الباب السابع

التغيرات الكمية
نتيجة
تسمم الجهاز التنفسي
بالسموم و الملوثات البيئية

التغيرات الكمية نتيجة تسمم الجهاز التنفسي بالسموم والملوثات البيئية

تهدف اختبارات الوظائف الرئوية إلي تتبع و تقدير التغيرات الكمية في الجهاز التنفسي و هي تغيرات في الصفات الميكانيكية للجهاز التنفسي و فاعلية التبادل الغازي و يوضح الجدول التالي رقم (٧-١) عدد من البارامترات ذات الصلة بالوظائف الرئوية :

جدول رقم (٧-١) : البارامترات المستخدمة في قياس الوظائف الرئوية:

البارامتر	تعريفة
معدل التنفس (Breathing rate)	عدد مرات التنفس في الدقيقة
حجم تيدال (Tidal volume)	حجم الهواء المتبادل /حركة تنفسية واحدة
الحجم الدقيق (Minute volume)	حجم الهواء المتبادل /دقيقة
السعة الكلية للرئة (Total lung capacity: TLC)	الحجم الكلي للهواء في الرئتين
السعة الحيوية (Vital capacity :VC)	حجم هواء الزفير عقب أقصي زفير لأقصي شهيق حدث
الحجم الوظيفي المتبقي (Functional Residual Volume :FRV)	حجم الهواء المتبقي في الرئتين عقب أقصي زفير
المطاوعة : المرونة (Compliance)	دليل عدم تبيس الجهاز التنفسي
حجم الزفير بالدفع (Forced Exhaled Volume FEV/time unite:	أقصي حجم زفير / زمن دفع الزفير حيثFEV هي الحجم المدفوع بالزفير/ث - MEV
النضح الرئوي (Lung perfusion : LP)	التبادل الغازي عبر حاجز غاز الدم في الحويصلات
سعة الانتشار (Diffusing capacity)	سعة انتشار الغاز (الملوث) في الدم وهواء الرئة
تحليل غازات الدم (Blood gas analysis)	تحليل الدم لتقدير تركيز الغاز في الدم

و عدد كبير من الاختبارات تم تطويره لتقيم الوظيفة الرئوية و أغلبها مبني علي تركيز مثل هذه الملوثات في عدد من الحالات و المعطي لها تعليمات مكثفة عن الحركات التنفسية و تنفيذها .

و هذا يعني أن هزة الاختبارات ليست جاهزة لمعاملتها علي حيوانات التجارب و لهذا السبب فالحركات التنفسية تحتاج إلي قوة للدفع و هذا يعني أن الحيوانات لابد وأن تستخدم مع أنابيب (In tubated) تدخل الفم و حتى القصبة و هي مخدرة .

ففي أبحاث الحيوانات توجد حاجة كبيرة إلي اختبار طرق يمكن استخدامها مع الحيوانات مباشرة و تلقائية . و هذا التطور يسير موازيا

للتطور في الدواء البشري و كذلك فهناك أختبارات رئوية لا تحتاج لتعـــاون المرضي أي لا تعتمد علي تعاون منهم أثناء إجرائها و الغرض منها تحاشـــي توظيف عدد منها علي المرضي (Putting much strain) خاصة مـــع حديثـــي الولادة و الأطفال .

تقنيات القياس(measuring techniques) :

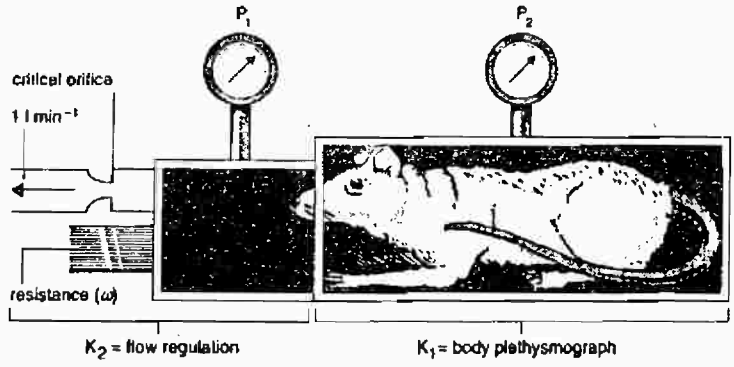
١. معدل تدفق الهواء (Air flow rate : V) :

يقاس عادة معدل تدفق الهواء بالقياس المباشر لتدفق الهواء إلـــي ومـــن خلال مقاومة التدفق (Flow resistance) ثم قياس الخفض الحادث عقـــب هـــذه المقاومة و الذي يكون في صورة مسار بحيث تكون العلاقة بين الانخفـــاض في الضغط و معدل التدفـــق خطـــي (Linear :laminar flow) و هنـــا يكـــون الانخفاض في الضغط عند أقص معدل تدفق

والتدفق الخطي يتحصل عليه من إحلال عـــدد كبـــير مـــن الأنـــابيب المتوازية لبعضها (Fleich pneumotracho graph) أو باستخدام واحدة أو أكثر من الطبقات الشبكية الدقيقة الثقوب (Fine meshed gauze : Lily pneumotracho graph) .

و الأحجام الصغيرة من التنفس لحيوانات التجارب ربما تقود و بســـهولة إلي إعادة تنفس غير مقبولة (Un acceptable rebreathing) فالهواء المستنشـــق لا يلبث و أن يخرج زفيرا بسرعة و هو ما يمكن ملا شـــاته باســـتخدام تدفـــق متحيز (Bias flow) كما بالشكل التالي رقم (٧-١) حيث تستنشـــق حيوانـــات التجربة الهواء من تيار هوائي مستمر يحافظ عليه بمســـاعدة فتحـــة حرجـــة تعطي مصدر من سريان الهواء الثابت : فإذا كان التغير فـــي ضغـــط تيـــار الهواء خلال الفتحة ٠,٥٢ جوي (٥٠ كيلو بار) فإن تيار هواء ثابت يعـــدل لأن معدل السريان خلال الفتحة يصل لسرعة الصوت .

و معدل السريان لا يمكن إطلاقا و أن يزيد سرعة الصوت (قانون بـــر نولي (Bernoulli law : $P = \frac{1}{2} mv_2$) و ذلك لأن مجموع تيار الهواء بسبب تنفس الحيوان و تيار الهواء علي العائق (المقاومة) يكون ثابت و عليه فإن التغـــير في الضغط يتغير مع تيار التنفس و معدل تيار الهواء نتيجة التنفـــس يمكـــن حسابه بتفاضل حجم التبادل (CV)



شكل رقم (٧-١) : قياس الوظيفة الرئوية لفأر حيث يوجد فاصل غشائي بين الغرفتين يحيط بالأنف

٢. قياس الحجم (Volume measurement):

حيث يتم قياس التغيرات في الحجم الناتجة عن التغير في الضغط و الذي يتناسب مع التغير في حجم الصدر (P) .

و يمكن قياس الحجم من خلال طريقين باستخدام نظام إما و أن يكون به الضغط ثابت أو الحجم يظل ثابت .

في حالة النظام ذو الضغط الثابت (Pressure constant) :

و هنا يوصل الجهاز التنفسي بجهاز الأسبيروميتر (Spirometer) بحيث يظل الضغط ثابت وتكون التغيرات في محتوي ناقوس الاسبيروميتر ناتج عن الحركات التنفسية و تقاس بالارتفاع في الناقوس و نظر للكتلة الكبيرة التي أحلت فإن النظام له استجابة تكرارية فقيرة (Poor frequency response) مؤدية إلي شكل محرف أو مشوه (Distorted) لتغيرات سريعة ،

و لقياس تيار الفم (Mouth flow) فإن الكتلة تختلف مع حركة التنفس و تسبب تغير في الضغط في نظام القياس وهذا التغير في الضغط يكون خطي مع التغير في الحجم بنظام التنفس ، فإذا كانت العمليات تزداد ببطيء و إذا كانت هناك حرارة كافية للتبادل مع الوسط المحيط فإن :

التغير في الضغط المقاس = -(التغير بحجم الإزاحة الصدرية x الضغط الكلي)/حجم هواء البلثموجراف

$$\Delta P = - \Delta V / (V \times P)$$

أما إذا حدثت العملية سريعا و بدون تبادل حراري (Adiabatic process) فإن

$$\Delta P = - 1,4 \Delta V / (V \times P)$$

٣-البلثموجراف (Plethysmo graph) :

حيث يوضع حيوان التجربة مقيد في صندوق القياس مع المواد المختبرة تجاه الإنسان و يتم اختبار تنفس الحيوان للهواء من صندوق قياس منفصل. وتكون التغيرات في الضغط بالصندوق مطابقة للحركات الصدرية للحيوان التجريبي المختبر ويقاس تيار التنفس (Flow of breath) بدون الإعتماد علي الفم

وفي هذه الطريقة البارومترية فإن الكائن المختبر يتنفس من صندوق القياس و الذبذبات الملاحظة في الضغط تكون ناشئة عن التغيرات في الإزاحة الصدرية و إزاحة الهواء . والتغير في الإزاحة يكون بسبب إضافة بخر الماء خلال عملية الاستنشاق و ارتفاع الحرارة للهواء المستنشق . و تضاعف الذبذبات في الضغط تكون متناسبة مع الإنفراد الكلي للطاقة للهواء المستنشق و بالتالي يكون دليل لحجم التنفس .

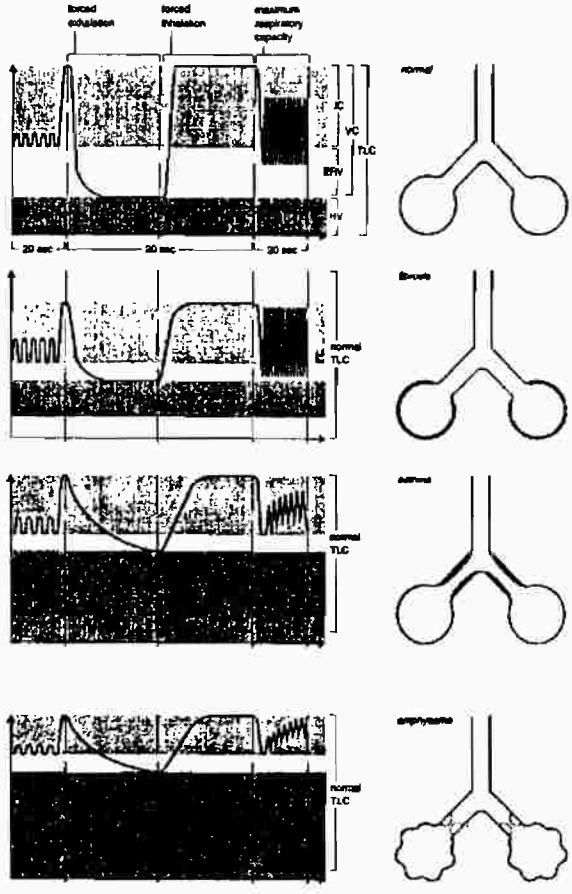
٤-حجوم الرئة و هواء الزفير المدفوع و الأسبيرومتري :

يتضح من الشكل التالي رقم (٧-٢) حجوم الرئة المختلفة و تأثيرات الحالات المرضية نتيجة التسمم فالزفير المدفوع عادة ما يظهر في معدل سريان منفصل : منحني حجمي (Volume curve) .

فأقصي حجم للزفير / ثانية (Maximum Exhaled Volume / 1 sec. : MEV / Sec.) تقل بقوة بواسطة اعتراض مسارات الهواء فالحركات التنفسية في الإنسان تتبه تجريبيا بواسطة التخدير أو بوضع أنبوب في القصبة ثم وضعهم في جهاز البليثموجراف . و بدلا من استخدام البليثموجراف لقياس الإزاحة الصدرية فإن ضغط سلبي يعامل حول الصدر لتنبيه أقصي استنشاق و عليه فالتغير في حجم الرئة يمكن حسابه من تكامل سريان التنفس و بتغير الضغط السلبي حول الصدر بسرعة لضغط موجب حتى يتبع بتغير مدفوع .

وتعتمد نتائج هذا الاختبار و بقوه علي الضغط الموجب و السالب المعامل . ولتقدير حجم الحجم المتبقي (Residual Vol. :R V) تحتاج أيضا لقياس إضافي فإذا كانت مسارات الهواء لحيوان معامل تجريبي مغلقة بعداد ضغط

فإن الضغط في الرئة يمكن قياسه و يمكن أيضا للجهاز تقديـــر التغـــير فـــي الحجم الصدري الناتج من حركات التنفس التلقائية للحيـــوان . و باســـتخدام قانون بويل و جاي لوساك (Boyle.s & Gaylussac) والمندمـــج فـــي المعادلـــة الرياضية التالية (TR = PV) يمكن حساب حجم الرئة بالإنسان أو حيوان .



جدول رقم (٧-٢) :أسبيروجرام الحالة العادية و الحالة المرضية الناجمة عن التسمم (تليف رئوي و أزمة و انتفاخ)

حيث TLC : السعة الكلية للرئة VC : السعة الحيوية

IC : السعة الإستنشاقية ERV : الحجم المتبقي بالزفير

RV : الحجم المتبقي

٥-الاستجابة(الامتثال) ومقاومة الهواء(Compliance & air way resistance) :

الاستجابة أو الإمتثال (Compliance) هو معدل التغير في حجم الرئة و التغير الضروري في الضغط الواقع علي الرئة لإعطائه التغير في حجم الرئة، ولطالما أن الاضطراب (Hysteresis : Gr.) يكون معقول فإن الامتثال يتحدد بالمواقف الإستاتيكية (Long term apnea) و لقياس الضغط تمرر قسطرة (Catheter) خلال التجويف البلوري .

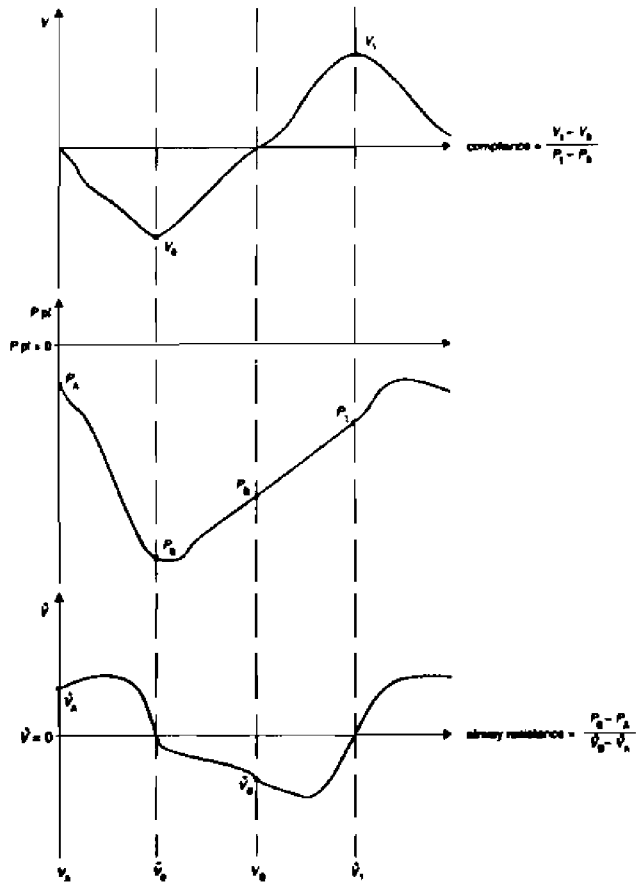
وهناك طريقة أخري أقل عدوانية أو أقل إحتياجية و هي إمرار بالون صغير متصل بعداد ضغط خلال المريء حيث يعتبر الضغط في المريء ممثل للضغط في التجويف الصدري .

و قياس الامتثال الديناميكي باستخدام جهاز البلثموجراف بواسطة تغير الضغط عند الفم خلال التنفس التلقائي .

والتغير الناتج في الحجم الرئوي يقدر بواسطة التغير في ضغط البلثموجراف والذي عليه يكون التغير في الضغط للتنفس التلقائي يكون زائد و علي أية حال يجب التذكر بأن الضغط الكلي يختلف بين الفم و البلثموجراف المستخدم هنا محل الضغط داخل البلورا (Intrapleural) .

و مقاومة مسار الهواء يمكن تقديره بالأسترة داخل البلورا كما بالشكل رقم (٧-٣) و الذي يشير للامتثال المندمج و مقاومة مسار الهواء لحيوان تجريبي يتنفس تلقائيا حيث يقاس الامتثال بقسمة الفرق في حجم الرئة عند لحظة توقف التنفس : أي الفرق بين الاستنشاق و الزفير و المتوقف علي الاختلاف أو الفرق في الضغط المقابل .

أما مقاومة مسار الهواء فتقدر بقسمة فرق الضغط المقاس علي فرق مسار الهواء عند حجم رئة ثابت خلال الاستنشاق و الزفير . وهناك تقنية ما زالت تحت التطوير و التي لا تحتاج تعاون من الحيوان المختبر وهي تقنية (Forced oscillation technique) .



شكل رقم (٧-٣) : أمثلة لقياس الامتثال و مقاومة تيار الهواء لحيوان يتنفس تلقائيا حيث :TV هي حجم تيدال V : معدل تدفق الهواء

Ppl هي الضغط داخل البللورا

أما الخطوط الرأسية فإن : V. V1 تشير للنقط علي المنحني التي لها معدل تدفق هوائ يساوي صفر

V_A V_B تشير للنقط التي عندها حجوم الرئة متماثلة خلال الشهيق و الزفير