

courbe de la vitesse dans laquelle on voit l'aiguille de l'appareil tracer un brusque crochet au moment où la pression s'élève dans l'artère sous l'effort systolique du cœur. Pour les grosses artères, l'aiguille après avoir tracé ce crochet revient au zéro et même le dépasse en sens inverse, indiquant par là un courant

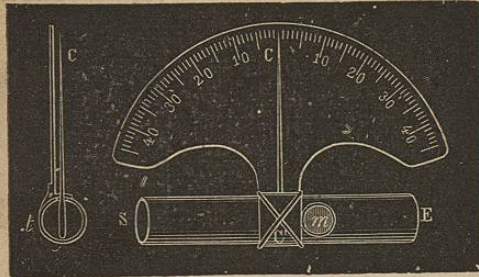


Fig. 56.

Hémodromomètre de Chauveau : à droite vue de face; à gauche en coupe.

rétrograde momentané qui coïncide avec le début de la diastole du ventricule et l'occlusion des valvules sigmoïdes, comme l'indique le tracé suivant (fig. 57).

c. Causes qui font varier la vitesse du sang. La vitesse du sang dans une artère donnée dépend de deux facteurs, la force du cœur et la résistance périphérique à l'écoulement. Elle varie en raison directe de l'énergie cardiaque et en raison inverse des résistances périphériques. En effet, elle augmente si le cœur accroît la force de ses battements, ou bien, ce facteur restant constant, si les petits vaisseaux se dilatent en aval du point exploré, de manière à restreindre l'obstacle à l'écoulement. Elle diminue dans les conditions contraires.

d. Rapports entre la vitesse et la pression. — Les valeurs de la pression et de la vitesse en un point quelconque du système circulatoire peuvent présenter des variations de même sens, mais aussi de sens inverse. A ce point de vue, la loi est

que la pression et la vitesse varient dans le même sens toutes les fois que la cause de la variation se trouve en amont du point exploré, tandis qu'elles varient en sens inverse lorsque

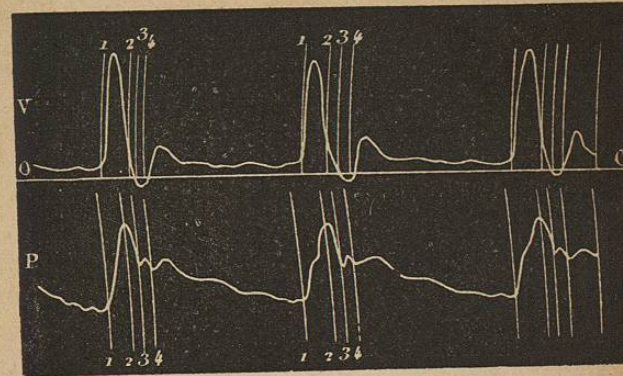


Fig. 57.

Tracés simultanés de la vitesse du sang V, et de la pression P, recueillis dans la carotide d'un cheval. 1, 2, 3, 4, sont des repères servant à déterminer le synchronisme des différents éléments de ces courbes (d'après MAREY).

cette cause se fait sentir en aval, ainsi que l'indique le tableau suivant :

		Pression	Vitesse
Force du cœur	{ Augmentée	+	+
	{ Diminuée	-	-
Résistance à l'écoulement.	{ Augmentée	+	-
	{ Diminuée	-	+

4° Signes extérieurs de la circulation dans les artères.

— Ces signes sont : les mouvements de locomotion des artères, le pouls et le changement de volume des organes.

a. Locomotion des artères. — Nous avons dit que les artères, en raison de leur élasticité, se laissent distendre par l'ondée ven-

triculaire. Cette dilatation répartie sur tout le système artériel permet aux artères de loger la charge additionnelle de sang lancée par le ventricule gauche à chaque systole : mais, pour une artère donnée, la distension est tellement minime qu'elle échappe à nos sens et qu'on ne peut la mettre en évidence qu'avec des appareils délicats. POISEUILLE démontra la dilatation

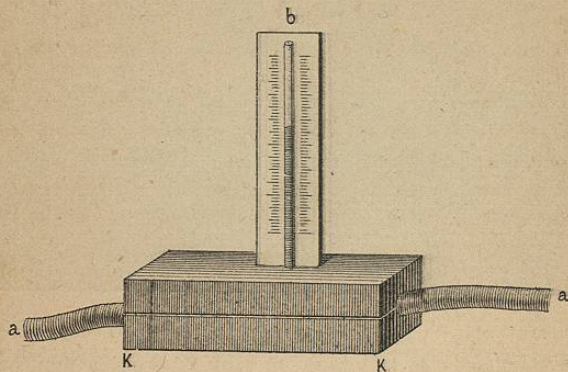


Fig. 58.

Appareil de Poiseuille pour démontrer la dilatation des artères.

des artères en enfermant un de ces vaisseaux (*aa*, fig. 58) dans une boîte étanche (*KK*) surmontée d'un tube capillaire *b*, le tout rempli d'eau. Il vit alors l'eau s'élever dans le tube capillaire à chaque systole ventriculaire et s'abaisser à chaque diastole, traduisant ainsi les mouvements d'expansion et de retrait de l'artère. Il y a donc une diastole et une systole artérielle correspondant respectivement à la systole et à la diastole ventriculaire. Il se produit aussi un mouvement de locomotion de l'artère dans le sens de l'axe ; au moment de la systole ventriculaire, l'artère tend à s'allonger ; si elle est coupée et liée, comme dans le moignon d'un membre amputé, on voit son extrémité saillir hors des chairs à chaque systole ; si elle est fixée à ses deux extrémités, elle devient sinueuse.

b. Pouls. — Le *pouls* est cette sensation de choc éprouvée par le doigt qui palpe une artère en la déprimant sur un plan résistant. Il est dû au changement brusque de la tension artérielle au moment du passage de l'onde qui prend naissance dans l'aorte sous l'impulsion du ventricule. Cette ondulation se propage jusqu'aux capillaires, où elle s'éteint, avec une vitesse de 9 mètres par seconde. Il ne faut par conséquent pas confondre cette vitesse de l'onde (*forma materiæ progrediens*) avec la vitesse de la masse liquide qui est, comme on se le rappelle, bien plus faible. Pour que le pouls soit senti, il faut que le doigt déprime le vaisseau de façon à se substituer à la force élastique de ses parois, et pour que l'artère soit déprimée, il est nécessaire qu'elle repose sur un plan résistant ; aussi ne perçoit-on que très difficilement le pouls des artères qui se trouvent entourées de parties molles. Le pouls ayant pour cause le durcissement de l'artère au moment du passage de l'onde, il est clair qu'il ne doit pas être synchrone pour toutes les artères, puisque l'onde met un certain temps à parcourir l'arbre artériel. Presque synchrone avec la systole cardiaque pour les grosses artères voisines du cœur, la carotide par exemple, le pouls présente un retard de plus en plus considérable sur cette systole au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cœur ; ainsi le retard est de 0",159 pour la radiale, de 0",193 pour la pédieuse.

Le pouls peut présenter des différences de caractères qu'un doigt très exercé arrive à saisir ; mais cette éducation spéciale du toucher à laquelle les anciens médecins attachaient tant d'importance, n'est plus aussi utile aujourd'hui que l'on peut, à l'aide de la méthode graphique prendre la courbe du pouls. Les appareils employés dans ce but sont les *sphygmographes*. Le plus répandu est celui de MAREY. Le but de cet instrument est d'amplifier considérablement au moyen d'un levier le mouvement que subit sous le passage de l'onde la paroi artérielle déprimée. Pour cela, un ressort terminé par un bouton est maintenu sur l'artère de manière à la comprimer ; il fait l'office du doigt ; une tige verticale implantée sur ce ressort transmet les mouvements de la paroi du vaisseau à un levier ;

ce levier est mobile autour d'un point fixe à une de ses extrémités, et terminé à l'autre extrémité par une pointe écrivante; une bande de papier enfumé, animée d'un mouvement uniforme par un mécanisme d'horlogerie, se meut devant la plume de façon à recueillir le tracé (fig. 59).

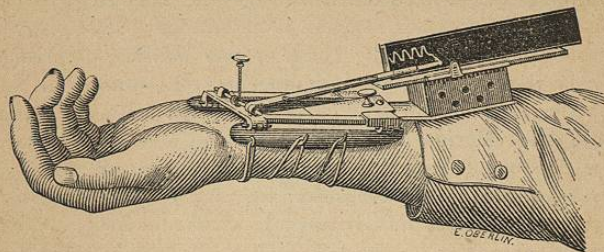


Fig. 59.
Sphygmographe de Marey.

Le *sphygmogramme* ou tracé du pouls présente une série de courbes qui se succèdent avec régularité, et dont chacune correspond à une pulsation et à un battement du cœur (fig. 60).



Fig. 60.
Tracé du pouls.

Dans l'analyse du tracé de la pulsation (fig. 61), on doit distinguer une période d'ascension AE, un sommet E, et une période de descente EC. La distance AC mesure la durée de la pulsation, la ligne verticale EB son amplitude. La ligne d'ascension est droite et presque verticale, ce qui signifie que la diastole artérielle est brève. Plus cette ligne se rapproche de la verticale, plus la distension de l'artère est brusque (par exemple dans l'insuffisance aortique, voy. fig. 62). Le sommet

de la pulsation forme un angle plus ou moins aigu, et la ligne de descente succède en général immédiatement à la ligne d'ascension. Ce sommet se modifie dans certaines conditions physiologiques ou pathologiques; il peut présenter (fig. 63) un plateau lorsque la tension sanguine est très forte ou bien encore lorsque les artères ont perdu de leur élasticité (*athérome*). Il forme un crochet très aigu dans l'insuffisance aortique, car dans ce cas le retrait de l'artère succède instantanément à sa distension, à cause de la chute brusque de pression qui se produit après chaque systole par le reflux du sang dans le ventricule. La ligne de descente du sphygmogramme est beaucoup plus inclinée que la ligne d'ascension, parce que la systole

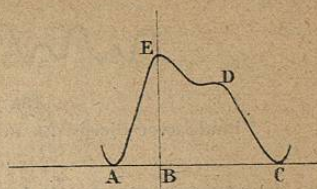


Fig. 61.
Analyse d'une courbe de la pulsation.

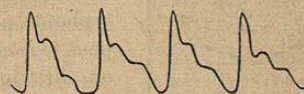


Fig. 62.
Pouls dans l'insuffisance aortique.

artérielle est plus lente que sa diastole. De plus, au lieu d'être droite, cette ligne de descente présente un petit soulèvement



Fig. 63.
Pouls avec plateau.

en D, ou *dicrotisme*. Le dicrotisme est dû à une onde secondaire parcourant le système artériel à la suite de l'onde principale. Il peut s'en former du reste plusieurs successives (pouls trirotte,

polycrote). L'onde secondaire du dirotisme doit prendre naissance par réflexion de l'onde principale sur les valvules sigmoïdes au moment de leur fermeture, car la destruction de



Fig. 64.

Pouls avec dirotisme accentué (fièvre typhoïde).

ces valvules fait disparaître le dirotisme. Celui-ci se montre aussi parfaitement dans le tracé du pouls obtenu en faisant arriver directement un jet de sang artériel sur une bande de

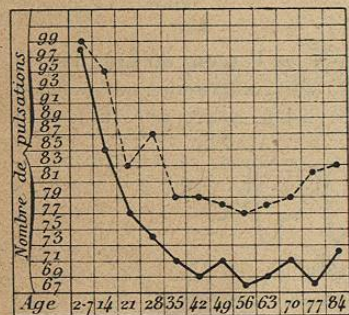


Fig. 63.

Courbe de la fréquence du pouls suivant l'âge.

— Homme. Femme.

chez l'enfant il donne encore plus de 100 battements. La courbe ci-jointe (fig. 63), construite d'après les moyennes établies par plusieurs auteurs, exprime ces variations de la fréquence du pouls suivant l'âge. Il y a aussi une relation entre la fréquence du pouls et la taille; chez les petits animaux le cœur bat plus fréquemment que chez les gros; d'après RAMEAUX la fréquence des pulsations serait en raison inverse de la racine carrée de la

longueur du corps $P' = P \sqrt{\frac{l}{v}}$; mais pour d'autres auteurs

le rapport est plus complexe. Le graphique ci-joint (fig. 66) indique le nombre des pulsations en fonction de la taille. Chez la femme le pouls est un peu plus fréquent que chez l'homme: ce qui paraît tenir uniquement à la différence de taille, ainsi que cela ressort de la comparaison des deux graphiques précédents.

Le nombre des pulsations diminue pendant le repos, le sommeil, augmente après les repas, par l'exercice musculaire, par le simple passage du décubitus horizontal à la station debout. Les pulsations s'accroissent sous l'influence de la chaleur, dans la fièvre, et atteignent le chiffre de 80, 100, 120 par minute.

L'amplitude de la pulsation dépend, l'amplification par le levier mise à part,

de l'excursion du mouvement de la paroi artérielle. Cette amplitude est généralement en rapport inverse avec la pression sanguine; ainsi, quand la pression est forte, si les vaisseaux sont distendus par une grande masse de sang, le pouls est dur, mais sans grande amplitude: que l'on pratique alors une saignée, et l'artère devenant plus dépressible donnera un pouls plus mou, mais aussi plus ample. On voit par là que le sphygmographe ne peut pas fournir d'indications précises sur la valeur absolue de la tension artérielle. Pour évaluer cette dernière en clinique, on se sert quelquefois d'appareils appelés *sphygmomètres* qui sont destinés à mesurer l'effort nécessaire pour écraser le pouls radial. Le sphygmographe peut cependant indiquer les variations de la pression. En effet, la

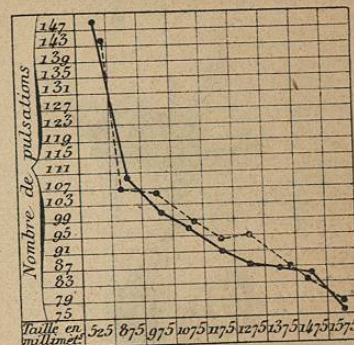


Fig. 66.

Courbe de la fréquence du pouls en fonction de la taille.

— Homme. Femme.

série des courbes des pulsations se trouve ordinairement sur une même *ligne d'ensemble* horizontale ; mais cette ligne peut s'élever ou s'abaisser suivant les variations de la tension artérielle ; ainsi les efforts respiratoires la modifient, elle s'abaisse dans l'inspiration et s'élève dans l'expiration ; elle s'élève lorsque la tension sanguine s'accroît par compression d'une grosse artère, par l'élévation d'un bras, etc.

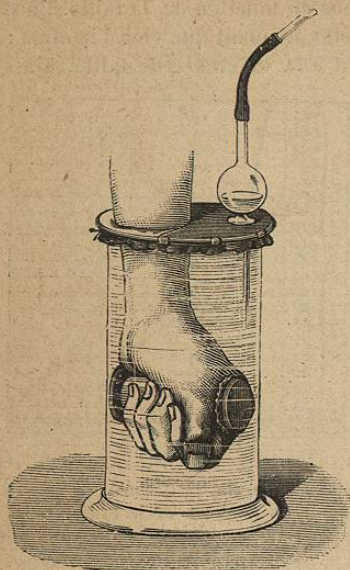


Fig. 67.

Appareil de Buisson modifié par Fr. Franck pour mesurer les variations de volume d'un membre.

absorbe une partie de l'onde en se dilatant. Il en résulte que le pouls est non seulement retardé au-dessous d'un anévrisme, mais encore déformé et représenté par une ligne onduluse, l'impulsion intermittente du cœur étant transformée du fait de cette élasticité, en impulsion continue, comme dans les artérioles.

c. *Changement de volume des organes.* — Les organes recevant un grand nombre d'artères doivent présenter évidemment des

Si l'on enregistre en même temps que le pouls le tracé de la pulsation cardiaque, on peut se rendre un compte exact du retard du pouls sur la systole ventriculaire. Cette recherche est très importante en clinique dans certains cas ; lorsque le retard est plus considérable qu'à l'état normal, il peut indiquer la présence d'un anévrisme sur le trajet de l'artère explorée. En effet, le sac anévrisimal en raison de l'élasticité de ses parois

absorbe une partie de l'onde en se dilatant. Il en résulte que le pouls est non seulement retardé au-dessous d'un anévrisme, mais encore déformé et représenté par une ligne onduluse, l'impulsion intermittente du cœur étant transformée du fait de cette élasticité, en impulsion continue, comme dans les artérioles.

mouvements d'expansion et de retrait synchrones à la diastole et à la systole artérielle. Effectivement, ils augmentent de volume au moment où la charge additionnelle de sang leur arrive, et diminuent en exprimant le sang dans les veines à travers les capillaires. Il y a donc un pouls des organes, provenant de la totalisation des dilatations et retraits partiels de chaque artère. Il est facile de le mettre en évidence et de l'enregistrer au moyen des appareils nommés *pléthysmographes*. Ces appareils (de Piégu, Mosso, Buisson, etc.), reposent tous sur le même principe : un membre, ou l'extrémité d'un membre, est enfermé dans une boîte hermétiquement close, remplie d'eau et surmontée d'un tube dans lequel l'eau s'élève à une certaine hauteur ; les variations du niveau de l'eau dans ce tube indiquent les mouvements d'expansion et de retrait du membre, et il est possible de les enregistrer en reliant l'extrémité du tube à un tambour inscripteur (fig. 67). Pour certains organes, cette disposition expérimentale est en partie réalisée naturellement ; ainsi, pour avoir le pouls du cerveau qui est contenu dans une boîte osseuse inextensible, il suffit de fixer un tube rempli d'eau dans une ouverture faite à la paroi crânienne avec le trépan. Pour d'autres organes comme le rein, la rate, qui reçoivent leurs vaisseaux par un pédicule, on peut recueillir leurs variations de volume en les enfermant dans des boîtes spéciales adaptées à leur forme et permettant de laisser passer le pédicule par un orifice (*oncographes*, voy. fig. 68). Par tous ces procédés on obtient une courbe dans laquelle sont représentés non seulement les éléments du pouls, mais encore de grandes ondulations indiquant les variations de la quantité de sang qui se trouve en circulation à un moment donné dans un organe. Le tracé dans la figure 69 donne le pouls du rein, et au-dessous la courbe

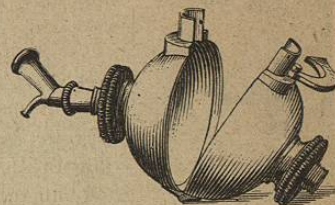


Fig. 68.

Oncographe de Roy pour enregistrer les variations du volume du rein.

de la pression artérielle. On y voit que par l'excitation du pneumogastrique le volume du rein diminue fortement en même

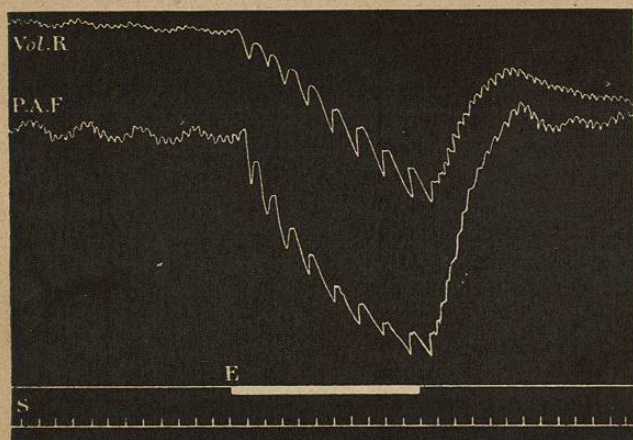


Fig. 69.

Tracés simultanés du volume du rein (*Vol. R*) et de la pression dans l'artère fémorale (*P. A. F.*) chez le chien. En *E* on excite le pneumogastrique : chute de pression et diminution de volume du rein, avec ralentissement des battements cardiaques. *S* temps divisé en secondes. (Pression sanguine enregistrée avec le manomètre métallique de Marey.)

temps que se produit la chute de la pression artérielle. La *pléthysmographie* ou *sphygmographie volumétrique* est donc une méthode très importante pour l'étude des circulations locales.

B) CIRCULATION DANS LES CAPILLAIRES

Les capillaires, au point de vue histologique, sont des tubes simplement limités par un endothélium ; mais au point de vue physiologique, on peut comprendre aussi sous ce nom les dernières ramifications des artères et des veines douées de contractilité ; ce n'est pas à dire cependant que les vrais capil-

laires ne puissent pas modifier leur calibre ; car le protoplasme des cellules endothéliales est évidemment irritable et contractile. Lorsqu'on examine au microscope la membrane interdigitale d'une grenouille ou bien encore le mésentère, le poumon, on assiste au magnifique spectacle de la circulation capillaire. On voit les globules rouges filer à l'intérieur des vaisseaux dans un sens différent suivant qu'ils sont contenus dans des

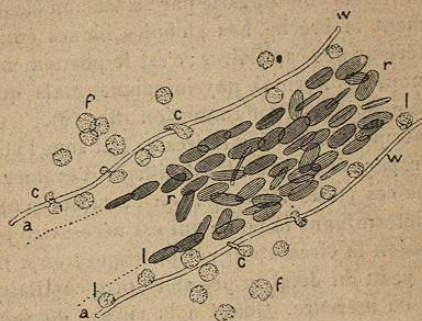


Fig. 70.

Diapédèse des leucocytes à travers la paroi d'un capillaire du mésentère de la grenouille.

w, paroi du vaisseau. — *aa*, couche adhésive de Poiseuille. — *rr*, hématies. — *ll*, leucocytes cheminant le long de la paroi vasculaire. — *cc*, leucocyte à un premier stade de migration à travers la paroi. — *ff*, leucocytes qui ont traversé la paroi.

artérioles ou des veinules, et s'allonger pour passer dans des capillaires de diamètre plus petit que le leur ; si l'on fixe son attention sur un capillaire de moyen calibre, on s'aperçoit que les globules rouges forment dans l'axe du vaisseau une colonne sombre séparée de la paroi par une couche transparente, et que ceux qui sont plus près de l'axe sont animés d'un mouvement de translation plus rapide que ceux qui sont voisins de la paroi. De même que dans une rivière le courant est plus rapide au milieu que sur les bords, de même dans les vaisseaux capillaires, l'observation démontre que la vitesse du sang est plus grande au centre que près de la paroi. La couche de plasma

périphérique est peu mobile (*couche adhésive*) et on y voit s'accumuler les globules blancs qui, en raison de leur forme irrégulière et de leurs mouvements amiboïdes, adhèrent à la paroi et sont moins facilement entraînés que les globules rouges par le torrent circulatoire ; ces leucocytes, grâce à leurs pseudopodes, s'engagent même à travers l'endothélium et le traversent en le perforant, sans cependant laisser trace de leur passage, car le protoplasma de la cellule endothéliale par sa tension élastique répare immédiatement la brèche. Les globules blancs émigrent de la sorte à l'extérieur des capillaires ; c'est le phénomène de la *diapédèse*, phénomène normal, physiologique, mais qui s'exagère considérablement dans l'inflammation (fig. 70).

La circulation dans les capillaires se fait sous l'action impulsive du cœur, par *vis a tergo* ; il est difficile d'évaluer la pression du sang dans ces petits vaisseaux ; on l'a mesurée approximativement en déterminant le poids qui est nécessaire pour arrêter par compression la circulation périphérique ; on a trouvé ainsi que pour la peau du doigt la pression intra-capillaire est de 38 millimètres de mercure. Quant à la vitesse du sang dans les capillaires, elle doit être réduite au minimum, puisque l'ensemble de ces vaisseaux constitue la partie la plus élargie du cône vasculaire. Elle est de 0^{mm},50 par seconde, d'après VALENTIN, dans les capillaires de fin calibre.

C) CIRCULATION DANS LES VEINES

Les veines sont élastiques et très dilatables, et, bien que leurs parois soient plus minces que celles des artères, elles sont cependant plus résistantes à la rupture que ces dernières. La direction centripète du cours du sang dans les veines, démontrée par HARVEY, apparaît clairement quand on comprime un de ces vaisseaux ; le bout central de la veine se vide de sang, tandis que son segment périphérique se gonfle ; si on cesse la compression, le sang se précipite dans la partie vide et la remplit aussitôt. Quand on pose sur la racine d'un membre une ligature modérément serrée, de façon à ne pas comprimer l'artère, on voit les veines se distendre au-dessous de la ligature, et si

l'on incise un de ces vaisseaux le sang en jaillit avec force : c'est de cette façon que se pratique la saignée. A l'état normal, le sang n'est soumis dans le système veineux qu'à une faible pression et ne sort que lentement, en *bavant*, par l'ouverture d'une veine. Cette pression, reliquat de la force impulsive du cœur après la traversée des capillaires par le sang (*vis a tergo*), est la cause principale de la circulation veineuse. Elle est du reste très variable ; pour les grosses veines on peut l'estimer au 1/40 ou au 1/20 de la pression dans l'artère correspondante ; dans les veines voisines du cœur la pression peut devenir négative ; c'est-à-dire que le sang peut être soumis à une aspiration. Pour la vitesse du sang, elle augmente des capillaires au cœur, en raison du rétrécissement progressif du cône veineux.

La *vis a tergo* serait cependant parfois insuffisante à faire progresser le sang, si des forces adjuvantes ne venaient l'y aider. Ces causes accessoires de la circulation veineuse sont : l'action de la pesanteur, les contractions musculaires, les battements artériels, l'aspiration thoracique. La pesanteur favorise la circulation dans les veines de la tête et aussi dans les veines des membres supérieurs, lorsqu'on élève les bras, mais par contre elle serait un grand obstacle à la circulation dans les veines de la partie inférieure du corps, si une disposition spéciale ne venait en atténuer les inconvénients ; en effet, les valvules des veines (fig. 71) fragmentent la colonne sanguine de façon à la soutenir et à l'empêcher de peser de tout son poids sur les veines situées inférieurement ; de plus, par leur situation et leur forme, les valvules ne permettent le cours du sang que dans le sens centripète, ce qui fait que toute compression d'une veine tend à chasser le sang vers le cœur. Or, cette compression des veines se produit à tout moment par la contraction musculaire ; c'est pour ce motif que, dans la saignée, pour accélérer l'écoulement du sang par la plaie veineuse, on ordonne à l'opéré de fermer et d'ouvrir alternativement la main, afin de contracter les muscles de l'avant-bras. Cette compression des veines est encore réalisée par chaque expansion artérielle des organes contenus dans une enveloppe inextensible ou peu extensible ; dans le crâne, par exemple, chaque systole cardiaque en augmentant le

volume du cerveau chasse une certaine quantité du sang du système veineux ; il en résulte que le sang des sinus craniens est animé de pulsations ; un pareil phénomène peut se produire aussi dans les organes contenus dans une capsule fibreuse. Remarquons encore que les grosses veines des membres étant enfermées avec l'artère correspondante dans une même gaine, chaque diastole artérielle doit comprimer légèrement la veine ;

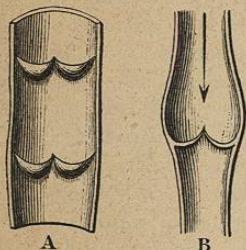


Fig. 71.
Valvules des veines.

A, vues de face. — B, en coupe.

cette circulation *par influence*, comme on l'a appelée, est rendue encore plus efficace lorsque l'artère est complètement entourée par le sang veineux (comme l'artère carotide interne dans le sinus caverneux).

La plus importante des causes adjuvantes de la circulation veineuse est sans contredit l'aspiration thoracique. En raison du vide pleural, une certaine masse de sang se trouve constamment attirée et retenue dans les grosses veines intrathoraciques ; de plus, au moment de l'inspiration, il y a renforcement de l'aspiration thoracique, et le sang veineux se trouve attiré avec plus de force vers le cœur. Cette aspiration se fait aussi sentir dans les veines voisines du thorax ; l'expérience de BARRY le démontre bien : si l'on adapte au bout central de la veine jugulaire, à la base du cou, un tube recourbé en forme de siphon dont l'extrémité inférieure plonge dans un vase rempli d'eau, on voit l'eau s'élever dans le tube à chaque inspiration et finalement passer dans la veine. La veine jugulaire peut transmettre très loin l'aspiration thoracique, parce qu'elle est maintenue béante par les plans aponévrotiques qui l'entourent et qu'elle ne s'affaisse pas sous l'influence de la pression atmosphérique. C'est ainsi que cette aspiration pleurale inspiratrice peut se faire sentir jusque dans les sinus craniens dont la lumière est aussi toujours béante. Cette disposition a ses inconvénients au point de vue chirurgical ; la blessure d'une veine

dans la zone d'aspiration (*zone dangereuse* des chirurgiens) peut occasionner l'entrée de l'air dans les veines et la mort immédiate par formation d'*embolies gazeuses* qui ne peuvent traverser les capillaires du poumon. L'aspiration thoracique se transmet aussi du côté de la veine cave inférieure, jusque dans les veines sus-hépatiques, car ces veines sont maintenues béantes par leur adhérence au tissu du foie. Dans la cavité abdominale, le mouvement inspiratoire produit au contraire une compression des veines ; en effet, le diaphragme, en s'abaissant, presse sur les viscères abdominaux, et par conséquent sur la veine porte et sur la veine cave. Augmentation de la pression veineuse dans l'abdomen, diminution dans le thorax, ces deux effets simultanés de l'inspiration s'ajoutent donc pour favoriser la circulation dans la veine cave inférieure.

Chaque contraction du cœur cause un ralentissement du courant sanguin dans les veines caves et dans leurs gros troncs d'origine, comme la veine jugulaire ; il en résulte un léger soulèvement des parois de ces veines au moment de la systole. Il ne faut pas confondre ce *pouls veineux* physiologique avec le pouls veineux pathologique qui provient du reflux du sang dans les veines caves par suite de l'insuffisance de la valvule tricuspide.

D) CIRCULATION LYMPHATIQUE

Le mouvement de la lymphe est soumis aux mêmes lois que celles qui président à la circulation du sang. C'est sous l'influence de la pression sanguine que la lymphe filtre à travers les parois des capillaires sanguins, et c'est par la *vis a tergo* qu'elle chemine dans les vaisseaux lymphatiques. Ces derniers sont contractiles, et chez certains animaux (batraciens, reptiles) ils forment par place des renflements animés de battements rythmiques (*cœurs lymphatiques*). Les lymphatiques sont pourvus de valvules, et les mêmes causes qui viennent en aide à la circulation veineuse (contractions musculaires, aspiration thoracique) favorisent aussi la circulation lymphatique. La pression et la vitesse sont très faibles pour la lymphe : dans le

a. *Irritabilité et contraction du muscle cardiaque.* — L'irritabilité de la fibre musculaire du cœur est mise en jeu par les excitants ordinaires du muscle. De même que pour les autres muscles creux, la contraction du cœur est sollicitée par un certain degré de distension ; le sang, en remplissant les poches cardiaques, agit comme un excitant

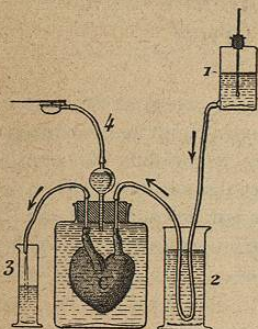


Fig. 72.

Circulation artificielle à travers un cœur de tortue.

Du sang défibriné venant d'un vase de Mariotte 1, après s'être réchauffé dans l'éprouvette 2, est conduit au cœur C par la veine cave, et expulsé à chaque systole par l'aorte dans l'éprouvette 3. Le cœur tout entier est contenu dans un récipient plein d'eau surmonté d'un tube 4 communiquant avec un tambour inscripteur (pléthysmographie).

complet, le cœur n'est point mort, et il est facile de le ranimer et d'entretenir ses battements rythmiques en dehors du corps, en lui injectant sous pression du sang artériel défibriné dans ses artères coronaires par une canule liée sur l'aorte. L'expérience a été faite pour la première fois sur le cœur de l'homme, chez un supplicié, par Hébox et Gilis, et elle a été ensuite élevée au rang d'une méthode d'analyse physiologique par Langendorff. Il a été démontré depuis par Locke que l'expérience

et provoque leur systole. Ainsi, chez les animaux à sang froid (grenouille, tortue), il suffit pour entretenir les battements du cœur isolé, de pratiquer dans ses cavités une circulation artificielle de sang défibriné (fig. 72). La même expérience est difficilement réalisable sur le cœur d'un mammifère. Celui-ci est en effet très sensible à l'anémie, et ses battements cessent en quelques minutes lorsqu'on pose des ligatures sur l'origine des artères coronaires ou lorsqu'on saigne l'animal à blanc ; les oreillettes continuent cependant à battre un certain temps après l'arrêt des ventricules, et, lorsqu'elles sont devenues immobiles à leur tour, on peut distinguer encore quelques contractions des auricules (*ultimum moriens*). Toutefois, après son arrêt

réussit également bien quand, au lieu de sang, on transfuse dans les artères coronaires un liquide nutritif artificiel, contenant les sels du sang, un peu de glycose et de l'oxygène à saturation. Avec ce liquide, Kuliabko a pu ranimer et faire battre énergiquement le cœur d'un cadavre d'enfant, vingt heures après le décès. Cette expérience prouve que l'irritabilité persiste fort longtemps dans le muscle cardiaque, même après l'arrêt complet de ses battements.

La systole cardiaque semble devoir être assimilée à la secousse élémentaire du muscle strié ordinaire, c'est-à-dire à cette contraction que l'on obtient en lançant dans le muscle une excitation unique d'une durée extrêmement courte ($1/2000$ de seconde), par exemple un choc d'induction. En effet, la systole cardiaque est provoquée avec tous ses caractères, forme et durée, par un seul choc d'induction lancé dans le cœur, tandis que la contraction soutenue du muscle strié ordinaire (*tétanos physiologique*) exige pour se produire la fusion de plusieurs secousses simples sous l'influence d'excitations répétées. La contraction du muscle cardiaque diffère aussi de celle d'un muscle ordinaire en ce que sa grandeur est indépendante de l'intensité de l'excitant ; si l'excitation est trop faible, elle est inefficace, mais à partir du point où elle devient suffisante, la contraction provoquée est maxima. C'est *tout ou rien*, suivant l'expression de Ranvier.

b. *Cause du rythme cardiaque.* — Le cœur extirpé de la poitrine continue à battre quelque temps ; le cœur des mammifères, s'arrête bientôt, mais celui des animaux à sang froid (tortue, grenouille, etc.) peut continuer à se contracter très longtemps, surtout si ses cavités contiennent du sang. Si, sur un cœur de tortue extrait du corps de l'animal et battant encore, on sépare d'un coup de ciseaux la pointe de la base, on constate que les oreillettes et la base du ventricule continuent à se contracter rythmiquement, alors que la pointe au contraire reste indéfiniment immobile. Or, comme les ganglions nerveux du cœur se trouvent dans les parois des oreillettes et à la base du ventricule, tandis que la pointe de ce dernier en est absolument dépourvue, on serait tout d'abord enclin à penser que la cause du rythme se trouve précisément dans les ganglions nerveux.