantagens: ocupa mais espaço, é mais difícil a colheita de sangue, não é possível o registo directo da carga.

A bicicleta, por seu lado, é mais estável e mais segura para pessoas que têm algum grau de incapacidade, permite as colheitas de sangue com mais facilidade e o registo directo da carga.

Quer um quer outro aparelho deverão ser controlados electronicamente por computador.

2) Dispositivos para determinar a ventilação

Os dispositivos para determinar a ventilação (turbina, pneumotacógrafo ou anemómetro de filamento aquecido) devem ser colocados de forma a terem o mínimo de interferência com o movimento do doente e com a respiração. Pode-se usar bocal e pinça nasal ou máscara, que não deve ter fugas. Podem ser usados transdutores colocados na peça bucal, para detectar o sentido da passagem da corrente aérea.

O sistema escolhido deve ter um tempo de espera inicial que permita a verificação de todos os registos.

Recomendação

A possibilidade de chegar a conclusões depende da integração simultânea de vários sinais. Se essa verificação inicial demonstrar erro nalgum deles e se esse erro não for corrigível, mais vale não sujeitar o doente a um esforço desnecessário.

3) Análise dos gases expirados

A análise dos gases expirados pode ser feita em câmaras de mistura (análises de 30 em 30 segundos) ou com analisadores rápidos que permitem o registo *breath by breath*, como o espectómetro de massa ou o analisador de zircónio ou paramagnético para o O₂ e o analisador de infravermelhos para o CO₂. Os valores obtidos são apresentados em médias de 30 ou de 60 segundos para minimizar as flutuações.

4) ECG e TA

O ECG deve ser feito constantemente durante toda a prova, utilizando as 12 derivações clássicas.

A pressão arterial pode ser medida com um sistema automatizado ou manualmente.

5) Oximetria de pulso e gasimetria arterial

A oximetria de pulso é efectuada durante todo o esforço e registada de minuto a minuto. São preferíveis as sondas auriculares às de dedo, por causa das variações resultantes do movimento e da posição da mão no volante da bicicleta. O oxímetro escolhido deve ser pouco sensível ao movimento. Qualquer dessaturação significativa deve ser confirmada com a determinação dos gases do sangue.

Nalgumas situações, como por exemplo a suspeita de doença do interstício ou de alteração da relação ventilação/perfusão, justifica-se a utilização de métodos invasivos, de preferência cateterismo arterial, que

permite a determinação do V_D/V_T e do gradiente alvéolo capilar. Se tal não for possível, pode usar-se sangue capilar do lóbulo da orelha ou fazer pelo menos duas colheitas arteriais, uma no início, em repouso, e outra perto do esforço máximo. Facilita a análise dos dados obtidos se o material escolhido permitir a introdução *off line* dos resultados da gasimetria e fazer os cálculos necessários.

6) Cartas de *scores* de dispneia e fadiga

A utilização das escalas que quantificam a dispneia e a fadiga são importantes para a análise final da prova e dos factores limitantes do exercício.

Deve ainda ser sempre registado o motivo da interrupção do exercício, dado pelo doente, assim como o parecer do observador.

7) Análise dos dados obtidos

Controle de qualidade – calibração

A calibração diária ou de doente para doente, deve ser cumprida escrupulosamente, de acordo com o serviço e com as indicações do fornecedor do aparelho. Seria ideal fazer colheitas simultâneas em aparelhos diferentes, usando por exemplo uma prova de carga fixa. É obviamente difícil consegui-lo na maior parte dos laboratórios; a alternativa será fazer regularmente exames ao mesmo grupo de pessoas. A variabilidade aceitável é de 6%.

Nalguns sistemas é necessária a introdução diária do valor da temperatura ambiente e da pressão atmosférica. Outros sistemas têm a possibilidade de incorporar esses valores automaticamente. Estes são fundamentais para os cálculos de vários parâmetros que o computador faz a partir dos resultados obtidos.

Recomendação

Um erro de entrada ou um mau funcionamento do barómetro ou do termómetro do sistema conduz pois a resultados não utilizáveis. É importante que haja a possibilidade em qualquer laboratório de medir as condições ambientais.

8) Procedimentos de segurança e material de ressuscitação disponível

Será sempre necessário colher uma História Clínica e um exame objectivo sumário do utente. A análise da razão pela qual uma, ou mais, provas são pedidas deve ser igualmente feita.

O doente deve ser completamente informado do que consta a prova e do que se lhe pede que execute, assim como eventuais riscos associados. Deve ter consciência de que se lhe pede por vezes um esforço máximo, e que a prova poderá ser interrompida se houver algum sinal ou sintoma impeditivo.

Recomendação

Se possível, o doente deve experimentar antes do exame a bicicleta ou o tapete; para além de nos dar logo uma ideia sobre a sua capacidade de adaptação, ajuda-o a vencer o temor inicial sobre um exame que nunca efectuou. No fim deverá ser interrogado, sobre o que sentiu como limitação do

esforço e se possível quantificar essa limitação, usa-se normalmente a Escala de Borg modificada, para esse fim.

Deve estar disponível material de ressuscitação cardio-respiratória.

São indicações para interromper o teste de exercício:

- Dor torácica.
- Desmaio ou palidez intensa.
- Alterações significativas do ECG.
- Descida da pressão sistólica superior a 20 mmHg em relação ao repouso.
- Subida da pressão sistólica acima de 25 mmHg (ou diastólica acima de 12 mmHg).
- Dessaturação grave (inferior a 80%).
- Atingimento da frequência cardíaca máxima.

Protocolos

Existem numerosos protocolos para o teste de exercício. O protocolo de Bruce, por exemplo, com degraus de 3 minutos de incremento de carga, é utilizado pela Cardiologia para pesquisar hipoxemia miocárdica e alterações de ritmo. Os incrementos são muito superiores aos que usamos habitualmente em Pneumologia. Poderemos resumir os protocolos que utilizamos em dois grupos.

1. Protocolos de carga fixa

Consistem em utilizar uma carga única, durante um determinado período, normalmente 6 minutos.

Ao fim de 3 minutos o consumo de O₂ e a produção de CO₂ estabilizam se a carga for inferior à necessária para provocar anaerobiose. Com cargas superiores ao limiar de anaerobiose o consumo de O₂ não estabiliza e vai subindo até ao consumo máximo.

É possível com estas provas conseguir a determinação do consumo máximo e do limiar de anaerobiose, desde que seja possível repeti-las em número suficiente. Como isso não é prático, passaram-se a usar para esse fim, as provas de carga crescente.

Actualmente as provas de carga fixa destinam-se sobretudo a esclarecimento de situações em que possam existir alterações da relação ventilação/perfusão ou da difusão, a treino de exercício, a prescrição de O₂ no exercício, a controle de tratamento, etc.

Poderíamos fazer ainda testes de carga fixa para pesquisar intolerância ao exercício, tentando simular em laboratório uma carga correspondente à que o doente diz causar-lhe desconforto.

2. Protocolos de carga crescente

Nestes protocolos são utilizadas cargas crescentes aumentadas de minuto a minuto (em rampa ou em *step*) e o doente é instruído a pedalar a um ritmo certo até à exaustão, ou a parar devido a sinais ou sintomas (pode-se fazer logicamente o mesmo, no tapete). O incremento escolhido é de um minuto (em degrau ou em rampa) para conseguir uma subida harmoniosa do VO₂, sem planaltos.

Estas provas são seguras, fazem-se rapidamente e o doente tem um tempo de recuperação curto (ao contrário das provas de carga fixa).

Os protocolos de carga são adaptados ao doente e destinam-se a provocar a exaustão entre 8 e 12 minutos.

Há algumas fórmulas para cálculo do incremento, mas no fundo o que se pretende é distribuir a carga máxima prevista, ao longo do tempo, para conseguir a exaustão ao fim de cerca de 10 minutos; entra-se sempre em consideração com o tipo de actividade física que o doente cumpre no seu dia a dia, com o sexo e com a existência de doença prévia. Usamos a **fórmula de Wasserman** que consiste no seguinte:

$VO_2 \text{ EM REPOUSO} = 150 + (6 \times \text{PESO EM KG})$ $VO_2 \text{ PEAK} = \text{ALTURA EM CM} - \text{IDADE} \times 20 \text{ PARA O SEXO MASCULINO, } \times 14 \text{ PARA O SEXO FEMININO (SEDENTÁRIOS)}$ $\text{INCREMENTO EM WATTS} = (VO_2 \text{ PEAK} - VO_2 \text{ EM REPOUSO}) / 100$

O cálculo é arredondado para o múltiplo de 5 mais perto, para cima ou para baixo se o paciente é sedentário ou tem vida activa intensa, ou se há por exemplo patologia prévia evidente.

Recomendação

Com a prática a tarefa da escolha do tipo de teste torna-se fácil. Uma prova demasiado rápida, com incremento exagerado ou demasiado lenta conduz a determinações erradas de VO_2 max e à dificuldade de determinar com clareza o limiar de anaerobiose.

Na bicicleta escolhem-se cargas entre 5 e 25 watts/min, no tapete, 4.8 – 5.6 km por hora com uma subida de 1-2% de inclinação por minuto (protocolo de Balke modificado).

Em todos estes protocolos há sempre medições em repouso e um período de aquecimento sem carga de cerca de 3 minutos. Após o atingimento do esforço máximo há um período de recuperação, também a pedalar sem carga durante 2 a 3 minutos.

Avaliação da força dos músculos respiratórios. Pressões máximas respiratórias (PMR)

A determinação das pressões máximas respiratórias (PMR) permite quantificar de forma rápida, simples e segura, a força dos músculos respiratórios.

A pressão inspiratória máxima ($P_{I\max}$) é um índice da força dos músculos inspiratórios (diafragma e intercostais), enquanto a pressão expiratória máxima ($P_{E\max}$) mede a força dos músculos expiratórios (abdominais e intercostais). Para a medição das PMR pode utilizar-se um transdutor de pressões incorporado no pletismógrafo ou um manómetro portátil¹⁵. Em qualquer dos casos deve existir um dispositivo de fuga acoplado ao sensor ou ao pneumotacógrafo, com 1 ou 2 mm de diâmetro interno para permitir uma pequena fuga de ar durante as manobras, impedindo assim a geração de pressões pelos músculos da face e o encerramento da glote.

Procedimento

– Pressão inspiratória máxima

Após colocar a peça bucal e a pinça nasal, o doente deve respirar em volume corrente, durante 2 ou 3 ciclos respiratórios.

Procede então a uma expiração tão completa quanto possível até ao nível do volume residual. Nessa altura, o técnico acciona o encerramento da válvula, devendo o utente inspirar contra a válvula fechada tão fortemente quanto conseguir. Após 2 segundos de força sustida termina a manobra e o indivíduo

poderá então retirar o bocal. Em alguns equipamentos, a reabertura da válvula é automática ao fim de 2 segundos.

– Pressão expiratória máxima

Após colocar a peça bucal e a pinça nasal, o doente deve respirar em volume corrente, durante 2 ou 3 ciclos respiratórios.

Procede então a uma inspiração tão completa quanto possível até ao nível da capacidade pulmonar total. Nessa altura, o técnico acciona o encerramento da válvula, devendo o utente expirar contra a válvula fechada tão fortemente quanto conseguir. Após 2 segundos de força sustida, termina a manobra e o indivíduo poderá então retirar o bocal.

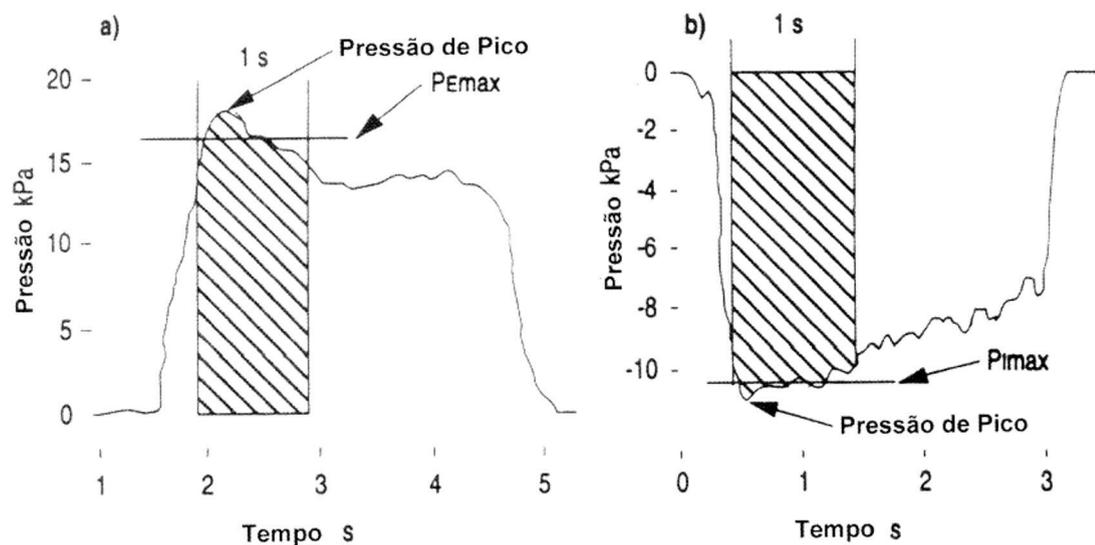
Controlo de Qualidade

O registo da pressão deve mostrar um esforço sustido entre 1 a 3 segundos. Deverá verificar-se um planalto de pressão após o esforço inicial (ver figura 9). Se o equipamento não permitir o registo, deve observar-se no ecrã o mesmo planalto de pressão.

Devem ser registadas pelo menos 5 manobras de $P_{I_{max}}$ e de $P_{E_{max}}$.

Os dois melhores valores não devem variar entre si mais do que 5% ou 10cm H₂O (o que for maior).

O valor máximo obtido para a $P_{I_{max}}$ e a $P_{E_{max}}$ deve ser registado.



(Adaptado de Hamnegard, 1993)

Fig. 9 – Pressão de Pico e Pressões Máximas respiratórias. As áreas a tracejado correspondem à pressão média sustida durante um segundo e determinam o valor da $P_{E_{max}}$ e da $P_{I_{max}}$, respectivamente (ref¹⁵)

Limitações ao método

Para além das contra-indicações comuns a outros estudos da função respiratória (ex.: angor instável, hipertensão sistémica não controlada), são contra-indicações a este método a ocorrência recente de pneumotórax, traumatismo da coluna vertebral e a realização recente de biópsia pulmonar ou cirurgia.

São indicações para suspensão imediata do teste a ocorrência de síncope, angor ou de tonturas. Podem implicar a suspensão das manobras, a confusão mental ou cefaleia, a náusea ou o vómito e as câibras musculares. Embora raros, podem ocorrer os seguintes acidentes durante a medição das pressões máximas respiratórias: rotura do tímpano, exacerbação de hemorróidas, hemorragia conjuntival, ou mesmo síncope.

Recomendações

O utilizador deve segurar as bochechas com as mãos nas manobras expiratórias.

Caso se verifiquem fugas de ar entre os lábios e o bocal, o técnico deve coaptar bem os lábios do utilizador ao bocal.

Sendo uma técnica altamente dependente da motivação do doente, recomenda-se que este possa visualizar o ecrã enquanto faz as manobras, para que tenha um *feedback* que o incite a realizar as manobras com o máximo de esforço.

GASES NO SANGUE

O doseamento dos gases no sangue reveste-se de uma importância chave no estudo funcional respiratório, sendo em certas situações clínicas o único meio de controlar a evolução do doente. Considerando as indicações fornecidas, a análise dos gases no sangue arterial é dos métodos mais informativos sobre o conjunto dos elementos envolvidos na respiração. Comparando a colheita de sangue venoso com a de sangue arterial, esta é mais difícil e propícia a mais complicações. A pressão vascular, muito mais elevada, aumenta a probabilidade de hemorragia profusa. A formação de coágulo volumoso ou de um espasmo prolongado, por suprimir o afluxo vital de oxigénio aos tecidos, pode resultar em danos irreparáveis.

No entanto, a ampla aplicação clínica da gasimetria arterial determina que esta técnica deva ser dominada em boas condições, não só por pneumologistas, como por intensivistas, técnicos de laboratório ou de pneumocardiografia e enfermeiros, após treino adequado.

As amostras de sangue arterial, pelo seu elevado conteúdo gasoso, são muito vulneráveis às incorrecções de manuseio.

Antes de se realizar a punção arterial, o doente deve compreender os objectivos a alcançar por esta análise e a sua importância. Além da criação de um ambiente de segurança, e porque no decurso deste exame surge habitualmente desconforto, é mandatário encurtar o mais possível a duração da punção.

Colheita da Amostra

1. Escolha de Local

A escolha do local da punção deve basear-se, caso a caso, na acessibilidade, segurança e conforto do paciente. Os três vasos mais procurados para amostragem de sangue arterial no adulto são a artéria radial, a braquial e a femoral. Outras artérias que se pode tentar puncionar são: a axilar, a cubital, a dorsal do pé

e a superficial temporal. A carótida deve ser evitada, devido ao seu potencial para embolismo cerebral ou por lesões a estruturas vitais adjacentes.

O vaso ideal para ser puncionado deve ser grande e superficial e deve ser de fácil acesso. Deve estar tão fixo aos planos adjacentes quanto possível, de preferência um osso ou outro tecido sólido. Não deve confundir-se ou sobrepor-se a grandes veias ou nervos que possam predispor a contaminação venosa ou a dor aguda no momento da punção. Mais importante ainda é saber se outras artérias poderão manter a perfusão aos tecidos distais, caso a artéria puncionada venha a ficar obstruída.

2. Material Necessário

Para colher correctamente uma amostra de sangue arterial, o equipamento mínimo mais simples inclui uma seringa, anticoagulante, um contentor para o transporte (eventualmente com gelo), compressas com álcool ou com outro desinfectante e adesivo.

Seringa

Para a colheita de sangue arterial do adulto médio, deve escolher-se uma seringa hipodérmica (Fig.10), com uma agulha de bisel curto calibre 20 a 22, de canhão claro. A opção pela capacidade da seringa deve corresponder ao volume da amostra a recolher, para evitar a excessiva diluição da amostra em anticoagulante. O comprimento das agulhas, entre 2 a 4 cm, deve variar de acordo com a artéria visada, sendo as maiores agulhas destinadas à artéria braquial e à femoral.

Em crianças, deve preferir-se uma agulha de calibre 25, com seringa de 1 a 3 mL, para minimizar o traumatismo do vaso e a hemorragia. A mesma escolha deverá corresponder ao paciente anti-coagulado, apesar destes calibres pequenos prejudicarem a visualização da pulsação arterial.

A evolução dos conceitos favorece, portanto, o fabrico de seringas em plástico, de uso único, e cada vez mais os modelos disponíveis são deste tipo, com diversas variantes adaptadas à punção arterial.

Transporte da Amostra em Gelo

Caso o sangue arterial não seja imediatamente estudado, deve ser acondicionado para não sofrer alterações significativas. Havendo no sangue células vivas, as mesmas consomem O_2 e produzem CO_2 , alterando assim os valores reais dos mesmos. A melhor maneira de evitar estes erros é conservar a temperatura da amostra a 1 a 5°C, condições em que os valores se manterão por duas horas, desde que a PaO_2 seja inferior a 150 mmHg.

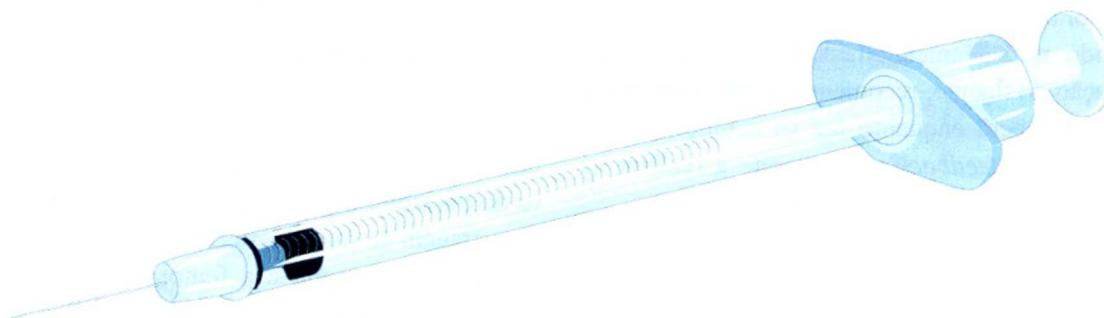


Fig. 10 – Seringa para colheita de gases no sangue

Procedimento

Condições Gerais

- O paciente deve estar sentado ou deitado, e esta posição deve ser mencionada no relatório do resultado. Deve ainda repousar nessa posição, pelo menos 10 minutos antes de lhe ser colhida a amostra. Outras posições corporais alteram substancialmente os resultados⁶. Caso o doente tenha variado o seu estado de ventilação ou de percentagem de oxigénio no ar inspirado, deve esperar-se 20 a 30 minutos antes de colher a amostra de sangue arterial. Em indivíduos saudáveis deve esperar-se cerca de 5 minutos, a fim de atingir um ponto de equilíbrio da amostragem arterial.
- Deve conhecer-se a situação clínica, eventualmente o diagnóstico.
- Deve sempre ser referido, junto ao resultado, se o doente inalou oxigénio ou se foi sujeito a ventilação mecânica.
- Deve ter-se em atenção as condições de anticoagulação e de controlo da infecção respeitantes ao paciente.

Além destas condições de equilíbrio, deve tentar-se abordar o doente, como foi referido, calmamente, e realizar a colheita tão rápido quanto possível. Deverá ter-se consciência que a dor e a ansiedade da recolha da amostra pode produzir por si mesma alterações ventilatórias que, por seu turno, alteram os resultados da análise.

Técnica da punção da artéria radial

- Doente sentado ou deitado, em decúbito supino.
- Punho em extensão, de cerca de 30°, se possível com a ajuda de um rolo de tecido sob o mesmo.
- Desinfecção da pele com compressa embebida em álcool a 70° ou Betadine dérmico.
- Segurar-se a seringa heparinizada numa mão, como se faria com um lápis ou um dardo, e com os dedos indicador e médio da outra mão localizar a artéria, fixando-a entre si com firmeza, mas sem exercer muita pressão, enquanto se efectua a punção com a agulha inclinada a 45° ou menos, com o bisel voltado para a corrente sanguínea. Este trajecto “quase paralelo” minimiza o trauma da parede do vaso e proporciona um trajecto intraluminal mais longo.
- Avançar a agulha devagar, pois a estrutura muscular e espessa da parede arterial pode facilitar o trespasses completo do vaso.
- Após se obter uma amostra de 3 a 4 ml de sangue, retira-se o conjunto seringa-agulha, colocando-se de imediato uma gaze estéril sobre o local da punção.

Deve aplicar-se uma pressão digital firme e constante durante um mínimo de 5 minutos. Este período deve ser um pouco superior caso a punção tenha sido na artéria femoral. Dois minutos depois do alívio desta pressão, deve verificar-se o local da punção; caso persista o menor sinal de hemorragia, ou se houver hematoma, deve continuar-se a pressão até que cesse a hemorragia. É necessário um maior período de pressão no doente a tomar anticoagulantes ou com doenças hemorrágicas (15 a 20 minutos).

Controlo da Infecção

Deve ser conhecida qualquer condição clínica transmissível pelo contacto com sangue. A SIDA é o protótipo destas situações e deve ter-se em conta a possibilidade de o doente ser portador do vírus em fase

precoce, assintomática. Outras infecções que devem ser levadas em conta são a hepatite viral, a sífilis, a doença de Creutzfeld-Jakob e a septicemia. Os profissionais de saúde que lidam com sangue devem ter actualizada a sua imunização para a hepatite B. No entanto, para fins práticos, *todas as amostras de sangue devem ser manuseadas como se estivessem infectadas*, porque sobretudo no caso da SIDA, muitos dos casos podem ser assintomáticos de início.

É de recomendar a lavagem diligente das mãos e o uso de luvas na colheita de sangue arterial. As luvas devem ser mudadas ao passar de um doente para outro, e é bom insistir que o uso de luvas não substitui a lavagem das mãos.

As agulhas não devem ser manipuladas após a colheita! Não devem ser recobertas no seu invólucro plástico e não devem ser dobradas ou partidas à mão, qualquer que seja o método, pois estas manobras são responsáveis pelo grande número de picadas acidentais que ocorrem em profissionais de saúde. O seu destino deve ser, de imediato, um contentor resistente à picada, que deve estar tão próximo quanto possível do local da punção.

Condições Gerais que Afectam a Colheita e Erros a Evitar

Anticoagulação

Antes de mais, há que averiguar se o paciente usa ou usou recentemente anticoagulantes ou antiagregantes plaquetários. Nestes casos, há que tomar medidas preventivas suplementares, pois as complicações são mais prováveis. A colheita de sangue arterial pode, por princípio, ser planeada para cerca de 30 minutos antes da próxima dose de anticoagulante. Também o uso de agentes trombolíticos agrava imenso a probabilidade de hemorragia após punção arterial. Deve levar-se em conta a presença de alterações da coagulação, como a hemofilia, uma baixa contagem de plaquetas ou o prolongamento do tempo de hemorragia. Qualquer destas situações justifica cuidados semelhantes aos da terapêutica anticoagulante.

Erros a evitar

A análise dos gases no sangue arterial e do pH está sujeita a muitos erros. O atraso no processamento da amostra por mais de uma hora resulta em aumento significativo da PO_2 e da PCO_2 , e na diminuição do pH. O excesso da heparina sódica (se superior a 10% do volume da amostra) faz diminuir o pH e a PCO_2 e aumentar a PO_2 . Já na colheita de sangue arterializado capilar, o atraso de uma hora no processamento da análise parece tolerável⁶, permitindo o controlo domiciliário numa situação arrastada, ou necessitando de ventilação no domicílio. As bolhas de ar (acima de 10% do seu volume), caso sejam deixadas na seringa por mais de 10 minutos, já causam o aumento significativo da PO_2 . Desde 1995, há uma tabela de recomendações a seguir no processamento pré-analítico das amostras de sangue arterial⁷.

- Se a agulha avançar muito depressa, é aceitável que seja retirada devagar, até iniciar o fluxo de sangue para o interior da seringa. Do mesmo modo, pode redireccionar-se a agulha com cuidado, caso a tentativa inicial falhe a entrada no lume arterial. A reorientação da agulha não deve ser tentada enquanto a sua ponta se encontra profundamente nos tecidos, porque, dessa forma, aumenta ainda mais o risco de traumatismo dos mesmos. Em vez disso, deve retirar-se a ponta da agulha quase até à pele, antes de a redireccionar.
- Deve evitar-se contaminar a amostra com sangue venoso, mesmo que em mínima quantidade. Essa ocorrência pode determinar uma queda significativa da PaO_2 relativamente à verdadeira, e deve repetir-se a colheita até obter uma amostra genuína de sangue arterial. Esta dúvida é, por

vezes, difícil de resolver. Os melhores critérios de qualidade da amostra são ainda a *pulsção* viva do sangue à entrada da seringa, e o *enchimento automático* da seringa por efeito da pressão arterial.

- No doente hipotenso ou caso se use uma agulha de calibre inferior a 25, pode ter de se aplicar uma sucção ligeira à seringa, mas caso não se observe a pulsção do sangue no interior da mesma, deve suspeitar-se de se tratar de sangue venoso. A sucção excessiva degrada a amostra, alterando os resultados.

Complicações da Punção Arterial

Uma complicação séria, embora pouco frequente, da punção arterial é a trombose. A possibilidade de hemorragia é também de ponderar, especialmente nos pacientes sob terapêutica anticoagulante ou que sofram de alterações da coagulação sanguínea. A formação de hematoma é comum, sobretudo no idoso, porque este doente pode carecer de tecido elástico suficiente para ocluir o local de punção. A incidência de hematoma depende directamente do calibre da agulha usada. Pode ainda ocorrer espasmo arterial secundário à dor ou ansiedade. Raramente podem ocorrer respostas de tipo vasovagal, que podem assumir forma de desconforto pré-cordial, ansiedade, sensação de morte iminente, náusea ou dificuldade respiratória. No entanto, a frequência de complicações da punção arterial é baixa, estando ao alcance de qualquer clínico diferenciado em cuidados respiratórios ou de outros elementos técnicos da equipa.

Recomendações

Pequeno Relatório de Amostra

Como na maioria das vezes a colheita não é efectuada pelo mesmo indivíduo que a interpreta, há toda a conveniência em fazer acompanhar a amostra, e os resultados da sua análise, dum pequeno relatório, documentando o estado do doente nessa altura.

Essa informação, para além de incluir o nome do paciente, a data e a hora da colheita, deve referir se a mesma foi efectuada em rotina ou em emergência e o diagnóstico provisório. O nome do médico que a requisitou, as iniciais de quem a colheu e o local da colheita também devem ser mencionados.

A temperatura e a frequência respiratória no momento da amostragem também interessam, tal como a posição do paciente e o seu grau de actividade ou de mobilidade (agitado, comatoso). A concentração de hemoglobina, o tipo e débito de oxigénio suplementar no ar inspirado, bem como as pressões contínuas usadas em ventiloterapia, eventualmente (CPAP, BiPAP) também são necessários para a correcta interpretação dos resultados.

Se estes dados podem ser suficientes num doente sem prótese ventilatória, no doente sob ventilação mecânica tem de se conhecer muito mais informação. O tipo do ventilador, o modo de ventilação, a frequência respiratória da máquina e a frequência real do doente são dados necessários, mas o nível de PEEP, a FiO_2 e o volume corrente expirado devem ser ainda anotados.

Assepsia

Na gasometria arterial, a colheita da amostra deve ser realizada com método asséptico. Este consiste na minimização do risco de infecção para o doente. Usa-se um algodão com álcool ou uma compressa com Betadine, para limpar bem a pele antes da punção. Após a colheita, deve ter-se à mão uma compressa esterilizada de 10x10 cm, para realizar a hemostase de forma segura, com pressão forte no local onde se

efectuou a punção. Pode continuar-se a pressão local se usarmos penso compressivo, com a ajuda de fita adesiva. Não é rara a infecção nosocomial no local de colheita de sangue arterial, quando esta é efectuada para colocação de cateteres de monitorização e colheita. Para o evitar, há que respeitar a assepsia e, antes deste acto, lavar previamente as mãos.

Anestesia local

O objectivo de se anestésiar previamente o local de colheita de sangue arterial é de diminuir a dor e a ansiedade ligadas a este acto, diminuindo assim a probabilidade de surgir hiperventilação e alteração dos valores dos gases no sangue. No entanto, a maior parte dos clínicos não usa anestesia local, que pode acrescentar riscos, dificulta a hemostase, aumenta o custo deste acto e acaba por ser tão penosa como a própria punção arterial. Caso se opte pela anestesia local, pode usar-se lidocaína a 1%, com uma agulha hipodérmica de calibre 25 ou 26. O anestésico é introduzido sob a pele, na proximidade do vaso a punccionar.

CONCLUSÕES

Este trabalho procurou demonstrar que, além do controle de qualidade global nos estudos da função pulmonar, válido para todos os testes, existem ainda em cada um destes testes factores que interferem com a qualidade específica de cada um deles e que se torna necessário ter em atenção e controlar, de modo a que os resultados, além de exactos, possam também ser correctamente analisados.

Procurou-se assim evidenciar que o não cumprimento das normas em vigor, fruto da investigação e experiência do dia a dia, levam a erros importantes na interpretação das diferentes situações clínicas, arrastando consigo diagnósticos errados e, conseqüentemente, terapêuticas inadequadas.

É importante não esquecer que a rigidez aparente dos procedimentos expostos em função dum eficiente controlo de qualidade poderá em regra ser suprida pela actuação competente, de certo modo intuitiva, ditada pela experiência, de um técnico cardiopneumologista. Acresce que a evolução dos equipamentos e seu *software* nos dão hoje em dia, neste campo, uma colaboração apreciável. O ideal será a conjugação sensata de todos os factores referidos.

BIBLIOGRAFIA

1. REIS-FERREIRA JM, PAES-CARDOSO A, CALDEIRA L, GUARDADO A, PEDROSA H, FARIA D. Provas de Função Pulmonar. Controlo de Qualidade. Aspectos Gerais (1ª parte). Rev Port Pneumol 1999; V (4): 393-404.
2. RODRIGUES F. Manual de Procedimentos do Laboratório de Função Respiratória. Contributo para a uniformização de procedimentos. Rev Port Pneumol 2000; VI (1): 5-76.
3. AMERICAN THORACIC SOCIETY. Standardization of Spirometry. 1994 Update. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152: 1107-1136.
4. RUPPEL GL. Spirometry and Related Tests in Manual of Pulmonary Function Testing, 7th edition, Mosby Ed., St Louis 1998; 27-68.
5. AMERICAN THORACIC SOCIETY. Pulmonary Function Laboratory Management and Procedure Manual 1998.
6. RUPPEL GL. Lung Volumes and Gas Distribution Tests in Manual of Pulmonary Function Testing, 7th edition, Mosby Ed., St Louis 1998; 69-94.
7. AARC Clinical Practice Guideline Static Lung Volumes Respiratory Care 1994; 39 (8): 830-836.

8. PAES-CARDOSO A, REIS-FERREIRA JM. –Oscilometria de impulso – novo método de avaliação da função respiratória Rev Port Pneumol 1998; IV (2): 175-205.
9. VOGEL J, SMITH U. Impulse Oscillometry PMI Verlags Gmbh, Frankfurt am Main 1994.
10. Am J Respir Crit Care Med 2000; 161: 309-329.
11. EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY – Standardized lung function testing – Eur Resp J 1993; Vol 6, suppl. 16.
12. SILVA LCC et al. Avaliação Funcional Pulmonar –Revinter, Rio de Janeiro, 2000.
13. COUTO A; REIS-FERREIRA JM. O Diagnóstico Funcional Respiratório na Prática Clínica – ed. Fundação Calouste Gulbenkian – Lisboa 1992.
14. WASSERMAN K, HANSEN JE, SUE DY, CASABURI R, WHIPP BJ. Principles of Exercise Testing and Interpretation 3^a ed., Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia 1999.
15. HAMNEGARD C-H, WRAGG S et al. Portable measurement of maximum mouth pressures. Eur Respir J 1994; 7: 398-401.
16. BIRD CM, REVILL SM, VARA DD, MORGAN MD. The effect of a time delay on the measurement of capillary blood gases. Respir Med 1996; 90, 2: 107-109.
17. BURNETT RW, COVINGTON AK, FOGH-ANDERSEN N, KULPMANN WR, MAAS AH, MULLER PLATHE O, SI-GAARD ANDERSEN O, VAN KESSEL AL, WINBERLEY PD, ZIJLSTRA WG. International Federation of Clinical Chemistry (IFCC) Scientific Division. Committee on pH, blood gases and electrolytes. Approved IFCC recommendations on whole blood sampling, transport and storage for simultaneous determinations of pH, blood gases and electrolytes. Eur J Clin Chem Clin Biochem 1995; 33, 4: 247-253.