



كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023

دليل الطالب للجلسة العملية الثالثة

فيزيولوجيا التنفس

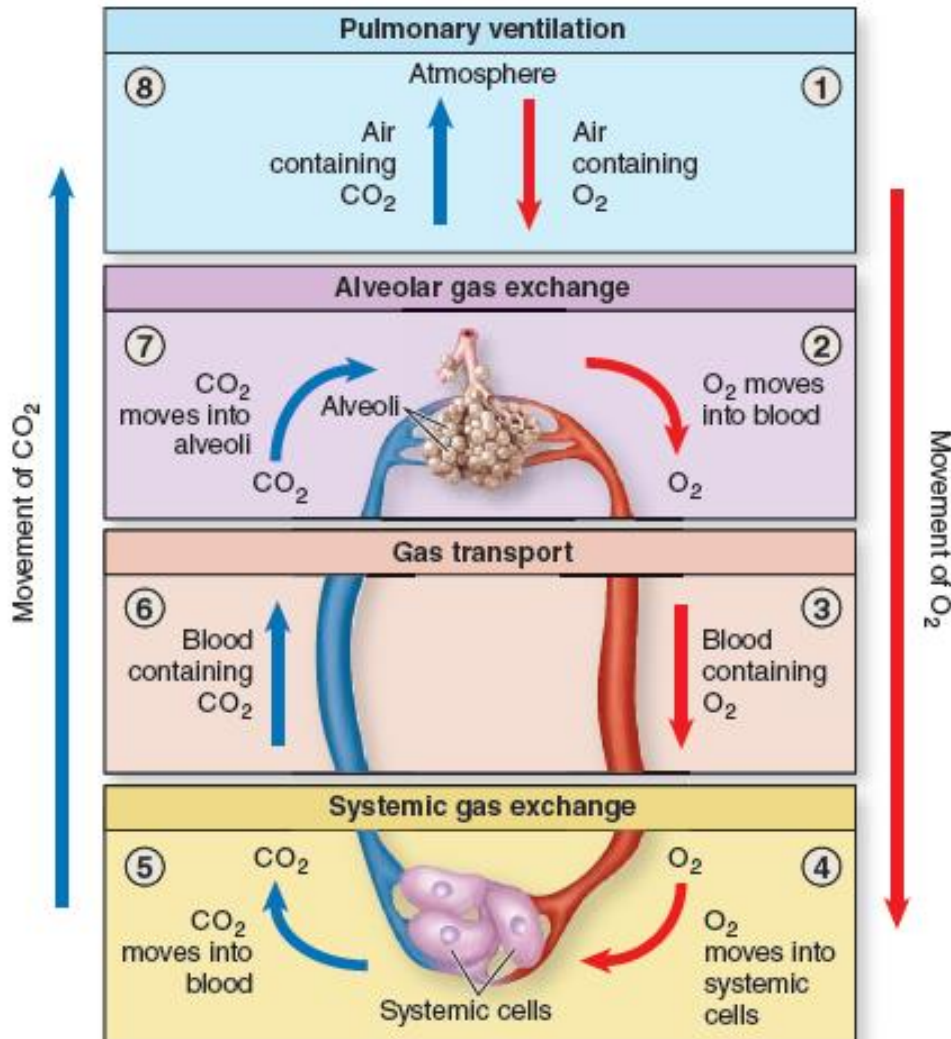
أهداف الجلسة:

يجب على الطالب في نهاية الجلسة أن يتقن ما يلي:

- 1- فهم معنى التنفس فيزيولوجياً ودور جهاز التنفس في تأمين عمل وظائف الأجهزة الحيوية.
- 2- التشريح الوظيفي الفيزيولوجي للتنفس.
- 3- معرفة الحجم والسعات الرئوية وتغيراتها ما بين الطبيعي والمرضي والراحة والجهد.
- 4- تطبيقات الحجم والسعات الرئوية.
- 5- أنماط التنفس العام.
- 6- تمارين التنفس.

تتلخص فيزيولوجيا جهاز التنفس بأربع وظائف رئيسية:

- التهوية الرئوية: أخذ الأوكسجين من الجو وطرح غاز ثاني أكسيد الكربون.
- التبادل الغازي على مستوى الرئتين: أكسجة الدم (نقله من الأسناخ للدم) وتخليصه من غاز ثاني أكسيد الكربون (نقله من الدم للأسناخ).
- نقل الغازات في الدم: نقل الأوكسجين عبر الدم الشرياني للأنسجة، ونقل غاز ثاني أكسيد الكربون عبر الدم الوريدي للرئتين.
- التبادل الغازي على مستوى الأنسجة: إعطاء الأوكسجين من الدم الشرياني للأنسجة، واستخلاص غاز ثاني أكسيد الكربون منها للدوران الوريدي.



فيزيولوجيا التنفس:

الشهيق والزفير عمليتان فيزيولوجيتان لإراديتان، يتم الشهيق بألية فعالة (تحتاج تقلص عضلي)، في حين يحدث الزفير بألية منفعة، أما الشهيق والزفير الإراديان (كما في حالات الجهد والمرض) فيحدثان كلاهما بألية عضلية مساعدة.

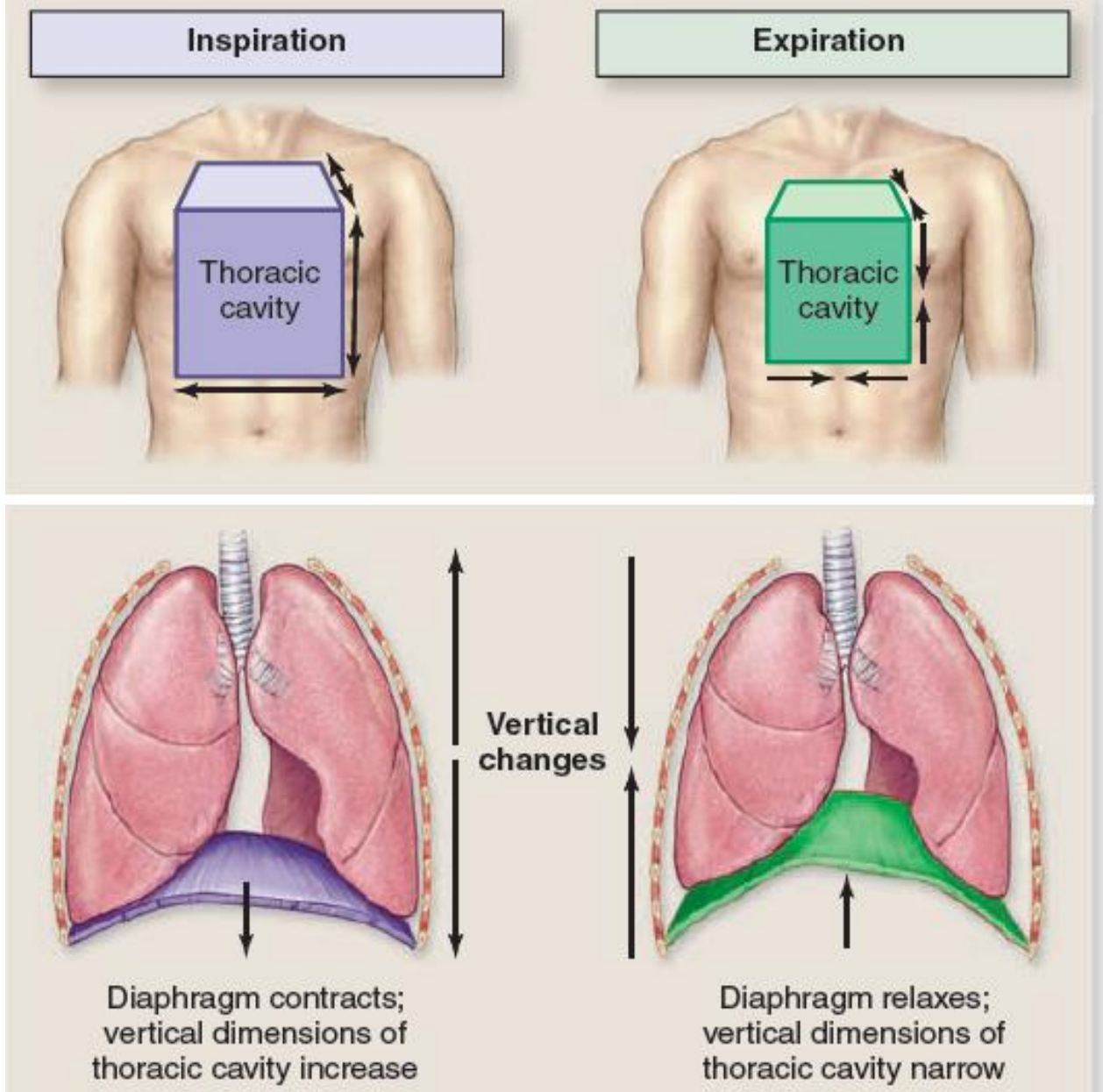
لفهم الفيزيولوجيا التنفسية يجب تذكر التشريح الوظيفي للصدر والرئتين:

تتوضع الرئتين ضمن جوف القفص الصدري المكون من الأضلاع والقص، وتتعلقان بالجنب، وبآليات فرق الضغوط ما بين الرئتين - جوف الجنب - القفص الصدري - والوسط الخارجي يحدث الشهيق والزفير.

الشهيق والزفير الطبيعي في حالة الراحة: العضلة الرئيسية في الشهيق هي الحجاب الحاجز، بتقلصه يزداد القطر الطولاني للصدر ويزداد جوف الصدر فيقل الضغط ضمن الصدر (بالنسبة للضغط الجوي) ويدخل الهواء بفرق الضغط. وباسترخاء الحجاب الحاجز يقل حجم جوف الصدر ويزداد الضغط ضمنه (بالنسبة للضغط الجوي) ويخرج هواء الزفير. وتساعد العضلات الوربية الظاهرة في رفع الأضلاع للأعلى والأمام لزيادة القطر الأمامي الخلفي للصدر وبالتالي زيادة حجمه وإنقاص الضغط ضمنه.

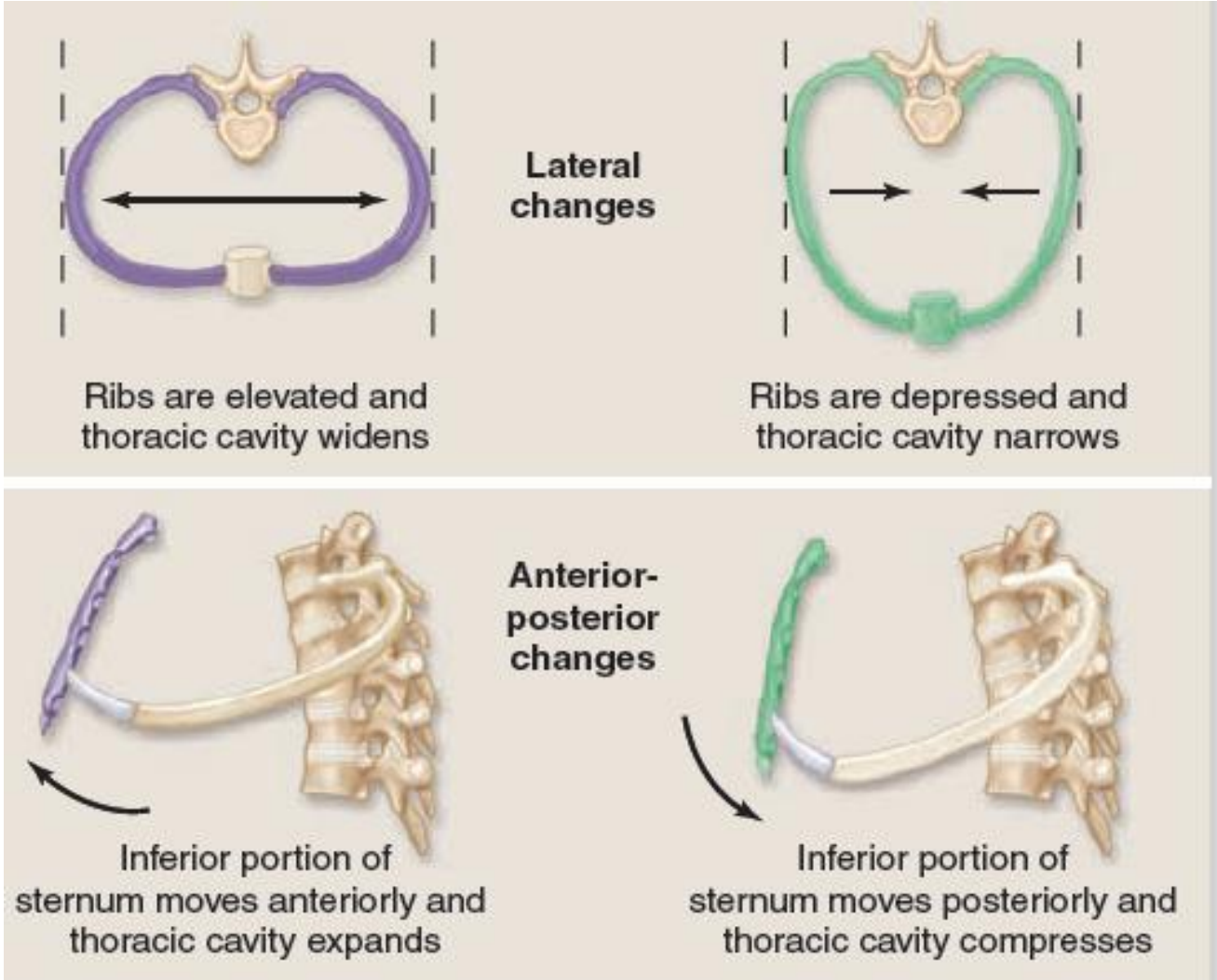
الشهيق والزفير الإرادي (القسري): لدعم الشهيق القسري: تعمل العضلات الأجمعية والمنشارية الخلفية العلوية والقترائية عند تقلصها على رفع الأضلاع أيضاً مما يزيد من القطر الأمامي الخلفي ويزداد حجم الصدر ويزداد انخفاض الضغط منه لدعم عملية الشهيق، وتساعد المنشارية الخلفية العلوية، الناصبة للفقار. أما الزفير القسري فيتم بمساعدة تقلص العضلات البطنية التي تزيد بتقلصها من جوف البطن وتقلل من جوف الصدر فيقل الضغط ضمن الصدر ويخرج الهواء منه، وتساعد الوربية الباطنة التي تخفض الأضلاع للأسفل والخلف منقصاً بذلك من القطر الأمامي الخلفي، بالإضافة للمنشارية الخلفية السفلية والعريضة الصدرية.

كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023



تغيرات جوف الصدر والقطر الطولاني بتقلص واسترخاء الحجاب الحاجز

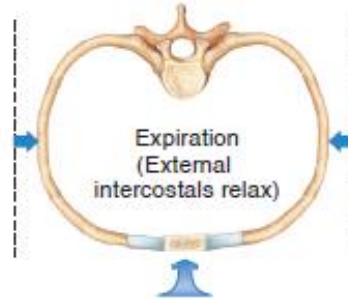
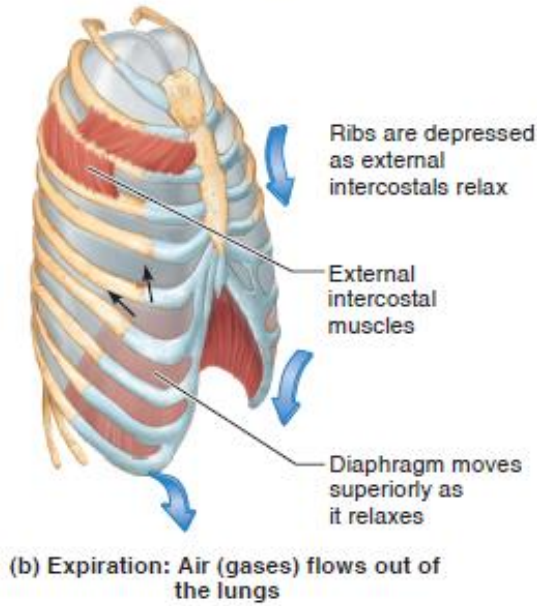
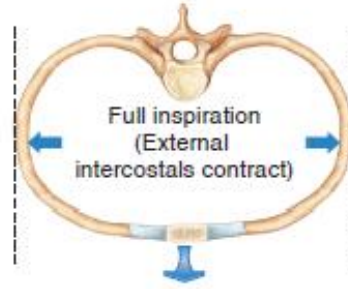
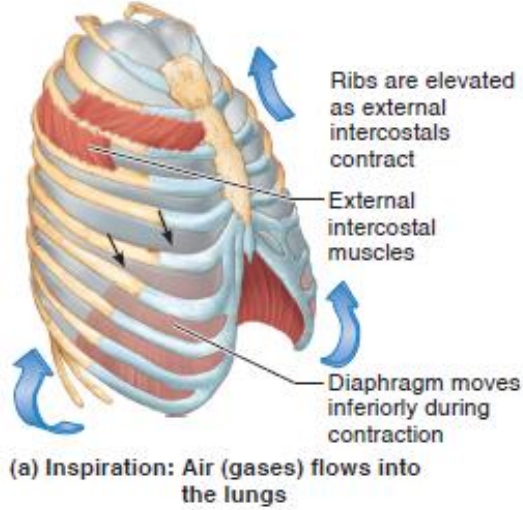
كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023



تغيرات القطر الأمامي الخلفي بتغيرات الأضلاع والقص بتأثير العضلات المرتبطة بها

Changes in anterior-posterior and superior-inferior dimensions

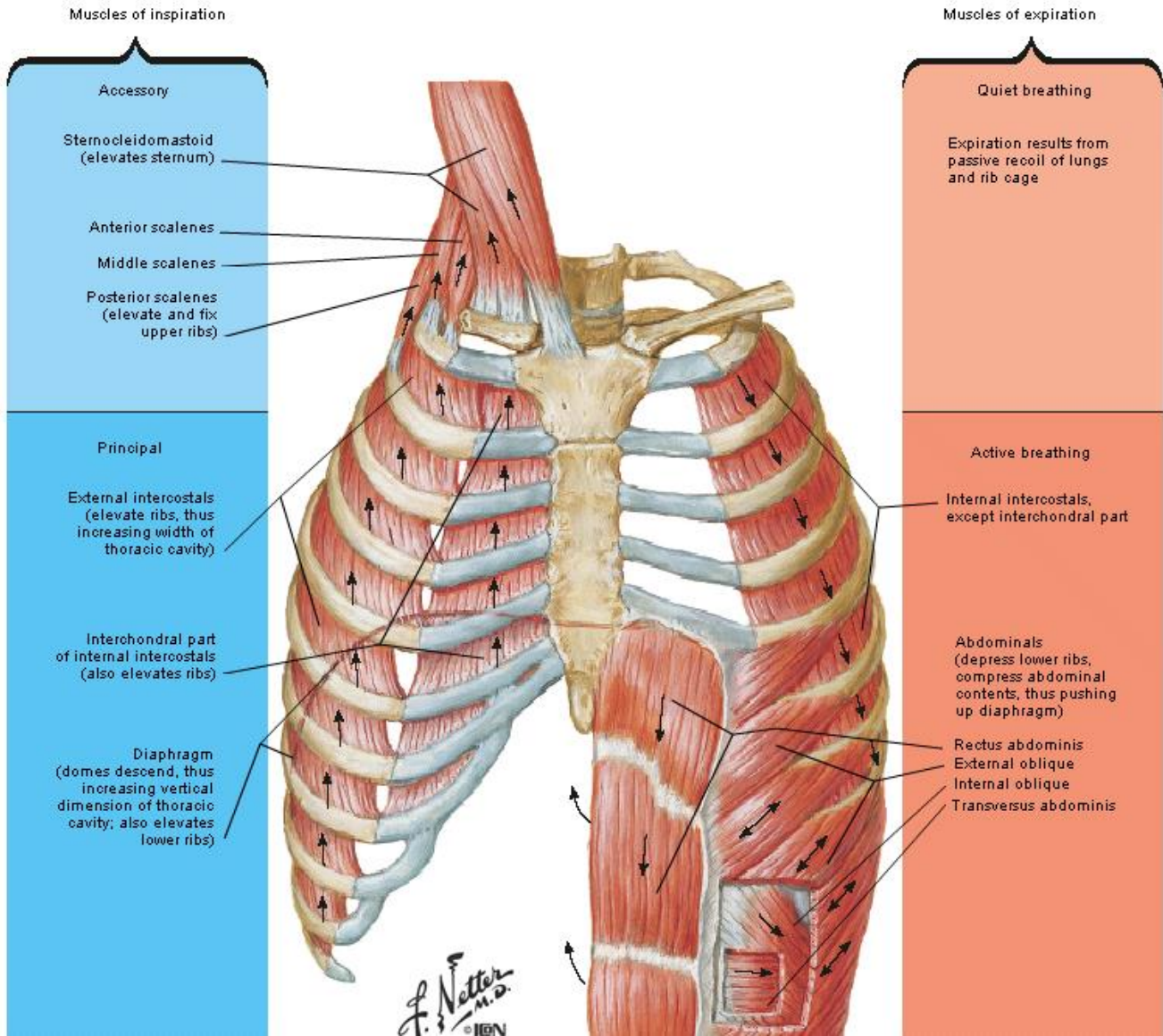
Changes in lateral dimensions



يوضح هذا الشكل في الرسمة العلوية (a) الشهيق) كيف تدفع العضلات الوربية الظاهرة الأضلاع للأعلى والأمام، وكيف تتحرك عضلة الحجاب الحاجز للأسفل عند تقلصها فتزيد بذلك القطر الطولاني.

أما في الرسمة السفلية (b) الزفير) فيظهر عمل العضلات الوربية الباطنة في دفع الأضلاع للأسفل والخلف مقللة من القطر الأمامي الخلفي، واسترخاء الحجاب الحاجز الذي يرفع العضلة للأعلى مقللاً من القطر الطولاني.

كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023



صورة أخرى توضح عمل العضلات الشهيقية، والعضلات الزفيرية

التنفس الخلوي:

هو عملية استقلاب المواد الغذائية (الغلوكوز بشكل رئيسي) بوجود الأوكسجين (تنفس خلوي هوائي) أو بغياب الأوكسجين (تنفس خلوي لا هوائي) للحصول على الطاقة (ATP). في حالة الراحة عند شخص بالغ يزن 70 كغ وبمعدل استخلاص أوكسجين 250 مل/د، يعادل معدل استهلاك الأوكسجين للاستقلاب 3.5 مل من الأوكسجين في كل دقيقة لكل 1 كغ وهو ما يعرف بالمكافئ الاستقلابي MET حيث $1 \text{ MET} = 3.5 \text{ ml/min/kg}$ ، ويزداد MET بازدياد متطلبات الاستقلاب في الظروف الفيزيولوجية المختلفة.

إن زيادة الوزن تؤثر في حساب معدل MET، فمثلاً شخص يزن 100 كغ حامل قليل الحركة، مع معدل استهلاك أوكسجين 250 مل/د يكون MET في حالة الراحة لديه $1 \text{ MET} = 250/100 = 2.5 \text{ ml/min/Kg}$ أي أن مجهوداً يعادل 3 MET عند شخص بالغ 70 كغ يساوي:

$$1 \text{ MET} = 250/70 = 3.5 \text{ ml/min/kg} \quad -$$

$$3 \text{ MET} = 3 * 3.5 = 10.5 \text{ ml/min/kg} \quad -$$

ونفس المجهود عند شخص يزن 100 كغ:

$$1 \text{ MET} = 250/100 = 2.5 \text{ ml/min/kg} \quad -$$

$$3 \text{ MET} = 3 * 2.5 = 7.5 \text{ ml/min/kg} \quad -$$

وهذه أحد الأمور التي تفسر الاختلاف في معدلات الاستقلاب وبالتالي طاقة التحمل الجهدية بين البدينين والنحيلين.

الحجوم والسعات الرئوية:

الحجوم والسعات الرئوية هي مختلف كميات الهواء الداخلة والخارجة إلى الرئتين والمستعملة في عمليات التنفس، وبقياسها بأجهزة قياس النفس يكون لدينا ما يلي:

- الحجم الجاري Tidal Volume TV: كمية الهواء الداخلة والخارجة بتنفس هادئ طبيعي وتعادل وسطياً 500 مل

- حجم الشهيق الاحتياطي Inspiratory reserve volume IRV: أقصى حجم هواء يمكن إدخاله بشهيق قسري عند مستوى نهاية شهيق عادي، ويصل لحدود 3000 مل وسطياً.

- حجم الزفير الاحتياطي Expiratory reserve volume ERV: أقصى حجم هواء يمكن إخراجها بزفير قسري عند مستوى نهاية زفير عادي، ويصل لحدود 1200 مل وسطياً.

كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023

- الحجم الثمالي (المتبقي) Residual volume RV: الحجم المتبقي في الرئتين بعد نهاية زفير قسري، ويعادل 1200 مل.

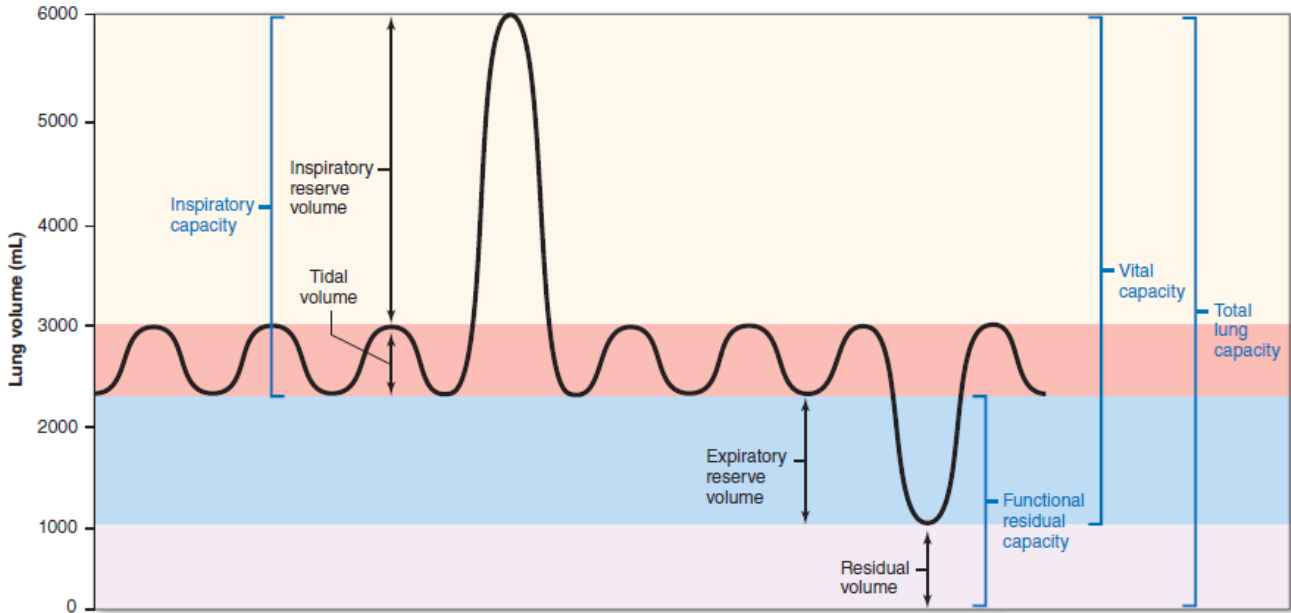
أما السعات الرئوية فهي نتاج جمع حجمين أو أكثر مع بعضهما البعض:

- السعة الشهيقية Inspiratory Capacity IC: أكبر كمية هواء يمكن استنشاقها أي من مستوى نهاية زفير عادي، وتساوي حجم الشهيق العادي الجاري والاحتياطي أي $IC = TV + IRV$ وتعادل 3500 مل وسطيًا.

- السعة الوظيفية المدخرة Functional Residual Capacity FRC: وهي كمية الهواء المتبقية في الرئتين في نهاية زفير عادي، أي $FRC = ERV + RV$ وتعادل 2400 مل وسطيًا.

- السعة الحياتية Vital Capacity VC: أقصى كمية هواء يمكن استعمالها في عملية التنفس والمبادلات الغازية وتساوي مجموع الحجم الجاري وحجم الشهيق والزفير الاحتياطين أي $VC = TV + IRV + ERV$.

- السعة الرئوية الكلية Total lung Capacity TLC: وتعادل كامل كمية الهواء في الرئتين، وهي تساوي السعة الحياتية مع الحجم الثمالي، أي: $TLC = VC + RV$ أو $TLC = TV + IRV + ERV + RV$.



كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023

ما هي التطبيقات الفيزيولوجية الطبيعية والمرضية للحجوم والسعات الرئوية؟

تفيد في معرفة وظيفية الرئتين الطبيعية وتحديد السعة الجهدية، وذلك من خلال:

- **حجم الزفير القسري في الثانية الأولى أو FEV1 أو Forced Expiratory Volume** وهو نسبة السعة الحياتية في زمن محدد (1 ثانية)، وتقاس بالطلب من المريض أخذ نفس عميق، ثم إجراء زفير قوي جداً قسري وفجائي ولزفرة واحدة فقط، وذلك من خلال جهاز خاص، حيث يحسب نسبة السعة الحياتية خلال هذه الثانية من الزفير القسري، والتي تبلغ عند الأشخاص الطبيعيين 75-85%، وتقل هذه النسبة عند وجود إعاقة في عملية الزفير كما عند المدخنين، والمصابين بالنفخ الرئوي.

- **حساب التهوية الرئوية:** أي كمية الهواء الداخلة والخارجة إلى الرئتين (النتاج التنفسي):

التهوية الرئوية = الحجم الجاري × عدد مرات التنفس

في الحالة الطبيعية فإن عدد مرات التنفس يتراوح ما بين 10-24 نفس في الدقيقة، ولنقل أنه وسطياً 12 مرة في الدقيقة، والحجم الجاري 500 مل أي 0.5 ل، تكون التهوية الرئوية = $12 \times 0.5 = 6$ ل/د.

- **التهوية العفوية العظمى Maximum voluntary ventilation MMV:** وهي أكبر كمية من الهواء يمكن إدخالها ثم إخراجها من الرئتين خلال 1 دقيقة. تحسب MMV من خلال إجراء تنفس سريع وعميق قدر الإمكان خلال مدة 1 دقيقة، وقد تصل حتى 30 ل/د مقابل 6 ل/د للتنفس الهادئ السوي. تنخفض MMV في الأمراض الرئوية التي تضطرب فيها إحدى أو كلا آليتي الشهيق والزفير.

- **الحيز الميت Dead Space:** حجم الهواء الذي يدخل ويخرج في الطرق التنفسية دون أن يخضع للمبادلات الغازية، ويبلغ حوالي 150 مل من كامل حجم الحجم الجاري البالغ 500 مل. سيزداد الحيز الميت بزيادة ممرات العبور التنفسي التي لا تتم فيها المبادلات الغازية كالتنفس من أنبوب، أو التنفس من خلال أجهزة التنفس الصناعي.

كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي – مدخل إلى علم وظائف الأعضاء – القسم العملي – د. نديم احمد - 2023

مثال 1: يتنفس شاب بمعدل 12 مرة/د، تبين بجهاز مقياس النفس أن حجم الهواء المستنشق لديه يعادل 600 مل، وفي حين سجل الجهاز انحرافاً حتى 5000 مل عندما قام بشهيق قسري تلاه زفير كامل.

- الحجم الجاري TV لديه 600 مل.
- السعة الحياتية VC لديه هي 5000 مل (شهيق قسري تلاه زفير كامل).
- التهوية الرئوية = الحجم الجاري × عدد مرات التنفس = $12 \times 0.6 = 7.2$ ل/د.

مثال 2: يتنفس رجل يزن 80 كغ بمعدل 14 مرة/د، تبين بجهاز مقياس النفس أن حجم الهواء المستنشق لديه يعادل 600 مل، وفي حين سجل الجهاز انحرافاً حتى 2900 مل عندما قام بشهيق قسري من مستوى نهاية شهيق قاعدي، ووصل حتى 4800 مل عندما تابع بعده بزفير كامل. ولو افترضنا أن معدل استخلاص الأوكسجين لديه 250 مل/د، والمطلوب:

- 1- ما هي قيمة كل مما يلي عند الشخص: الحجم الجاري TV، حجم الشهيق الاحتياطي IRV، السعة الشهيقية IC، السعة الحياتية VC، السعة الوظيفية المدخرة FRC؟
- 2- ما هو معدل التهوية الرئوية عند هذا الرجل؟
- 3- ما هي قيمة 1 MET عند هذا الرجل؟

- الحجم الجاري لديه TV = 600 مل.
- السعة الحياتية VC لديه = 4800 مل.
- حجم الشهيق الاحتياطي IRV = 2900 مل (شهيق قسري من مستوى نهاية شهيق عادي).
- لحساب السعة الشهيقية IC: $IC = TV + IRV = 600 + 2900 = 3500$ ml
- لحساب السعة الوظيفية المدخرة FRC: $FRC = VC - IC = 4800 - 3500 = 1300$ ml
- التهوية الرئوية = عدد مرات التنفس × الحجم الجاري = $0.6 \times 14 = 8.4$ ل/د
- $1 \text{ MET} = 250/80 = 3.125$ ml/min/kg

كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023

تغيرات الحجوم والسعات الرئوية في الحالات الفيزيولوجية المختلفة - الإشباع الأوكسجيني:

- باستثناء الحجم الجاري، فإن الحجوم والسعات الرئوية تكون أقل بشكل عام عند النساء، الخاملين، البدنين، وقصار القامة، وأعلى بشكل عام عند الرجال، النشيطين والرياضيين، النحيلين، وطوال القامة.
- تتطلب حالات الجهد زيادة في معدل استهلاك الأوكسجين، ونتيجة لذلك تزداد معدلات التهوية التنفسية، وهذا ما يفسر زيادة المعدل التنفسي خلال ممارسة الجهد، وكلما كان الشخص ذو سعة جهدية جيدة، ويملك نسيج رئوي صحي (بعيد عن التدخين وشرب الأركيلة وغيرها) استطاع أن يطور من سعته الجهدية بشكل أسرع وأفضل، أما أولئك الذين يتمتعون بسعات جهدية متدنية (المبتدئين في التمارين، أو ذوي النسيج الرئوي غير الصحي) فيمتلكون سعات جهدية منخفضة.
- في المرتفعات ينخفض ضغط الأوكسجين في الجو، فيتطلب الأمر زيادة في معدلات التنفس في محاولة لتعويض الفاقد الأوكسجيني، وزيادة في معدلات الخضاب الدموي لزيادة الحمل الأوكسجيني على الخضاب أو ما يسمى بالإشباع الأوكسجيني للخضاب SaO₂. يبلغ إشباع الخضاب بالأوكسجين في الحالات الطبيعية 97% (94 - 99%) وينخفض عند ساكني المرتفعات إلى قيم قريبة من 90% ويكونون متأقلمين مع هذه القيم.
- انخفاض الإشباع الأوكسجيني دون 94% (أو دون 90% عند ساكني المرتفعات العالية) يعتبر مؤشراً خطيراً على ضعف الوظيفة التنفسية.

أنماط التنفس المختلفة:

- النمط الحجابي: ويعتمد التنفس هنا بشكل أساسي على تقلص الحجاب الحاجز، وهو أشبع عند الأطفال.
- النمط الضلعي: ويعتمد على مساعدة العضلات الوربية بشكل هام، ويذكر أنه يشيع عند النساء أكثر من الرجال.
- نمط التنفس المعتمد على زم الشفاه الذي يهدف إلى معاكسة الزلة التنفسية والحصول على نفس عميق بأقل جهد ممكن، حيث يلجأ له الشخص في حالات التعب والجهد بشكل عام، وفي الأمراض الرئوية بشكل خاص (الربو، COPD، التليف الرئوي).

كلية العلوم الصحية قسم العلاج الوظيفي - مدخل إلى علم وظائف الأعضاء - القسم العملي - د. نديم احمد - 2023

التنفس الأفضل عند ممارسة الجهد:

- التنفس البطني: ويعتمد على استخدام الحجاب الحاجز في عملية التنفس، وهو الأفضل في ممارسة التمارين.
- المزامنة: مزامنة الشهيق مع الاسترخاء العضلي، والزفير مع التقلص العضلي، باستثناء تمارين السحب.
- المواقفة: مواقفة التنفس مع خطوات المشي أو الجري.
- الابتعاد عن التدخين: لا يمكن أبداً لأي مدخن أن يحافظ على صحة رئتيه لأداء التمارين بالفعالية المطلوبة.

توظيف أنماط التنفس في إجراء تمارين التنفس:

تمارين التنفس هي مجموعة من التمرين التي تهدف إلى تحسين التهوية الرئوية، تقوية العضلات التنفسية، وتقليل الشدة النفسية، حيث تستعمل في الحالات المرغوب بها بتعزيز السعة الجهدية، أو بعض حالات الأمراض الرئوية منعاً لتدهور الوظيفة الرئوية، أو في حالات الشدة النفسية.

من أشكال تمارين التنفس:

- التنفس العميق عبر الأنف مع إرجاع المرفقين للخلف لتوسيع الصدر، وحبس النفس لمدة 5 ثوان قبل إعادة زفره بشكل هادئ وبطيء.
- التنفس البطني: ويتم التركيز فيه على حركة الحجاب الحاجز بوضع يد على البطن والأخرى على الصدر، وإجراء التنفس العميق البطني.
- تنفس 4-4-8 عبر زم الفم: وفيها يتم إجراء شهيق هادئ عبر الأنف مع العد للرقم 4، ثم حبس النفس مع العد للرقم 4، ثم إجراء زفير عبر الفم المزموم ببطء، مع العد للرقم 8.
- تنفس الصندوق أو نمط 4-4-4-4: وهو نمط خاص من التنفس ينصح به في حالات الشدة النفسية، ويعتمد على إجراء شهيق عميق مع العد للرقم 4، ثم حبس النفس مع العد للرقم 4، ثم إجراء الزفير الهادئ مع العد للرقم 4، ثم قطع النفس مع العد للرقم 4، وتكرر العملية.

انتهت الجلسة