

cavités (lobules pulmonaires) par l'intermédiaire de petits canaux appelés *canalicules respirateurs*. C'est la paroi de ces lobules qui est le siège des échanges gazeux effectués entre le sang et l'air atmosphérique.

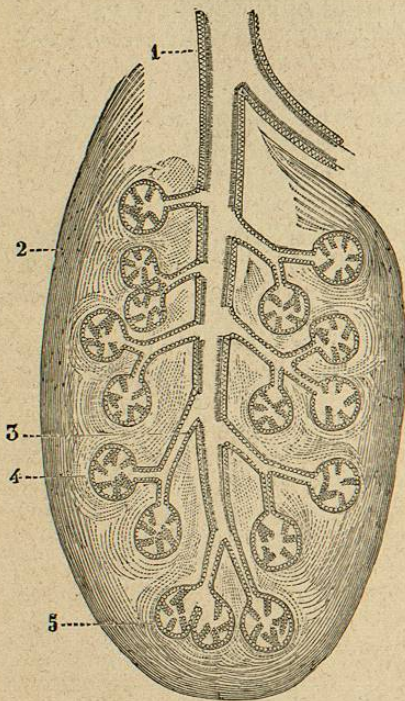


FIG. 103. — Schéma du lobule pulmonaire.

1. Canalicule respirateur faisant suite à une division bronchique et se divisant dans l'épaisseur du lobule pulmonaire. — 2. Tissu conjonctif entourant le groupe de lobules situés à l'extrémité des divisions bronchiques. — 3. Ramification du canalicule respirateur. — 4. Un lobule primitif. — 5. Son épithélium.

Surface pulmonaire. — Au point de vue purement physiologique qui nous occupe, nous pouvons donc réunir par la pensée toutes les surfaces fractionnées de ces lobules et en constituer schématiquement une surface unique que nous appellerons *surface pulmonaire*.

Étalée sur un plan horizontal, cette surface équivaldrait à 200 mètres carrés environ. Elle représente le point de contact entre les deux milieux destinés à échanger leurs gaz ; aussi réalise-t-elle les conditions anatomiques les plus favorables pour rendre ce contact, sinon immédiat, du moins aussi intime que possible.

Le microscope nous la montre en effet composée de deux couches, un *épithélium* et un *substratum de tissu connectif*. L'*épithélium*, type des épithéliums pavimenteux à une seule couche, est formé de cellules aplaties, souvent distantes les unes des autres, tellement minces que leur existence a été longtemps contestée. Quant au *substratum*, c'est bien plutôt une nappe sanguine qu'une véritable membrane conjonctive : au milieu d'un tissu connectif presque amorphe et de quelques fibres élastiques, on y trouve en effet un lacis de vaisseaux capillaires tellement serré que, sur un espace donné, l'étendue occupée par les capillaires équivaut aux $\frac{3}{4}$, les intervalles qu'ils laissent entre eux au $\frac{1}{4}$ seulement de cet espace. La surface pulmonaire ayant environ 200 mètres carrés, c'est donc une surface de 150 mètres carrés que représentent les capillaires. Le calibre de ces vaisseaux ne leur permet pas de livrer passage à plus d'un globule sanguin à la fois, et cette disposition, éminemment favorable d'ailleurs à l'oxygénation complète des globules, n'empêche pas cette nappe sanguine de représenter un volume de sang à peu près égal à 2 litres. On sait de plus que le sang s'y renouvelle sans cesse, et on a calculé qu'en 24 heures il y passe au moins 20,000 litres de ce liquide.

Tout est donc disposé au niveau de cette surface pour favoriser les échanges gazeux ; d'une part elle est parcourue par une énorme quantité de sang ; d'autre part ce sang n'est séparé de l'air atmosphérique que par la paroi des capillaires et par un épithélium qui n'a guère qu' $\frac{1}{400}$ de millimètre d'épaisseur.

La respiration pulmonaire n'est autre chose qu'une série de mises en contact, au niveau de cette surface, entre des quantités déterminées et incessamment renouvelées de sang et d'air atmosphérique. Il en résulte que ce dernier doit être successivement attiré dans la poitrine, puis repoussé au dehors après avoir été modifié par son contact avec le sang ; une nouvelle quantité d'air pur viendra le remplacer pour être expulsée à son tour, et ainsi de suite. Ces mouvements alternatifs d'entrée et de sortie de l'air, désignés sous le nom d'*inspiration* et d'*expiration*, sont déterminés par certains actes mécaniques auxquels prennent part des leviers osseux et des muscles. L'ensemble d'une inspiration et d'une expiration constitue ce qu'on appelle une *excursion respiratoire*. L'homme adulte bien portant fait environ 16 à 18 excursions respiratoires par minute ; la durée moyenne de l'une d'elles est donc d'un peu plus de 3 secondes.

D'après ce qui précède, nous pouvons diviser en deux parties l'étude de la respiration pulmonaire :

1^o Phénomènes *mécaniques*, comprenant le mécanisme et les résultats de l'*inspiration* et de l'*expiration* ;

2^o Phénomènes *physico-chimiques*, comprenant l'étude des modifications subies par l'*air* et par le *sang* au niveau de la surface pulmonaire.

ARTICLE PREMIER.

PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION.

§ 1^{er}. — De l'*inspiration*.

Le mécanisme de l'*inspiration* est fort simple. Mais, pour le bien comprendre, il est indispensable de se faire une idée très-nette de la cavité thoracique et des conditions physiques que réalise le poumon dans cette cavité.

De la cavité thoracique. — *Contenant.* — La cage thoracique représente schématiquement un *cône* à sommet supérieur, à base inférieure, un peu aplati d'avant en arrière. Ce cône est limité *en arrière* par la portion dorsale de la colonne vertébrale, *en avant* par le sternum, *sur les côtés* par les côtes. Sur le squelette, les côtes sont séparées les unes des autres par des espaces vides ; ces espaces sont comblés sur le vivant par des muscles aplatis (muscles intercostaux internes et externes).

La *base* du cône est constituée par le diaphragme, muscle en forme de voûte, qui s'insère par tout son pourtour aux dernières côtes, à la colonne vertébrale et à la pointe du sternum, et qui sépare ainsi la cavité thoracique de la cavité abdominale.

Enfin l'orifice supérieur du thorax, qui représente le *sommet* du cône, est entièrement comblé par les organes qui se rendent du cou au thorax, ou du thorax au cou. Au milieu de ces organes et leur servant pour ainsi dire de support, se trouve le conduit trachéal, qui établit une communication entre le thorax et l'extérieur.

De ce simple aperçu anatomique se dégage un fait que nous tenons à mettre en lumière, à savoir que *la cavité thoracique est*

une cavité close de toute part, ne communiquant avec l'air extérieur que par une seule ouverture, la trachée.

Contenu. — Cette cavité contient un grand nombre d'organes et de viscères importants, tous reliés entre eux par un tissu cellulo-graisseux abondant qui ne laisse subsister dans leurs intervalles aucun espace vide. Sur la ligne médiane se trouvent les organes qui constituent le médiastin. De chaque côté se trouve le poumon, isolé de toutes les parties avoisinantes, c'est-à-dire de la paroi thoracique en dehors, du diaphragme en bas, du médiastin en dedans, par la cavité pleurale.

La cavité pleurale est une cavité entièrement virtuelle ; elle ne contient à l'état normal ni gaz ni liquide ; les deux feuillets qui la constituent peuvent donc glisser l'un sur l'autre, mais ils ne peuvent pas s'écarter, puisque la pression atmosphérique qui s'exerce à la surface interne du poumon les maintient appliqués l'un contre l'autre. On peut donc considérer le poumon comme faisant corps avec les parois thoraciques, et comme devant forcément accompagner celles-ci dans tous leurs mouvements, dans toutes leurs positions.

Mécanisme de l'*inspiration*. — Le mécanisme de l'*inspiration* est l'application immédiate des faits qui précèdent.

Supposons, en effet, que la cavité thoracique vienne à s'agrandir. D'après ce que nous venons de dire, le premier effet de cette ampliation sera de déterminer dans le poumon une ampliation correspondante. Celui-ci contenait sous son volume primitif un certain volume d'air à la pression atmosphérique ; cet air se dilatant, sa pression va diminuer, en vertu de la loi de Mariotte ; or il n'a pas cessé de communiquer librement avec l'air extérieur par la trachée ; il va donc résulter de cette inégalité de pressions une irruption de l'air extérieur dans le poumon, irruption qui cessera dès que l'équilibre sera rétabli.

Tel est en quelques mots tout le mécanisme de l'*inspiration*. En d'autres termes, *le poumon est ici purement passif ; le rôle actif appartient tout entier à la cage thoracique.* Celle-ci se dilate ; le poumon est forcé de suivre, en vertu d'une loi purement physique, « absolument comme un caillou, sur lequel on applique exactement un morceau de cuir mouillé, suit ce morceau de cuir quand on le soulève (Küss). »

1. La tension d'un gaz est en raison inverse du volume qu'il occupe.

La question se réduit donc pour nous à étudier de quelle manière se produit la *dilatation du thorax*, cause première et unique de tout l'acte inspiratoire.

Dilatation du thorax. On peut considérer au cône thoracique trois diamètres, *antéro-postérieur, transversal, vertical*. La *dilatation du thorax est produite par l'allongement respectif de ces trois diamètres*.

a. Diamètres antéro-postérieur et transversal. — Les côtes, arcs osseux obliques de haut en bas, d'arrière en avant et de dedans en dehors, relient transversalement deux tiges osseuses verticales, la *colonne vertébrale* et le *sternum*. La *colonne vertébrale* est immobile ; elle ne prend pas une part directe à l'agrandissement de la poitrine, mais elle sert de point d'appui aux leviers osseux destinés à se mouvoir. Le *sternum* fait corps avec l'extrémité antérieure des côtes ; il est mobile avec ces dernières. C'est par le jeu de ces pièces osseuses que sont déterminés l'*agrandissement antéro-postérieur* et l'*agrandissement transversal* de la poitrine.

Ces agrandissements résultent tous deux d'un seul et même mouvement, *l'élévation des côtes*. Ce mouvement s'opère autour de l'extrémité postérieure des côtes (articulation costo-vertébrale) servant de point fixe.

On conçoit que les extrémités antérieures des côtes se portent en avant à mesure qu'elles s'élèvent ; elles entraînent avec elles le sternum, qui s'éloigne ainsi de la colonne vertébrale, et le *diamètre antéro-postérieur* de la poitrine se trouve augmenté d'autant. La réalité de ce mécanisme pourrait se démontrer rigoureusement par la géométrie. On peut concevoir le sternum et la colonne vertébrale, réunis par les côtes, comme formant les deux montants d'une échelle à échelons obliques ; lorsque ces échelons se rapprochent de l'horizontale, les deux montants s'éloignent l'un de l'autre. C'est encore un appareil du même genre qui constitue le dilatateur forcé de l'urèthre employé par les chirurgiens.

Notons aussi que, pendant le mouvement d'élévation des côtes, les espaces intercostaux augmentent de largeur.

Quant à l'agrandissement du *diamètre transversal*, il est également la conséquence de l'élévation des côtes. A l'état de repos, le plan de la côte est incliné de dedans en dehors et de haut en bas. Pendant le mouvement d'élévation, ce plan décrit une sorte de rotation autour d'une corde *fictive* qui réunirait l'extrémité

vertébrale de la côte et son extrémité sternale. On conçoit, sans qu'il soit besoin de plus amples explications, que cette rotation a pour effet de porter plus en dehors la convexité de la côte, et par suite d'augmenter le diamètre transversal de la poitrine.

Dans ces divers mouvements, n'oublions pas que le sternum est solidaire des côtes, c'est-à-dire qu'il se meurt avec elles ; il est élevé et projeté en avant avec elles ; son rôle est de relier entre eux ces leviers mobiles et de donner à leurs mouvements un caractère d'ensemble.

L'augmentation de ces deux diamètres peut varier beaucoup. Dans les *inspirations ordinaires*, elle n'excède pas 1½ centimètre ; dans les *inspirations forcées*, elle peut s'élever à 3 centimètres pour le diamètre antéro-postérieur (au niveau de l'extrémité inférieure du sternum, où elle atteint son maximum), à 4 centimètres pour le diamètre transversal (au niveau des côtes les plus longues, la 7^e et la 8^e).

En résumé, *dans les conditions ordinaires*, l'augmentation des diamètres antéro-postérieur et transversal *intervient pour une faible part* dans l'agrandissement de la cavité thoracique. Cet agrandissement est dû surtout, nous le verrons, à l'augmentation du diamètre vertical et à l'action du muscle qui la provoque, du diaphragme.

Muscles qui déterminent ces mouvements. — Dans les divers mouvements que nous venons d'étudier, le sternum et les côtes ne sont que des leviers passifs placés sous la dépendance d'un certain nombre de muscles. Ces muscles ont tous la même action, action déterminée par la direction commune de leurs fibres ; ils sont *élevateurs des côtes*. Leur étude est du ressort de l'anatomie descriptive ; qu'il nous suffise ici de les énumérer : ce sont les *scalènes* et le *petit pectoral* pour les premières côtes ; les *surcostaux*, le *petit dentelé postérieur et supérieur*, le *cervical descendant*, les *digitations descendantes du grand dentelé* et du *grand dorsal*, etc., pour les côtes situées plus bas.

Nous ferons remarquer toutefois que ces muscles agissent très-faiblement dans les inspirations calmes, automatiques, qui constituent en somme l'état normal. Dans ces conditions, nous le répétons, c'est surtout dans le sens de son diamètre vertical et par l'action du diaphragme que la poitrine s'agrandit. Mais si l'inspiration devient *forcée*, dans les cas de dyspnée, par exemple, on les voit entrer en jeu très-activement ; on voit même intervenir alors un certain nombre de *muscles inspireurs auxiliaires* : tels

sont le *sterno-cléido-mastoïdien*, le *trapèze*, le *rhomboïde*, l'*angulaire de l'omoplate*, le *splénius*, les *complexus*, les *grand et petit droits postérieurs* de la tête, les muscles de la *région sus-hyoïdienne*, etc. Quelques-uns de ces muscles immobilisent les pièces osseuses sur lesquelles les muscles inspireurs prennent leur point fixe.

Muscles intercostaux. — Nous avons omis à dessein de mentionner les muscles intercostaux internes et externes parmi les muscles inspireurs, car l'action de ces muscles est loin d'être bien connue. On peut dire que toutes les opinions se sont produites à leur sujet¹; nous n'aurons garde de les discuter à fond ni de prendre parti pour l'une d'elles, étant donné le peu d'importance pratique du point en litige. Nous nous bornerons à les résumer, en les classant, avec M. Sappey, en 6 groupes :

1^o Les intercostaux internes et externes sont les uns et les autres *inspireurs* (Borelli, Sénac, Boerhaave, Winslow, Haller, Cuvier, Duchenne de Boulogne, Marcellin Duval).

2^o Ils sont les uns et les autres *expireurs* (Vésale, Diemerbrock, Sabatier, Beau et Maissiat).

3^o Les intercostaux externes sont *expireurs*, les internes *inspireurs* (Galien, Bartholin).

4^o Les externes sont *inspireurs*, les internes *expireurs* (Spigel, Vesling, Hamberger).

5^o Les intercostaux internes et externes sont à la fois *inspireurs* et *expireurs* (Mayow, Magendie).

6^o Les deux intercostaux sont *passifs* dans les mouvements d'inspiration et d'expiration, et font l'office d'une paroi immobile (Van Helmont, Arantius, Cruveilhier).

Cette dernière opinion a été légèrement modifiée par Küss, qui admet aussi que ces muscles font l'office d'une paroi, mais d'une *paroi active*, élastique et contractile : *élastique*, pour se prêter aux changements de forme et de dimensions que subissent les espaces intercostaux ; *contractile*, pour résister pendant l'inspiration et pendant l'expiration soit à la pression de l'air extérieur, soit à celle de l'air intérieur. Küss fait d'ailleurs remarquer que les espaces intercostaux ne sont pas les seuls points du thorax offrant

1. Voir un travail de Beau et Maissiat in *Archives générales de médecine* (1842-43).

une disposition analogue ; au niveau des *fossettes sus-sternale et sus-claviculaire*, on trouve soit des couches musculaires (peaucier), soit des bandes musculaires tendant des aponévroses (omo-hyoïdien), organes destinés à lutter contre les changements de forme résultant des variations de la pression.

b. Diamètre vertical. — Rôle du diaphragme. — L'agrandissement du diamètre vertical se produit par le jeu du *diaphragme*. On sait que ce muscle est disposé en forme de voûte, convexe du côté de la poitrine, concave du côté de l'abdomen. Il s'insère par sa circonférence à tout le pourtour de la base de la poitrine. Pour qu'il puisse exercer son action inspiratrice, il est nécessaire que les divers points mobiles de ce pourtour (côtes et sternum) soient préalablement fixés. Ils le sont par la contraction des *élévateurs*. Si le diaphragme entre alors en contraction, le résultat de toute contraction musculaire étant le raccourcissement des fibres charnues, et d'autre part le plus court chemin d'un point à un autre étant la ligne droite, la convexité du diaphragme tendra à se transformer en un plan horizontal¹ et le diamètre vertical de la poitrine se trouve ainsi augmenté.

Cet abaissement du diaphragme tend à refouler dans la cavité abdominale les viscères qui sont en contact avec la face inférieure du muscle (foie, estomac). La paroi abdominale, qui jouit d'une certaine élasticité, cède devant cette pression ; c'est ce qui explique le léger soulèvement du ventre qui coïncide avec chaque dilatation inspiratrice du thorax. On conçoit que ce déplacement des viscères abdominaux puisse être parfois utilisé en clinique pour décider, suivant qu'une tumeur se déplace ou non pendant les mouvements respiratoires, si cette tumeur a son siège dans la paroi de l'abdomen ou dans un viscère de cette cavité.

Certains auteurs pensent que le diaphragme n'agit pas uniquement en augmentant le diamètre vertical de la poitrine, mais qu'il *contribue aussi à l'augmentation des diamètres antéro-postérieur et transversal* (Beau et Maissiat, Duchenne de Boulogne). Il prendrait, dans ce cas, un point d'appui relativement fixe sur les viscères abdominaux par son centre (centre phrénique), et sa contraction

1. On a même cru autrefois qu'elle pouvait, dans certains cas, se transformer en une convexité *du côté de l'abdomen*. Mais les vivisections montrent que, même dans les inspirations les plus énergiques, la voussure pectorale du diaphragme n'est jamais complètement effacée.

aurait alors pour résultat d'élever les côtes inférieures auxquelles ses fibres prennent insertion. Cette action, absolument accessoire en tout cas, est d'ailleurs niée par d'autres.

Le fait certain, capital, c'est que la contraction du diaphragme augmente le diamètre vertical de la poitrine, et que c'est à cet allongement que la poitrine doit sa principale augmentation de capacité au moment de l'inspiration. La valeur de l'allongement de ce diamètre est impossible à déterminer chez l'homme; elle est du reste absolument variable suivant les individus et suivant l'énergie des inspirations. M. Colin, à la suite d'expériences sur le cheval, estime que chez cet animal cet agrandissement est environ 3 fois supérieur à celui que subit le diamètre transversal.

Ce rôle du diaphragme nous permet de concevoir à quels désordres graves doit donner lieu la *paralysie de ce muscle* (voir Duchenne de Boulogne, *De l'électrisation localisée*, Paris, 1872) : flasque et inerte, le diaphragme est alors comme aspiré dans la cavité thoracique à chaque inspiration, entraînant avec lui les viscères abdominaux. Le même phénomène se produit, en dehors de la paralysie du diaphragme, dans certains cas de dyspnée intense (croup, œdème de la glotte, etc.). La mise en jeu de tous les muscles inspireurs produit alors dans la cavité thoracique une aspiration énergique, dont la force de contraction du diaphragme ne peut contrebalancer la puissance; au lieu du soulèvement de la paroi abdominale que nous signalions tout à l'heure, on voit alors se produire au contraire une dépression de cette paroi, principalement au niveau du creux épigastrique; c'est à ce phénomène qu'on donne le nom de *tirage*.

Des types respiratoires. — Les trois diamètres de la poitrine ne prennent pas une part égale chez tous les individus à l'agrandissement de cette cavité.

On peut modifier expérimentalement le mode d'inspiration normal d'un individu en comprimant soit son thorax, soit son abdomen, et en forçant par là tel ou tel diamètre à prédominer aux dépens des autres.

L'homme peut arriver au même résultat par l'exercice; c'est ainsi que les chanteurs s'étudient à porter au maximum leur *respiration ventrale* (ou diaphragmatique) qui emmagasine dans la poitrine la plus grande quantité d'air et permet de soutenir le plus longtemps possible l'émission du son.

Dans cet ordre d'idées, Beau et Maissiat ont distingué trois modes principaux de respiration auxquels ils ont donné le nom de

types respiratoires: type *abdominal*, type *costo-inférieur*, type *costo-supérieur*. — La respiration est abdominale chez l'enfant de l'un et l'autre sexe. Elle est abdominale et costo-inférieure chez l'homme adulte. Chez la femme au contraire, à partir de l'époque de la puberté, elle est plutôt costo-supérieure; ce mode de respiration est favorisé par la compression qu'exerce le corset sur la base du thorax et sur l'abdomen; il est surtout en rapport avec les fonctions spéciales de la femme adulte; on conçoit en effet combien le jeu du diaphragme s'effectuait difficilement chez elle pendant la période de gravidité de l'utérus.

Rôle des voies aériennes pendant l'inspiration. —

L'air appelé de l'extérieur vers le poumon pénètre par deux orifices, les *fosses nasales* et la *bouche*. Puis il traverse successivement le *pharynx*, le *larynx*, la *trachée* et les *bronches* avant d'arriver jusqu'au poumon. Nous devons examiner comment se comportent ces différents conduits dans l'acte de l'inspiration.

Béance des conduits aériens. — Nous ferons remarquer d'abord qu'ils présentent tous une disposition anatomique commune dont l'utilité se conçoit sans peine: ils possèdent tous des *parois rigides* destinées à les maintenir *béants* pendant l'inspiration. Il est évident en effet que si ces canaux étaient purement membraneux, ils tendraient à se déprimer, à s'aplatir, sous l'influence de la pression extérieure, dès que la pression intérieure viendrait à diminuer, et que cet aplatissement de leur calibre opposerait un obstacle infranchissable à l'accès de l'air.

Les organes qui assurent cette *béance* varient suivant les différentes parties du conduit aérien. En certains points (narines, larynx, trachée, bronches), ce sont des cerceaux cartilagineux de formes diverses; dans les fosses nasales, ce sont des parois osseuses; dans le pharynx, c'est une aponévrose résistante et solidement fixée aux parties osseuses avoisinantes. Enfin nous voyons les ailes du nez se dilater *activement* sous l'influence de leurs muscles éleveurs pendant les inspirations actives et énergiques, en cas de dyspnée, par exemple. Le même fait se produit d'une façon plus nette et plus constante au niveau des *lèvres de la glotte*; on comprend en effet que les cordes vocales, mobiles à l'état normal, auraient une grande tendance à se laisser refouler vers le larynx au moment de l'inspiration et à intercepter ainsi le passage de l'air, si elles n'étaient maintenues écartées. Ce rôle appartient à un muscle, le *crico-aryténodien postérieur*, qui agit sur chaque corde vocale en imprimant un mouvement spécial au cartilage aryté-

noïde correspondant. L'importance de ce muscle est mise en évidence par ce fait que sa paralysie provoque rapidement des accidents asphyxiques; les accidents de ce genre ne sont pas rares chez les chevaux employés dans les fabriques de céruse et intoxiqués par le plomb. En réalité, les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs sont donc *inspirateurs* au premier chef, puisque leur action est indispensable dans toute inspiration.

Mouvements de la trachée. — Le larynx et la trachée, entraînés par l'os hyoïde, s'abaissent pendant l'inspiration, s'élèvent pendant l'expiration. Par suite le calibre de la trachée s'élargit dans le premier cas, se rétrécit dans le second, tout comme la fente glottique.

Rôle de la muqueuse pituitaire. — Nous avons dit que l'air peut arriver dans le pharynx soit par les fosses nasales, soit par la bouche. Mais on sait que les fosses nasales sont munies d'anfractuosités nombreuses (méats, cornets), et que ces anfractuosités sont tapissées dans toute leur étendue par une muqueuse chaude et humide; or le rôle de cette muqueuse consiste précisément à réchauffer l'air inspiré et à le charger de vapeur d'eau, de façon à le mettre dans les mêmes conditions de température et d'humidité que la surface pulmonaire avec laquelle il va se trouver en contact. C'est donc par les fosses nasales que doit se faire l'inspiration normale, et l'on conçoit les inconvénients qu'il peut y avoir à respirer par la bouche, surtout dans un milieu froid et sec; les personnes qui respirent habituellement par la bouche (chanteurs, orateurs, etc.) sont spécialement prédisposées à l'angine granuleuse chronique.

Quand les enfants prennent le sein, leur respiration est forcement et exclusivement nasale, puisque l'acte de la succion interdit à l'air l'accès de la cavité buccale. On s'explique ainsi comment un simple *coryza*, qui obstrue les fosses nasales en tuméfiant la pituitaire, peut exposer les enfants de cet âge à mourir d'asphyxie ou d'inanition.

§ 2. — De l'expiration.

L'expiration a pour but de rejeter à l'extérieur l'air devenu impropre à l'oxygénation du sang; elle replace en même temps le poumon et la cavité thoracique dans les conditions nécessaires pour qu'une nouvelle excursion respiratoire puisse avoir lieu.

Mécanisme de l'expiration. — De même que l'inspiration, l'expiration doit être divisée en expiration *ordinaire* et expiration *forcée*. Son mécanisme doit être étudié séparément dans chacune de ces deux conditions, car il n'est pas le même dans les deux cas.

1^o *Expiration ordinaire.* — Nous avons vu que dans l'inspiration le rôle du poumon se bornait à suivre la dilatation de la paroi thoracique; ici c'est le contraire qui a lieu : le poumon agit, la paroi thoracique devient passive à son tour. Mais comment agit le poumon?

On sait que cet organe contient un grand nombre de fibres musculaires lisses disposées circulairement dans la paroi des petites bronches (muscles de Reisseissen). Cet organe est donc contractile, et sa contractilité est démontrée par l'expérience suivante de Williams. On prend le poumon d'un chien récemment sacrifié; on adapte à la trachée un tube métallique dont la partie supérieure est en verre et porte une échelle graduée : ce tube étant rempli d'un liquide coloré, si l'on fait passer un courant induit dans le poumon en appliquant l'un des pôles sur la surface externe de ce viscère, l'autre pôle sur le tube métallique, on voit le poumon se contracter, et cette contraction se traduira par une ascension du liquide dans le tube en verre, ascension dont on peut mesurer la valeur au moyen de l'échelle graduée.

Seulement ces contractions du poumon, comme celles des fibres lisses en général, sont lentes à se produire, lentes à s'éteindre; elles ne peuvent donc être isochrones aux mouvements respiratoires, et la contractilité du poumon ne saurait être invoquée comme cause déterminante de l'expiration.

Élasticité du poumon. — Le poumon agit en vertu d'une propriété de tissu qu'il possède au plus haut point, l'élasticité.

L'élasticité du tissu pulmonaire se démontre facilement en détachant un poumon du corps d'un animal (chien) et en l'insufflant par la trachée; le poumon se dilate sous l'effort de l'air, puis revient brusquement sur lui-même aussitôt que l'insufflation a cessé.

Sur l'animal vivant, cette élasticité ne cesse jamais d'être en jeu, comme nous le verrons tout à l'heure, même à l'état de repos du poumon, c'est-à-dire pendant le laps de temps qui sépare une excursion respiratoire de l'excursion qui va la suivre. Au moment où se produit l'inspiration, le poumon n'accompagne que malgré lui la paroi thoracique, et plus l'inspiration se prolonge, plus son

élasticité lutte violemment contre les puissances inspiratrices'. Qu'à un moment donné ces puissances cessent d'agir, le poumon, obéissant librement à son élasticité, va revenir sur lui-même, entraînant avec lui les parois thoraciques et chassant l'air que l'inspiration avait fait pénétrer dans son intérieur. — Tel est le mécanisme de l'expiration ordinaire; celle-ci reconnaît donc pour cause le relâchement des muscles inspirateurs, relâchement qui permet à l'élasticité pulmonaire de se donner libre jeu et de ramener le poumon à son volume primitif. Ce mouvement de retrait du poumon est borné, à un moment donné, par les dimensions de la cage thoracique, qui ne peut diminuer que dans certaines limites; cet arrêt constitue l'état de repos du poumon.

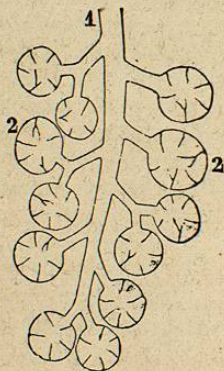


FIG. 104. — Canalicule respirateur et ses lobules dilatés pendant l'inspiration.

Il ne faudrait pas croire qu'à ce moment l'élasticité du poumon soit épuisée. Elle est seulement neutralisée par la pression atmosphérique qui s'exerce à la surface interne du poumon, tandis que sa surface externe, en rapport avec le vide de la cavité pleurale, ne subit aucune pression. Mais si l'on permet à la pression atmosphérique de s'exercer également sur les deux surfaces du poumon,

1. Si cette distension était portée à son maximum, elle ferait équilibre à une colonne de mercure qui aurait pour base la surface externe du poumon et pour hauteur environ 18^{mm}.

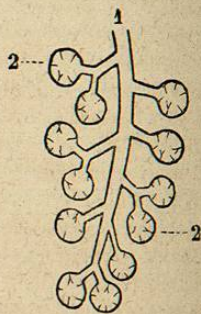


FIG. 105. — Les mêmes pendant l'expiration.

en laissant pénétrer l'air dans la cavité pleurale, on voit le poumon se rétracter énergiquement contre la colonne vertébrale sous la forme d'une petite masse spongieuse, à peine reconnaissable'. Ces conditions sont faciles à réaliser expérimentalement sur le cadavre; elles sont réalisées sur l'homme vivant dans certains cas pathologiques (pneumothorax, plaies pénétrantes de poitrine).

2^o Expiration forcée. — Dans quelques cas, l'expiration doit se faire avec une énergie plus grande qu'à l'état normal; la paroi thoracique ne se contente plus alors de suivre le mouvement de retrait du poumon; elle prend un rôle actif et comprime le poumon pour augmenter la vitesse et l'énergie du courant d'air expirateur. Cette contraction active de la paroi thoracique est déterminée par l'intervention de certains muscles.

Muscles expirateurs. — Ces muscles agissent en sens inverse de ceux de l'inspiration, c'est-à-dire qu'ils abaissent les côtes. Ce sont le petit dentelé inférieur, le carré des lombes, les sous-costaux, le triangulaire du sternum, les digitations supérieures du grand dentelé, certains faisceaux du long dorsal et du transversaire épineux, enfin les muscles de la paroi abdominale (droit, grand oblique, petit oblique, transverse). Ces derniers agissent non-seulement en abaissant les côtes, mais encore en refoulant les viscères abdominaux dans la cavité thoracique, dont le diamètre vertical se trouve ainsi diminué.

Il est à remarquer que ces muscles sont moins nombreux et pour la plupart moins puissants que les muscles de l'inspiration. La raison de ce fait est facile à comprendre.

Les muscles inspirateurs ont en effet à vaincre des résistances de plusieurs sortes: d'abord l'élasticité du poumon, qui est loin d'être épuisée, ainsi que nous l'avons montré, à l'état de repos de la poitrine, et dont la force va sans cesse en croissant à mesure que l'inspiration est plus avancée; en second lieu, une pression qui s'exerce sur la surface du thorax et qui est égale à la différence entre la pression atmosphérique et la tension de l'air contenu dans le poumon; enfin la résistance naturelle des parois thoraciques et des cartilages costaux. Dans l'expiration, au contraire, ces diverses forces, dont la résultante peut être évaluée à 50 kilogrammes au moins (Béclard), agissent dans le même sens

1. M. Donders a mesuré que la force élastique en vertu de laquelle s'opère cette rétraction fait équilibre à une colonne de mercure de 6^{mm} de hauteur qui aurait pour base la surface du poumon.