

pendant la marche, en raison de l'anesthésie tactile et peut-être aussi musculaire, atteint son maximum lorsque le sujet passe du jour à l'obscurité (signe de ROMBERG), la surveillance que la vue exerce normalement sur les mouvements devenant de la sorte impossible. Un ataxique qui se maintient debout quoique avec peine en joignant les deux pieds, oscille d'une manière inquiétante et chancelle lorsqu'on lui ordonne de fermer les yeux. Mais, de toutes les impressions périphériques, les plus importantes pour le maintien de l'équilibre et pour la coordination des mouvements, sont, comme nous le verrons plus loin, celles qui ont leur origine dans le labyrinthe (canaux demi-circulaires de l'oreille interne) et qui sont transmises par le nerf auditif aux organes centraux de l'équilibration.

ARTICLE II PHONATION

La voix est produite par les vibrations de l'air dans le larynx et les parties supérieures du tuyau aérien. Dans l'analyse du mécanisme de la voix, il faut distinguer le son glottique et les modifications de ce son qui constituent la parole ou langage articulé.

§ 1. — SON GLOTTIQUE

Ainsi qu'il est facile de s'en assurer, en mettant à nu le larynx chez les animaux ou en pratiquant l'examen laryngoscopique chez l'homme, le son laryngien (voix proprement dite), est dû à la vibration des replis membraneux appelés *cordes vocales*, qui s'insèrent d'une part à l'angle rentrant du cartilage thyroïde et d'autre part à l'apophyse vocale des aryténoïdes, limitant ainsi une fente étroite de forme triangulaire désignée sous le nom de *glotte*. La glotte s'étendant en arrière entre les deux cartilages aryténoïdes, on la divise ordinairement en deux parties : l'une antérieure inter-ligamenteuse,

l'autre postérieure inter-aryténoïdienne. Les cordes vocales sont mises en vibration par le courant d'air de l'expiration ; elles sont comparables à des anches membraneuses. Étudions d'abord les caractères et les qualités du son glottique, puis l'action des muscles et du système nerveux dans la production de la voix.

1° Caractère du son glottique. — L'intensité de la voix dépend de l'amplitude des vibrations des cordes vocales, et par conséquent du volume et de la force du courant d'air qui est expulsé dans les bronches par l'expiration. La hauteur du son glottique dépend du nombre des vibrations, et se montre en rapport avec le degré de tension des cordes vocales et la longueur de leur partie vibrante. Le nombre des vibrations d'une corde étant en raison directe de sa tension et en raison inverse de sa longueur, il est facile de comprendre que le son glottique sera d'autant plus aigu que les cordes vocales seront plus tendues et plus courtes. Cet effet est obtenu par la contraction de certains

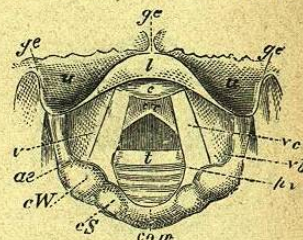


Fig. 138.

Image laryngoscopique pendant l'inspiration (MORELL-MACKENZIE).

l, épiglote. — *u*, face antérieure de l'épiglotte. — *c*, coussinet de l'épiglotte. — *ge*, replis glosso-épiglottiques. — *ae*, replis aryténo-épiglottiques. — *cw*, cartilage de Wrisberg. — *cs*, cartilage de Santorini. — *com*, commissure aryténoïdienne. — *vb*, bande ventriculaire. — *vc*, corde vocale. — *cr*, cricoïde et *t*, anneaux de la trachée, que l'on aperçoit à travers la glotte très dilatée par l'écartement des cordes vocales.

muscles et par la production de nœuds de vibration sur le bord libre des cordes, lorsque ces replis viennent à se toucher (tout comme lorsqu'on applique le doigt sur une corde en vibration). Ce dernier mécanisme est probablement celui qui préside à la production de la *voix de tête* ou de *fausset* que l'on oppose à la *voix de poitrine*, dans laquelle les vibrations des cordes vocales s'accompagnent de vibrations plus ou moins accusées, des parois thoraciques. Mais dans tous les cas

les cordes vocales ne peuvent vibrer que si elles sont suffisamment rapprochées, de manière à rétrécir la fente glottique et à renforcer par ce moyen la vitesse du courant d'air. *Rapprochement* et *tension* des cordes vocales, telles sont donc les deux conditions indispensables pour la production de la voix. De plus, pendant l'émission des sons aigus, le larynx s'élève, tandis qu'il s'abaisse au contraire pour les sons graves.

Les dimensions naturelles des cordes vocales et du larynx étant très différentes suivant l'âge, le sexe et les individus, la

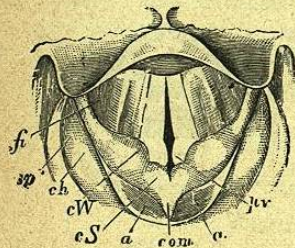


Fig. 139.

Image laryngoscopique pendant la phonation (MORELL-MACKENZIE).

a, face postérieure des aryténoïdes. — pv, apophyse vocale. — fi, fosselle innominée. — sp, fosselle hyoïdienne. — ch, corne de l'os hyoïde.

hauteur de la voix est évidemment sujette à de grandes variations. La voix est plus aiguë chez l'enfant ; au moment de la puberté, elle devient brusquement plus grave (*mue de la voix*) ; le larynx s'accroît et le cartilage thyroïde fait une saillie plus accusée (*pomme d'Adam*) ; il y a un rapport très évident entre ce développement du larynx et le développement des organes génitaux ; la voix des garçons châtés dans le bas âge garde toujours les caractères de celle de l'enfant (voix de *soprano*, des eunuques). C'est surtout chez l'homme que le larynx se développe à la puberté ; chez la femme il reste petit, et la voix conserve une tonalité élevée. La hauteur de la voix présente aussi des variations individuelles très prononcées et, à ce point de vue, on distingue les voix de *basse*, de *baryton*, de *ténor*, de *soprano*, etc. Mais, quoi qu'il en soit, l'étendue de la voix (c'est-à-dire l'espace qui sépare le minimum du maximum du nombre des vibrations possibles chez un même individu) est à peu près constante : elle comprend en moyenne deux octaves et très exceptionnellement trois octaves.

Quant au *timbre* de la voix, il dépend, ainsi que l'a démontré

HELMHOLTZ, du nombre des *sons harmoniques* qui accompagnent le *son fondamental*. Comme toute anche membraneuse, la corde vocale, en vibrant, produit, en outre du son fondamental, un certain nombre de sons partiels ou harmoniques. De là, le timbre particulier du son glottique. Mais de plus, le timbre est accentué et modifié par le renforcement de quelques-uns de ces sons harmoniques au niveau des cavités sus-glottiques (ventricules du larynx, pharynx, fosses nasales, bouche) agissant comme des résonateurs.

HELMHOLTZ, du nombre des *sons harmoniques* qui accompagnent le *son fondamental*. Comme toute anche membraneuse, la corde vocale, en vibrant, produit, en outre du son fondamental, un certain nombre de sons partiels ou harmoniques. De là, le timbre particulier du son glottique. Mais de plus, le timbre est accentué et modifié par le renforcement de quelques-uns de ces sons harmoniques au niveau des cavités sus-glottiques (ventricules du larynx, pharynx, fosses nasales, bouche) agissant comme des résonateurs.

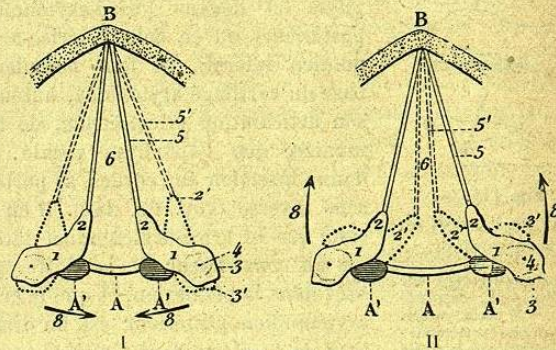


Fig. 140.

I. Schéma de l'action du dilateur de la glotte ou abducteur des cordes vocales, crico-aryténoïdien postérieur (d'après TESTUT).

II. Schéma de l'action du constricteur de la glotte ou adducteur des cordes vocales, crico-aryténoïdien latéral (d'après TESTUT).

I. — B, cartilage thyroïde. — A, A', cricoïde. — 1, aryténoïde. — 2, apophyse vocale ; 2', apophyse vocale en abduction. — 3, apophyse musculaire ; 3', apophyse musculaire attirée en dedans par le muscle crico-aryténoïdien postérieur dans la direction indiquée par la flèche 8. — 4, centre de rotation de l'aryténoïde. — 5, 5', corde vocale. — 6, glotte. L'apophyse musculaire se portant en dedans suivant la direction de la flèche 8, l'apophyse vocale se porte en dehors de 2 en 2' et les cordes vocales s'éloignent de 5 en 5'.

II. — L'apophyse musculaire se portant suivant la direction de la flèche 8, l'apophyse vocale 2 se porte en dedans en 2' et les cordes vocales se rapprochent de 5 en 5'.

2° **Action des muscles du larynx dans la phonation.** — Parmi les muscles du larynx, les uns opèrent le rapprochement ou l'écartement des cordes vocales, les autres la tension

de ces cordes. Les premiers sont au nombre de trois : l'un impair l'*ary-aryténoïdien* ; les deux autres pairs : le *crico-aryténoïdien postérieur* et le *crico-aryténoïdien latéral*. L'*ary-aryténoïdien*, par sa contraction, attire en bloc l'un vers l'autre les deux cartilages aryténoïdes et rétrécit de ce fait la glotte intercartilagineuse et en même temps la glotte interligamenteuse. Les deux autres muscles ont leurs insertions fixes sur le cricoïde et leur insertion mobile sur l'apophyse musculaire de

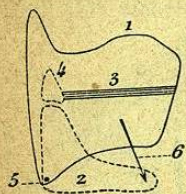


Fig. 141.

Schéma de l'action du crico-thyroïdien.

1, cartilage thyroïde (vue de profil). — 2, cartilage cricoïde. — 3, corde vocale. — 4, cartilage aryténoïde. — 5, articulation de la petite corne du thyroïde avec le cricoïde. — 6, flèche indiquant l'action du crico-thyroïdien (le thyroïde se rapproche du cricoïde, en basculant autour de l'axe de rotation 5).

rée ; au contraire, la paralysie des crico-aryténoïdiens postérieurs met obstacle à la dilatation de la glotte et trouble gravement la respiration.

La tension des cordes vocales est opérée par deux muscles pairs ; le *crico-thyroïdien* et le *thyro-aryténoïdien*. Le crico-thyroïdien fait basculer le cartilage thyroïde sur le cricoïde en l'attirant en bas de manière que l'insertion des cordes dans l'angle rentrant du thyroïde s'éloigne légèrement de leur insertion à l'apophyse vocale ; de la sorte, les cordes s'allongent un peu et se tendent (voy. fig. 141). Le thyro-aryténoïdien est

le muscle vocal par excellence ; il est contenu, en effet, dans l'épaisseur même de la corde vocale et la constitue essentiellement avec le ligament élastique situé plus superficiellement sous la muqueuse. Inséré d'une part dans l'angle rentrant du cartilage thyroïde et d'autre part à l'apophyse vocale, il tend à rapprocher ces deux points en faisant basculer le thyroïde en sens inverse de l'action du muscle précédent, et par conséquent à raccourcir la corde. Mais si le cartilage thyroïde est fixé par la contraction du crico-thyroïdien, le thyro-aryténoïdien a pour principal effet de tendre la corde vocale, en même temps qu'il donne à son tissu la rigidité nécessaire pour la vibration ; de plus, quelques-unes de ses fibres s'insèrent sur différents points du ligament de la corde et peuvent ainsi y déterminer par leur contraction la production de nœuds de vibration. La paralysie de ces muscles entraîne l'aphonie ; cependant la paralysie isolée du crico-thyroïdien peut se traduire seulement par de la raucité de la voix ; dans ce dernier cas, il est possible de faire disparaître cette raucité si l'on supplée à l'action normale du muscle en abaissant mécaniquement le thyroïde par une pression exercée de haut en bas sur la pomme d'Adam.

3° Innervation du larynx. — Le larynx reçoit deux branches du pneumogastrique : le *laryngé supérieur* et le *laryngé inférieur* ou *récurrent* (voy. fig. 177, p. 591). Le laryngé supérieur est surtout sensible ; il donne la sensibilité à la muqueuse du larynx ; toutefois il innerve aussi le muscle crico-thyroïdien par un petit filet, le *laryngé externe*. La section du laryngé supérieur anesthésie la muqueuse du larynx et paralyse le crico-thyroïdien ; le réflexe de la toux devient alors impossible, et les corps étrangers peuvent pénétrer dans le larynx sans que le sujet en soit averti ; de plus, la voix devient rauque. Les récurrents innervent tous les autres muscles du larynx. Aussi, leur section est-elle suivie d'une *aphonie complète*. Si on ne sectionne le récurrent que d'un seul côté, la voix n'est pas complètement abolie, mais devient très rauque. Cliniquement les altérations du récurrent peuvent amener des

paralysies isolées des constricteurs ou des dilateurs de la glotte. D'après CL. BERNARD, ces fibres motrices n'appartiennent pas en réalité au pneumogastrique, mais bien au spinal. Ce dernier à sa sortie du crâne se divise en deux branches : une *branche interne* qui se jette aussitôt dans le pneumogastrique et se confond avec lui ; elle contient les filets moteurs des muscles du larynx ; et une *branche externe* qui innerve les muscles sterno-mastoidien et trapèze (muscles qui reçoivent aussi des filets du plexus cervical). Ces deux derniers muscles interviennent d'une manière indirecte dans la phonation : ils contribuent, en effet, à maintenir les parois thoraciques en inspiration de façon à n'en permettre que l'affaissement graduel ; de la sorte ils règlent et ménagent la sortie de l'air des poumons, comme par exemple dans l'action de *filer un son*. Le nerf spinal est donc le *nerf vocal* par excellence, puisqu'il tient sous sa dépendance non seulement les mouvements de l'appareil phonateur, mais encore pour une part les mouvements du soufflet thoracique. Cette double action est supprimée par l'arrachement des spinaux : la voix est abolie et, de plus, l'animal présente un essoufflement caractéristique. Remarquons encore que le sterno-mastoidien et le trapèze sont les deux principaux muscles qui commandent les mouvements de la tête dans les gestes expressifs. Pour ce motif, nous pouvons regarder aussi le spinal comme le *nerf de la mimique*.

CL. BERNARD admit, toutefois, que les muscles du larynx reçoivent une part de leur innervation du pneumogastrique, mais seulement en tant qu'ils agissent dans la respiration. La glotte se dilate dans l'inspiration et se rétrécit dans l'expiration ; après la section des récurrents, les cordes vocales se rapprochent et mettent obstacle au passage de l'air ; chez les animaux adultes, il reste cependant un passage suffisant pour l'air, et la respiration peut continuer à se faire sans gêne apparente. Mais il n'en est pas de même pour les jeunes animaux chez lesquels la glotte n'est pas encore très développée ; les cordes vocales paralysées font tampon et obstruent la glotte ; de là vient que ces animaux asphyxient après la section des récur-

rents, si on ne leur fait pas la trachéotomie. Le pneumogastrique et le spinal seraient donc, d'après CL. BERNARD, des nerfs antagonistes ; le premier serait le nerf de la respiration simple, organique ; le second, le nerf de la respiration forcée, volontaire, liée à la production de la voix et de l'effort.

Quoi qu'il en soit, il est certain que pour ce qui concerne les *centres nerveux*, le larynx a une innervation double, l'une respiratoire, l'autre vocale. La première dépend du centre respiratoire de la moelle allongée (voy. fig. 94, p. 303) et est, pour la plus grande part, réflexe, quoique nous puissions aussi modifier volontairement les mouvements respiratoires. L'innervation vocale par contre est avant tout consciente, et provient d'un centre nerveux situé dans l'écorce cérébrale (centre cortical du larynx qui se trouve dans le pied de la circonvolution frontale ascendante).

§ 2. — PAROLE

Le larynx à lui seul ne peut donner que des sons de hauteur variable, mais toujours de même timbre. Or, la parole résulte principalement de la succession de sons variés de timbre très différent. Les modifications de timbre du son glottique sont produites dans la partie supérieure du tuyau aérien, pharynx, fosses nasales et bouche principalement. La parole se compose essentiellement de *voyelles* et de *consonnes*.

1° Voyelles. — Les voyelles, ainsi qu'il résulte des recherches d'HELMHOLTZ et de DONDEES, sont des sons musicaux d'origine glottique, dont certains sons partiels se trouvent renforcés dans les cavités du pharynx et de la bouche, agissant comme caisses de résonance. Grâce à la mobilité de leurs parois, ces cavités peuvent changer leur forme et leurs dimensions dans l'émission des différentes voyelles. C'est ainsi que la tubulure supra-laryngée s'allonge par la protusion des lèvres et la descente du larynx, en même temps qu'elle se dilate transversalement, lors de l'émission des voyelles à longues vibrations *o*, *ou*, tandis qu'elle se rétrécit et se raccourcit par le retrait

des lèvres et l'ascension du larynx dans l'émission des voyelles à courtes vibrations (*i*). En prononçant la série des voyelles *ou, u, o, a é, i*, la tubulure diminue de plus en plus de longueur. Les mouvements de la langue, l'ouverture plus ou moins grande de la bouche, les mouvements du voile du palais permettant plus ou moins le passage de l'air par les fosses nasales, sont autant de conditions qui interviennent dans la production des voyelles.

2° Consonnes. — Les consonnes sont des *bruits* qui prennent naissance au niveau des différentes parties rétrécies de la tubulure; ces bruits ne sont pas distincts par eux-mêmes et ne peuvent se faire entendre que s'ils sont associés à une voyelle. Suivant qu'elles prennent naissance principalement au niveau des lèvres, de la langue ou du gosier, les consonnes sont divisées en labiales, linguales et gutturales, et chacun de ces groupes comprend des consonnes explosives, continues et tremblotantes, selon que l'émission du son se fait avec vibration brusque ou par un courant d'air continu ou avec tremblement.

CHAPITRE III

PHYSIOLOGIE DES CENTRES NERVEUX

Nous étudierons les fonctions des centres nerveux dans l'ordre naturel imposé par leur complication croissante : moelle, bulbe, mésencéphale, cerveau. Les notions générales qui se rapportent aux éléments nerveux ont été données plus haut; nous n'avons donc pas à y revenir et nous pouvons aborder immédiatement l'étude de la moelle.

ARTICLE PREMIER

MOELLE ÉPINIÈRE

Un manteau de substance blanche entourant une partie centrale grise, telle est la constitution macroscopique de la moelle. La substance blanche est formée de fibres à myéline; la substance grise de cellules nerveuses et de fibres sans myéline (feutrage des prolongements des corps de neurones). La substance grise sur une coupe a la forme d'un H dont les deux jambages sont représentés par les cornes antérieures et postérieures situées dans les deux moitiés symétriques de la moelle, et le trait transversal par la commissure grise. Les racines antérieures des nerfs rachidiens émergent de la moelle au niveau de la tête des cornes antérieures, les racines postérieures aboutissent à la moelle au niveau de la tête des cornes postérieures. Les neurones médullaires comprennent deux