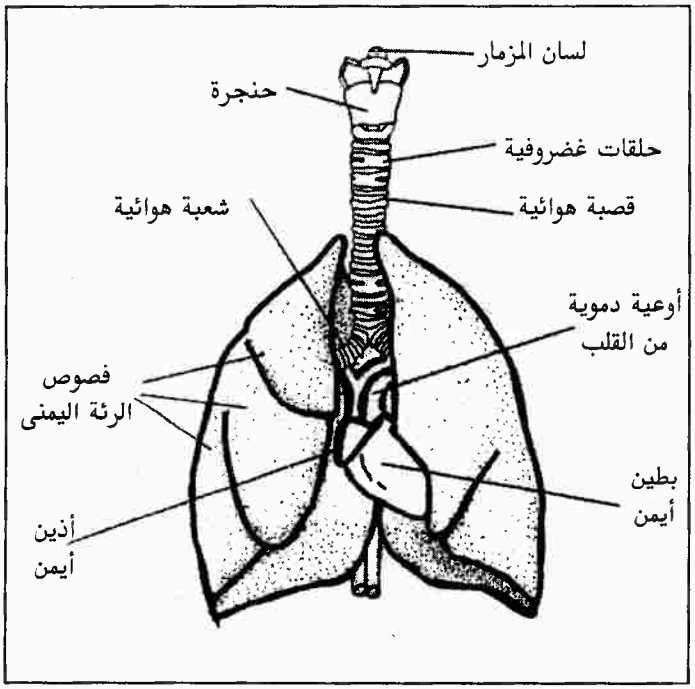
الفصل السادس : التنفس
Breathing

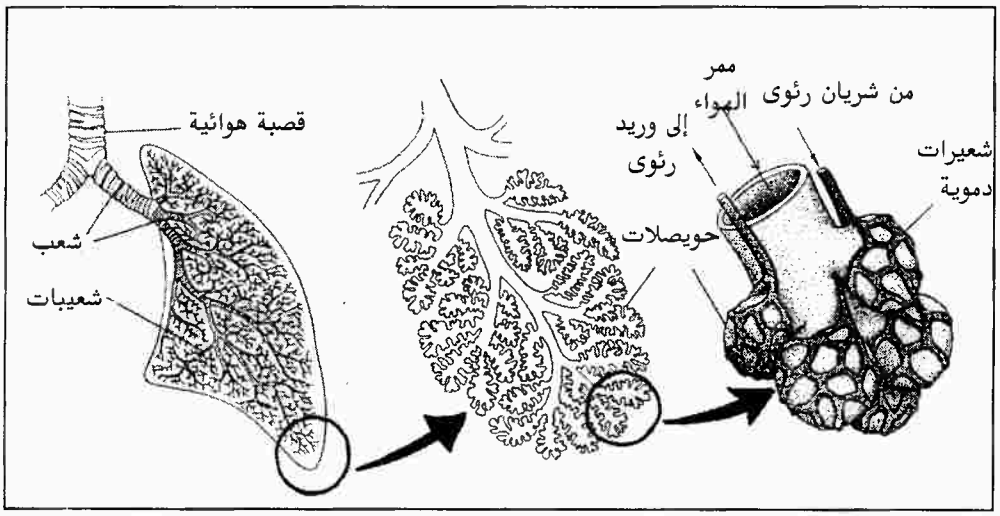
العمليات الحيوية التى يقوم بها الإنسان من حركة ونمو وتكاثر وغيرها تتطلب طاقة يحصل عليها الإنسان من الغذاء حيث يتم تحرير الطاقة من المركبات الكيميائية فى الغذاء فى عملية التنفس . . وعملية التنفس تحتاج إلى إمداد مستمر من الأكسجين وإطلاق لثانى أكسيد الكربون . . . ويتم الحصول على الأكسجين من الرئتين حيث يذوب فى الدم الذى يحمله إلى الأنسجة .

* تركيب الرئة Lung structure



الرئتين داخل القفص الصدرى ـ لهما تكوين إسفنجى قابل للتمدد والانضغاط بتأثير حركة القفص الصدرى عندما يمتلئ بالهواء أو ينطلق منه الهواء . وتتصل الرئتان بالقصبة الهوائية trachea التى تنقسم إلى أنبوبتين متماثلتين كل منهما تسمى شعبة هوائية bronchus وكل شعبة تتفرع داخل الرئة إلى شعيبات صغيرة bronchioles وتنتهى الشعيبات الدقيقة بأكياس هوائية رقيقة الجدر تسمى الحويصلات الهوائية alveoli وتدعم القصبة والشعب بحلقات غضروفية .

وعند بداية الجهاز التنفسى توجد الحنجرة larynx وأعلاها فتحة لسان المزمار epiglottis التى تمنع الطعام أو الماء من دخول الممرات التنفسية أثناء البلع .



الطبقة الطلائية التى تبطن القصبة الهوائية والشعب والشعيبات تتكون من خلايا هدبية وخلايا تفرز المخاط الذى يكون طبقة رقيقة تغطى البطانة الداخلية يلتصق بها الأتربة والبكتريا ويحملها المخاط إلى الخارج وبذلك تمنع الجزيئات الضارة من الوصول إلى الحويصلات الهوائية .

والحويصلة الهوائية جدارها سمكه خلية واحدة (طبقة طلائية) يحيط بها شبكة من الشعيرات الدموية تحمل منها الأكسجين وتطرد ثانى أكسيد الكربون .

وفى الإنسان حوالى ٣٥٠ مليون حويصلة هوائية تشكل سطح امتصاص يقدر بـ ٩٠ مترًا مربعًا وهذا السطح المتسع يسهل عملية سحب الأكسجين وطرد ثانى أكسيد الكربون .

* تهوية الرئتين Ventilation of the lungs

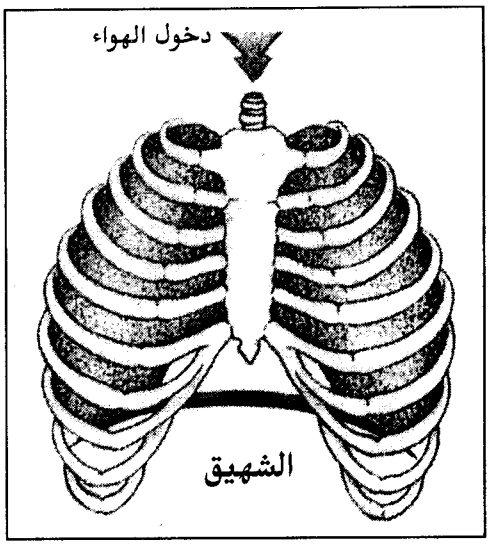
حركة الهواء دخولا وخروجا من الرئتين تسمى التهوية Ventilation وتشمل عمليتى الشهيق والزفير .

حيث تزود الرئتين بأكسجين جديد وتطرد ثانى أكسيد الكربون الزائد وحركة الرئتين ترتبط بحركة الضلوع والحجاب الحاجز .

والحجاب الحاجز diaphragm عبارة عن صفيحة من أنسجة عضلية تفصل التجويف الصدرى عن التجويف البطنى .

وحركة الحجاب الحاجز والعضلات بين الضلوع ينشأ عنها عمليتا الشهيق Inhaling والزفير Exhaling .

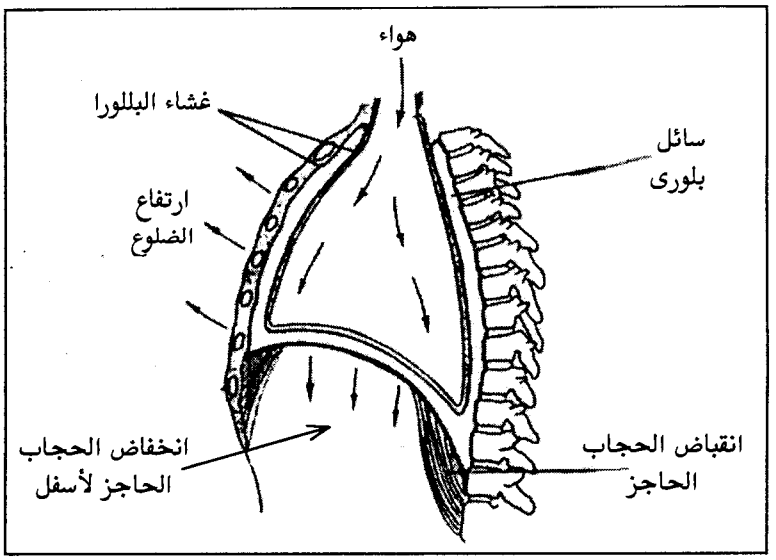
* عملية الشهيق Inhaling



ـــ عضلة الحجاب الحاجز تنقبض ويحدث لها شد لأسفل .

ـــ العضلات بين الضلوع تنقبض فيحدث شد للقفص الصدرى لأعلى وللخارج .

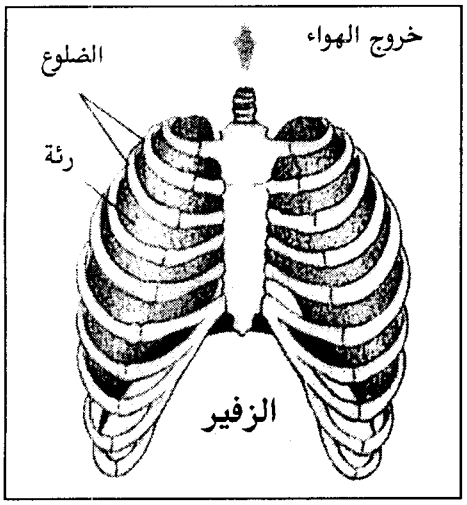
ـ نتيجة الحركتين السابقتين يتسع التجويف الصدرى فتسحب الرئتين الهواء من الأنف إلى القصبة الهوائية بالرئة .

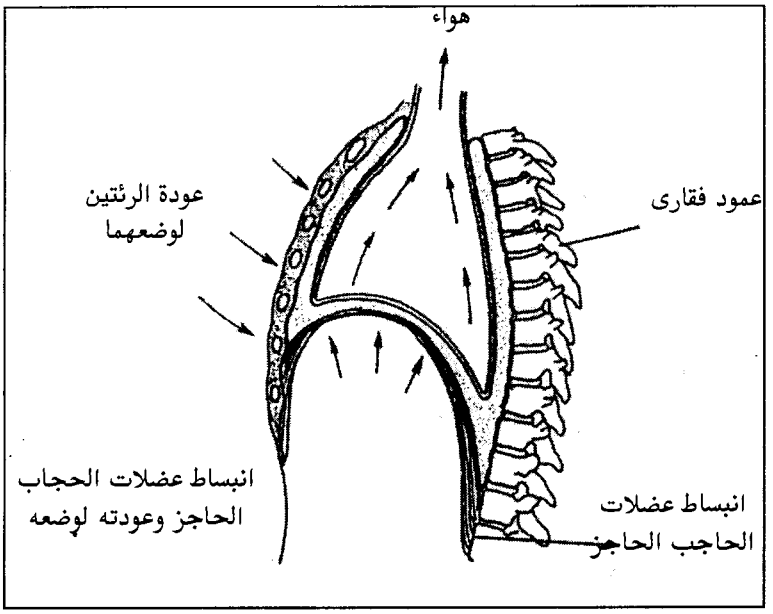


* عملية الزفير Exhaling

ـ تنبسط عضلات الحجاب الحاجز فتعود إلى وضعها الطبيعى .

ـــ تنبسط العضلات بين الضلوع فتتحرك الضلوع لأسفل وتعود الرئتان إلى وضعهما الطبيعى بطرد هواء الزفير .





* الغشاء البللورى Pleural membrane

يبطن الرئة من الخارج والقفص الصدرى من الداخل غشاء ناعم يسمى الغشاء البللورى يفرز طبقة سائلة رقيقة تسمى السائل البللورى تمنع الاحتكاك بين الرئتين وداخل القفص الصدرى .

* سعة الرئة ومعدل التنفس Lung capacity and breathing rate

الحجم الكلى للرئتين وهى ممتلئة حوالى ٥ لتر فى الفرد البالغ . وفى حالة التنفس الهادئ وقت الراحة أو النوم يتم استبدال نصف لتر فقط من الهواء وفى حالة بذل المجهود وأداء تمارين يصل الإبدال إلى ٣ لتر .

وهناك دائما على الأقل لتر ونصف لا يتم إبداله من الرئتين وهو يلعب دورا هاما فى استمرارية وضع الحويصلات الهوائية وفى تدفئة هواء الشهيق .

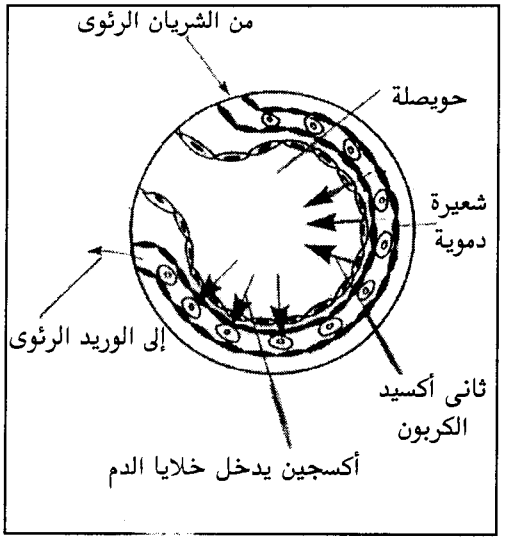
وقت الراحة الشهيق والزفير الطبيعى حوالى ١٦ مرة فى الدقيقة يرتفع من ٢٠ إلى ٣٠ مرة فى الدقيقة عند بذل المجهود

والتنفس العميق أثناء المجهود يسمح بذوبان كمية أكبر من الأكسجين فى الدم حتى يمد الدم العضلات النشطة بالأكسجين وكذلك يتم طرد ثانى أكسيد الكربون .

* تبادل الغازات Gaseous exchange

التهوية Ventilation تعنى خروج ودخول الهواء من وإلى الرئتين بينما تبادل الغازات Gaseous exchange يتم بين الدم وهواء الحويصلات الهوائية حتى يحصل الدم على الأكسجين ويطرد ثانى أكسيد الكربون .

ويصل الأكسجين إلى الشعيرات الدموية عن طريق الانتشار البطىء وكذلك يغادر ثانى أكسيد الكربون الشعيرات الدموية إلى هواء الحويصلات .



ويتم تبادل الغازات على النحو التالى :

يتحد الأكسجين مع هيموجلوبين خلايا الدم الحمراء مكونا أوكسى هيموجلوبين وثانى أكسيد الكربون فى البلازما ينطلق عندما يتحول أيون البيكربونات HCO_3 ـ إلى Co_2 والماء .

وتحمل الشعيرات الدموية الدم المؤكسج إلى الوريد الرئوى الذى يعيد الدم إلى الأذين الأيسر من القلب .

وتبادل الغازات لا يعنى سحب أكسجين الهواء كله فهواء الشهيق يحتوى ٢١ ٪ أكسجين وهواء الزفير يحتوى ١٦ ٪ أكسجين .

تغير مكونات هواء التنفس

المكون	هواء الشهيق	هواء الزفير
الأكسجين	٢١ ٪	١٦ ٪
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٤ ٪	٤ ٪
بخار الماء	مختلف	مشبع

وباقى مكونات الهواء ٧٩ ٪ نيتروجين لا يحدث تغير لنسبته سواء فى الشهيق أو الزفير .

* التنفس الخارجى Extranal respiration

تشمل عمليتى التهوية وتبادل الغازات

* التنفس الداخلى Enternal respiration

تشمل التنفس فى الأنسجة والخلايا وهى العمليات الكيميائية التى تنتهى بإنتاج الطاقة .

* مميزات السطح التنفسى Characteristics of respiration surface

تبادل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى حويصلات الرئتين تعتمد على انتشار الغازات ويكون الانتشار سريعا كلما زادت مساحة السطح التنفسى المعرض للغاز وكلما اختلف تركيز الغاز على جانبى السطح التنفسى وكلما كان الفاصل بين الغاز والسطح التنفسى صغير للغاية وأن يكون إمداد الشعيرات بالدم بصورة غزيرة .

ويتحقق ذلك على النحو التالى :

١ ــ وجود ملايين الحويصلات الهوائية يوفر سطحًا كبيرًا جدًا لتبادل الغازات .

٢ ــ المسافة التى تسمح بالانتشار قصيرة جدا فلا يوجد سوى طبقة سمكها خليتين تفصل بين الدم وهواء الحويصلات .

٣ ــ تركيز الأكسجين فى الهواء القادم إلى الرئتين مرتفع دائما لاستمرارية عملية الشهيق مما يرفع تركيز الأكسجين فى هواء الحويصلات عنه فى الشعيرات الدموية .

٤ ــ شبكة الأوعية الدموية الدم بها فى حالة دورانية مستمرة مما يجعل نسبة الأكسجين أقل منها فى الحويصلات فينتشر الأكسجين من هواء الحويصلات إلى الدم ومما يجعل نسبة ثانى أكسيد الكربون مرتفعة فى الدم عنه فى الحويصلات مما يسهل انتشاره من الدم إلى هواء الحويصلات .

* التنفس الخلوى

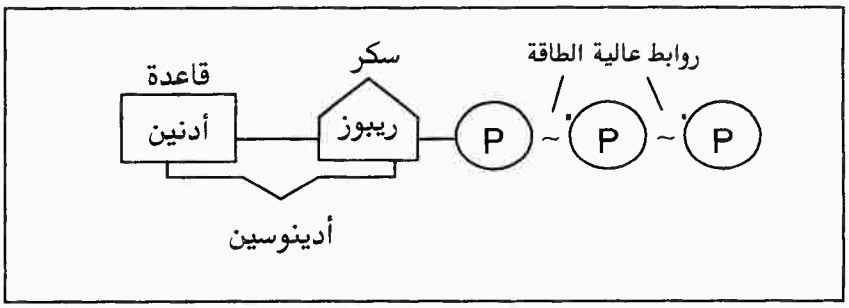
عملية استخلاص الطاقة من الطاقة المخزنة فى الروابط الكيميائية لجزيئات الطعام التى يصنعها النبات ويتناولها الحيوان والطاقة الناتجة تخزن فى جزئ الطاقة وهو A.T.P الأدينوسين ثلاثى فوسفات Adenosine triphosphate .

وجزئ الطاقة A.T.P يتركب من ثلاثة تحت وحدات هى

١ ــ قاعدة نيتروجينية تسمى الأدنين Adenine .

٢ ــ سكر خماسى الكربون ريبوز Ribose .

٣ ــ مجموعة الفوسفات (يوجد فى كل جزئ ثلاثة مجموعات بينها روابط كيميائية ضعيفة يمكن كسرها بسهولة حتى يتم تحرير الطاقة اللازمة للتفاعلات التى تتم فى الخلية) .

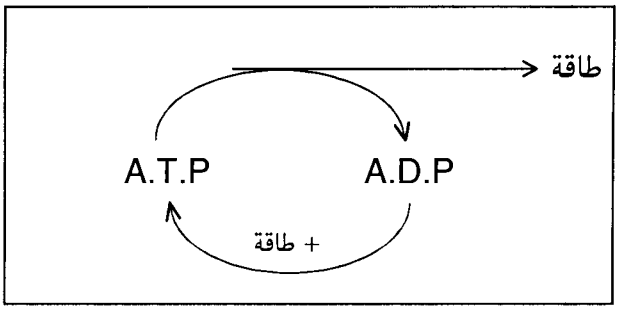


ويتم تحرير الطاقة بتحول ثلاثى الفوسفات إلى ثنائى الفوسفات

$$A.T.P \longrightarrow A.D.P + E \text{ طاقة}$$

ثنائى الفوسفات ٣٤ كيلو جول

وعندما يتم التنفس الخلوى تتولد عنه طاقة تحول ثنائى الفوسفات إلى ثلاثى فوسفات ويتم تخزين هذه الطاقة وبالتالى تصبح عملية تخزين وتحرير الطاقة عملية مستمرة .



تبدأ عملية التنفس الخلوى بجزئ الجلوكوز وتتم عمليـة أكسدته علـى مرحلتـين الأولى تسمى عملية انحلال الجلوكوز Glucolysis وتتم فى سـيتوبلازم الخليـة ويتـم فيها نزع ذرات الهيدروجين من الهيكل الكربونى لجزئ الجلوكوز ويقوم بـهذا الـنزع مساعدات الإنزيم Co enzymes وهى التى لها القدرة على سحب الهيدروجين وهى :

نيكوتين آميد أدنين داى نيوكليوتيد N.A.D

فلافين أدنين داى نيوكليوتيد F.A.D ،

ونتيجة ذلك يتحول جزئ الجلوكوز (سداسى الكربون) إلى جزيئين مـن حـامض البيروفيك (ثلاثى الكربون) وجزيئين من A.T.P وجزيئين من NADH .

ثم تأتى المرحلة الثانية وهـى التنفس وتحـدث داخـل عُضـى الميتوكوندريـا وهـذه المرحلة تحدث فى خطوتين هما دورة كريبس ونقل الإلكترون .

*** دورة كريبس**

وتحدث فى داخل الميتوكوندريا بأن يفقد حمض البيروفيك ذرة كربـون فـى صـورة ثانى أكسيد كربون ويتبقى مركب ثنائى الكربون (استيل) يتحد مع مرافـق أنزيمـى يسمى (كوانزيم A) Coenzyme A ويتكون مركب اسيتيل كوانزيم A الذى يتحد مع مركب رباعى الكربون (حمض اكسالواستيك) ويتكـون مركـب سداسـى الكربـون يدخل فى سلسلة من التفاعلات تنتهى بتحوله إلى مركـب ربـاعى الكربـون (حمـض اكسالواستيك) وخلال هذه الدورة الطاقة المنطلقة تكون جزيئات A.T.P كما يقوم كل من FAD & NAD بنزع الهيدروجين وتكوين NADH & $FADH_2$.

*** نقل الإلكترون**

الإلكترونات المنطلقة نتيجة سحب أيونات الهيدروجين باتحادها مع FAD & NAD .

هذه الإلكترونات ذات الطاقة العالية تستقبلها السيتوكرومات داخل الميتوكوندريا وتمتص منها طاقتها وبالتالى تنخفض طاقة هذه الإلكترونات حتى تناسب ذرة الأكسجين فتكتسب ذرة الأكسجين هذه الإلكترونات وتصبح أيونًا .

وأيون الأكسجين المتكون يتحد مع أيونات الهيدروجين التى يحملها $FADH_2$ ، NADH ونتيجة اتحاد الهيدروجين مع الأكسجين كأيونات يتكون الماء .

هذا من ناحية ومن ناحية أخرى فإن الطاقة التى فقدتها الإلكترونات عندما اصطدمت بالسيتوكرومات هذه الطاقة تستغل فى تحويل ADP إلى ATP وبذلك تتكون جزيئات الطاقة (A.T.P) من الطاقة التى تفقدها الإلكترونات ومن الطاقة التى تفقدها مرافقات الإنزيم FAD & NAD عندما تفقد أيونات الهيدروجين التى تتحد مع أيون الأكسجين لتكوين الماء وتقدر كمية الطاقة الناتجة من جزئ واحد من الجلوكوز بـ ٣٨ جزئ من ATP .

حصيلة التنفس الخلوى (من جزئ واحد من الجلوكوز)

- تكون ٣٨ جزئ ATP .
- تكون ٦ جزئ ثانى أكسيد الكربون .
- تكون ٦ جزئ بخار الماء .

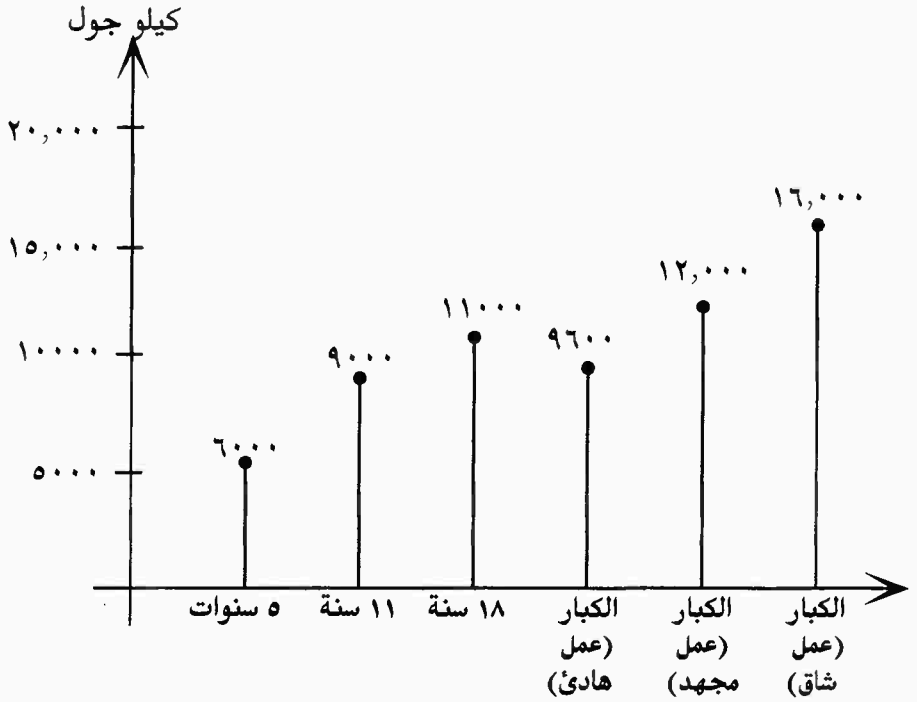
* احتياج الطاقة Enengy requirement

نحصل على الطاقة من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات ـــ وأرخص الأطعمة المنتجة للطاقة هى الكربوهيدرات ـ وأكبر كمية من الطاقة تنتج من الدهون ـ وتعطى البروتينات كمية من الطاقة مشابهة للطاقة الناتجة من الكربوهيدرات ألا أن التغذية البروتينية ذات تكلفة عالية والغذاء المتوازن هو الذى يحتوى خليطا من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات .

والطاقة الناتجة يجب أن تكون كافية لاستمرارية عمل الأجهزة الحيوية فى الجسم وتحفظ درجة حرارة الجسم وتكفى احتياجات العمل والأنشطة الأخرى .

وتقاس كمية الطاقة التى نحصل عليها من الغذاء بوحدة السعر أو الجول ١ جم من الدهون يمد الجسم بمقدار ٣٩ كيلو جول ، ١ جم من الكربوهيدرات أو البروتين يمد الجسم بمقدار ١٧ كيلو جول .

ويحتاج الإنسان ١٢,٠٠٠ كيلو جول من الطاقة يوميا من الغذاء ويختلف ذلك حسب السن والعمل والنشاط فالإنسان الذى يعمل فى حفر الأرض يحتاج طاقة أكثر من الجالس على المكتب .



تغير الاحتياج للطاقة حساب السن والعمل

والاحتياج اليومى من الطاقة ١٢,٠٠٠ كيلو جول مقسمة على النحو التالى :

٢٤٠٠ كيلو جول ← ٨ ساعات نوم

٣٠٠٠ كيلو جول ← ٨ ساعات يقظة (دون مجهود)

٦٠٠٠ كيلو جول ← ٨ ساعات نشاط طبيعى

ـ الطاقة أثناء النوم لاستمرارية العمليات الحيوية بمعدل يحافظ على استمرارية الحياة (الدوران والتنفس ودرجة الحرارة وعمل المخ والعمليات الكيميائية الأساسية فى الكبد والأعضاء الأخرى) .

* مخاطر الجهاز التنفسى Respiratory system risks

* التدخين Smoking

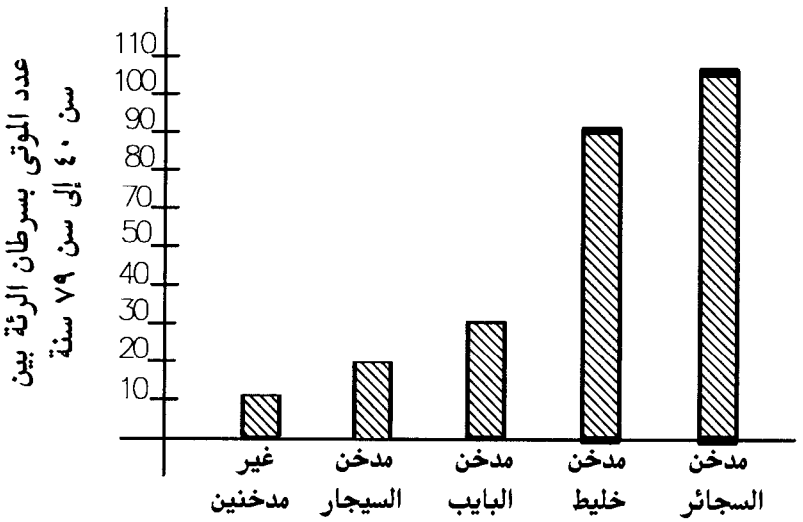
على المدى القصير يسبب التدخين ضيق الشعب الهوائية وتقل حركة أهداب بطانة الممرات الهوائية ــ وزيادة إفراز البطانة للمخاط

وعلى المدى الطويل يعانى المدخن من فقد القدرة على العمل وغالبًا يتعرض لعوامل مميتة .

* سرطان الرئة Lung cancer

جميع صور تلوث الهواء تؤدى إلى سرطان الرئة وأوضحت الدراسات العلمية أن أغلب حالات سرطان الرئة ترجع إلى تدخين السجائر ـــ وأن هناك على الأقل ١٧ مادة فى دخان التبغ تعتبر مواد مسببة للسرطان فى حيوانات التجارب ويوضح الجدول التالى العلاقة بين تدخين السجائر ومخاطر الإصابة بسرطان الرئة .

عدد السجائر التى يتم تدخينها فى اليوم	معدل زيادة مخاطر سرطان الرئة
من ١ إلى ١٤	٨ ×
من ١٥ إلى ٢٤	١٣ ×
أكثر من ٢٥	٢٥ ×



* انتفاخ الرئة Empyhsema

مرض ينشأ من تدمير جدر الحويصلات الهوائية وهناك عديد من المواد الناتجة من تدخين السجائر تضعف جدر الحويصلات والمواد المثيرة فى الدخان تسبب السعال وتدمير جدر الحويصلات مما يقلل سطح الامتصاص ويقلل الكفاءة التنفسية .

* التهاب الشعب المزمن Chronic bronchitis

توقف حركة أهداب الممرات الهوائية والمواد المثيرة تزيد من كمية المخاط الذى يتجمع فى الشعب الهوائية مما يسبب التهاب الشعب و ٩٥٪ من المصابين بالتهاب الشعب المزمن من المدخنين وتبلغ نسبة الوفيات بينهم ٢٠ مرة عن غير المدخنين .

* أمراض القلب Heart disease

التدخين أحد أسباب أمراض القلب والتى تنشأ من انسداد الشرايين التاجية المغذية للقلب بسبب ترسيب مواد دهنية بالشرايين مما يسبب ضيق الشريان ونقص الدم الوارد إلى القلب .

فالنيكوتين وأول أكسيد الكربون الناتجان من تدخين السجائر يزيد من معدل تجلط الدم مما يسبب انسداد الشرايين القلبية التى تأثرت جزئيًا بترسيب الدهون بها .

* مخاطر أخرى Other risks

- ٩٥ ٪ من المصابين بشرايين القدم من المدخنين .
- الشلل يرجع إلى امراض شرايين المخ المنتشرة بين المدخنين .
- سرطان المثانة والمعدة والاثنى عشر وإنحلال الأسنان والسل (أمراض تنتشر بين المدخنين) .
- أطفال ناقصة النمو تنجبها نساء تدخن السجائر وترتفع نسبة موت أطفال الأمهات التى تدخن بنسبة ٢٦ ٪ من أطفال الأمهات غير المدخنة .

* التدخين السلبى Passive smoking

غير المدخنين الجالسين فى حجرات مع المدخنين يتأثر كل منهم بالدخان وكذلك الأطفال فى أسرة أحد الأبوين أو كلاهما من المدخنين والزوجة غير المدخنة لزوج مدخن .