

On voit que ces lésions, si spéciales des projectiles d'armes à feu, comportent des mécanismes différents qui rentrent tous, en somme, dans la théorie générale du choc, sous cette réserve que le choc est, en pareil cas, d'une intensité extrême.

Ce choc, on peut jusqu'à un certain point l'évaluer, ou plutôt on peut donner l'expression exacte de la force vive du projectile. On a calculé, avec beaucoup de précision, ces forces vives, pour les diverses balles européennes; et il n'est pas douteux que, d'une façon générale, l'échelle de gravité des lésions qu'elles produisent ne soit à peu près la même. Mais, lorsqu'il s'agit du corps humain, les chiffres et les évaluations purement mécaniques pèchent toujours par quelque endroit. C'est pour cela que l'étude expérimentale ou l'observation directe sont seules en état d'appuyer des conclusions valables.

Ces recherches ont été faites pour les balles modernes, et, sans entrer dans le détail, nous citerons les travaux de Chauvel, Nimier, Breton et Pesme (1888)⁽¹⁾, de Delorme (1888)⁽²⁾, de Habart (1889)⁽³⁾, de Bruns (1892)⁽⁴⁾, de Démosthène (1894). Les résultats expérimentaux concordent dans leur teneur générale. La balle de 8 millimètres, plus petite, non déformable, animée d'une vitesse considérable, présente une force de pénétration bien supérieure à celle des projectiles de 11 millimètres (fusil Gras) ou des projectiles plus anciens, mais sa force explosive est, en somme, moindre. Elle se fait sentir dans la première zone, jusqu'à 500 ou 400 mètres, mais les délabrements sont moins étendus, et la balle, pourvue d'une force vive jusqu'ici inconnue, se crée une voie plus directe, et détermine autour d'elle moins de commotion, une transmission plus restreinte du choc.

Dans la deuxième zone, de 400 à 800 mètres, l'action explosive ne se manifeste presque plus, sauf en certaines régions, au crâne, par exemple, où les fractures à grand fracas sont encore la règle.

Dans la troisième zone, au delà de 1200 mètres, on observe encore des lésions osseuses très étendues et des désordres plus graves, à cette portée, qu'avec les balles anciennes. Il s'agit surtout de fractures longuement fissuraires, d'éclatements osseux qui s'irradient à grande distance au delà du point percuté; mais on n'observe plus là ces types de fractures comminutives qui sont propres aux traumatismes à courte distance, dans la zone explosive.

En somme, conclut M. Delorme, bien autorisé par ses nombreuses expériences avec les balles des deux calibres, à résumer la discussion : « tout en conservant des caractères généraux identiques, les blessures

⁽¹⁾ CHAUVEL, NIMIER, BRETON et PESME, Recherches expérimentales sur les effets des armes nouvelles et des balles de petit calibre à enveloppe résistante. *Archives gén. de méd.*, 1888.

⁽²⁾ ED. DELORME, Note sur les effets du fusil Lebel. Communic. à l'Acad. de médecine, 29 mai 1888, et *Archives de méd. militaire*, 1888.

⁽³⁾ HABART, Zur Frage moderner Kleinaliberprojectile. *Wiener medic Presse*, 1889, p. 988.

⁽⁴⁾ BRUNS, *Loc. cit.*

produites par les balles actuelles, en raison du diamètre moindre du projectile, de sa fragmentation moins fréquente, du séjour plus rare des corps étrangers, sont moins étendues, moins graves, d'un traitement plus facile que les traumatismes des balles anciennes. L'étendue diamétrale moindre des trajets cutanéomusculaires, et particulièrement des enveloppes aponévrotiques, surtout aux distances moyennes ou faibles, constitue une condition des plus favorables pour la simplicité et la rapidité de la guérison des os. Les projectiles de calibre réduit continuent et accentuent la série décroissante des dégâts constatés depuis qu'au lourd et massif projectile Minié on a substitué la balle de 11 millimètres; et ces différences favorables ne feront que s'accuser encore après l'adoption des balles de 7 millimètres, de 6^{mm},5 et de 5 millimètres. »

Ces déductions expérimentales ont été en grande partie confirmées par les observations, heureusement rares encore, qu'on a pu faire sur le vivant. Dans l'émeute de Biala, les troupes autrichiennes se servirent du fusil Mannlicher, et M. Bogdanik⁽¹⁾ a donné une étude fort intéressante des traumatismes observés. Stitt⁽²⁾ a fait de même au Chili, lors des troubles de 1892 : la moitié des combattants étaient armés du chassepot, l'autre moitié du fusil à petit calibre; il devenait donc facile d'étudier comparativement les effets des deux armes. Or, au nombre des blessés transportés à l'hôpital Saint-Augustin à Valparaiso (il y en avait près de 2000), 500 étaient plus gravement atteints et « intransportables » : tous avaient été blessés par les balles anciennes, tous les autres purent être évacués. M. Delorme lui-même a pu constater, à la suite d'un événement douloureux⁽³⁾, les effets de la balle Lebel.

Dans tous ces faits, il s'agissait de tir à petite distance; d'autre part, les études expérimentales ne sauraient, en pareille matière, reproduire toutes les conditions de la réalité. On aurait donc tort de trop se fier à ces apparences de bénignité et surtout d'appliquer cette dénomination, tristement ironique, de balle humanitaire, à un projectile animé d'une pareille force vive.

CHAPITRE II

LA COMPRESSION

Sous ce titre général doivent figurer les agents mécaniques qui, appliqués à la surface des régions ou des organes, tendent à en réduire le

⁽¹⁾ BOGDANIK, Die Geschosswirkung der Mannlicher-Gewehre (modell 1888). *Wiener Klinik*, 1890, p. 28.

⁽²⁾ STITT, Reports on wounds by Mannlicher bullets. *New-York medical Record*, 6 février 1892.

⁽³⁾ A Fourmies

volume. Ils mettent d'abord en jeu la compressibilité variable des tissus; quand elle est épuisée, ils créent des effractions interstitielles et une série de lésions, de gravité croissante, jusqu'à l'écrasement: ils se manifestent, en clinique, par des désordres fonctionnels, d'abord transitoires et réparables, plus tard définitifs, si l'action mécanique est plus intense ou prolongée.

Il y a, dans l'étude de la compression, deux questions d'importance majeure, à élucider, ou du moins à débattre :

1° Quelle est la compression maxima, *la limite de compression*, à laquelle peuvent être soumis les différents tissus ou organes, *sans perdre leur intégrité anatomique et leurs aptitudes fonctionnelles, ou sans les perdre d'une façon irréparable*;

2° Quels sont les résultats de la compression sur les tissus, et spécialement sur les tissus pathologiques — ce qui nous permettra d'en esquisser les effets curatifs, le rôle thérapeutique.

Pour bien mettre en lumière ces deux séries de faits, il convient d'analyser successivement : *les agents, le mécanisme, les effets* de la compression sur le corps humain et ses divers segments.

Agents de la compression. — Ils doivent être partagés en deux groupes : ils sont intérieurs ou extérieurs. Je m'explique.

Les agents extérieurs, d'ordre naturellement fort divers, sont appliqués sur la surface cutanée; les agents de même espèce, appliqués, plus rarement, sur les muqueuses, procèdent plutôt par distension. Tout corps moussé et d'un certain poids, et qui n'est animé d'aucune vitesse acquise, est, à proprement parler, un agent compresseur; s'il est très pesant, s'il est mis brusquement en contact avec la surface cutanée, il crée, en réalité, des lésions toutes semblables à celles du choc; il n'y a pourtant pas une similitude complète; les corps compresseurs n'agissent que par leur masse, les corps contondants agissent surtout par leur force vive. Les effets diffèrent, à proprement parler, très peu.

Certaines compressions sont de nature vulgaire, quelques-unes professionnelles. Faut-il citer la compression du plexus brachial, chez les porteurs d'eau? La compression axillaire exercée par les béquilles? La compression du radial, au coude, par le poids de la tête ou le dossier d'un siège?

En chirurgie, la méthode compressive est d'usage journalier : elle s'exerce localement, sur une zone étroite des membres, avec le tube d'Esmarch, la bande de Nicaise, etc. Elle s'exerce sur une large surface, sur tout le pourtour d'une articulation, sur tout un membre quelquefois, avec la bande de caoutchouc, les bandages de tout genre. Nous saurons bientôt combien il importe de distinguer la compression étroite et la compression large.

Je rappelle seulement que les liquides, que les gaz, dans certaines conditions, peuvent devenir des agents compresseurs : il est rare d'ailleurs

que leur action soit localisée, et ils rentrent plutôt dans la catégorie des agents physiques, étudiés ailleurs.

Très souvent, la compression est intérieure; elle reconnaît pour causes, 1° le déplacement réciproque des diverses pièces du squelette; 2° les tumeurs, ce terme étant pris dans son sens le plus général. Ne sait-on pas que les fragments chevauchés d'une fracture peuvent comprimer les vaisseaux et les nerfs voisins? La tête humérale luxée dans l'aisselle ne détermine-t-elle pas quelquefois un tel aplatissement des vaisseaux axillaires, que le pouls radial disparaît, que l'œdème survient, que le sphacèle devient même imminent? Les tumeurs que nous venons d'incriminer comprennent et les épanchements séreux et sanguins (pleurésie, hématomes intraméningés, etc.), et les abcès (abcès endocrâniens) et les calcs hypertrophiques (à l'humérus, à la clavicule), et les néoplasmes de tout ordre (cancer secondaire des ganglions axillaires ou inguinaux, tumeurs thyroïdiennes, fibromes utérins, etc.). C'est surtout dans ces groupes pathogéniques que la compression ne conserve pas toujours un caractère exclusivement mécanique, et que souvent il s'y joint un travail morbide particulier, envahissement néoplasique, ulcérations de contact, inflammations chroniques, etc.

Les cicatrices méritent de prendre place parmi les agents compresseurs : on ne doute pas de leur énorme puissance, quand on a vu ces cicatrices circonférentielles, ces anneaux constricteurs qui succèdent aux ulcères circulaires de la jambe, quand on a observé des compressions nerveuses par cicatrices.

Je ne veux mentionner ici ni les lésions péritonéales ou autres, qui servent d'agents ordinaires à l'étranglement interne, ni l'anneau herniaire. En pareille occurrence, les lésions dérivent plutôt de la distension, et ce qui confirme cette interprétation, c'est ce fait qu'elles débutent, en règle générale, par la face interne, profonde, de l'intestin, par la muqueuse.

Mécanisme. — Quels qu'ils soient, les agents compresseurs procèdent par un mécanisme assez semblable qu'il nous faut rechercher.

La *compression* peut être *totale d'emblée*, ou *lentement progressive*; et voici dans quel sens ces deux termes doivent s'entendre :

Un corps, d'un certain poids, quelquefois considérable, est appliqué sur un point de la surface cutanée — sans vitesse acquise; il n'agit que par son poids, mais par tout son poids; il donne, d'emblée, tout l'effet mécanique qu'il peut donner; il y a donc un choc véritable au moment de son application. Si le poids est faible, les lésions sont naturellement minimes, et d'ailleurs variables suivant la résistance de la région ou de l'organe; s'il est considérable, elles sont très graves, et, tout de suite ou en peu d'instant, elles se complètent. Les tissus n'ont aucun répit, si l'on peut dire, aucun moyen de préparer et d'organiser leurs résistances (et nous verrons bientôt ce qu'il faut entendre par cette accoutumance à la compression); ils ne résistent que comme des corps inertes, sans pouvoir

utiliser ces voies d'échappement et de décharge, qu'ils utilisent dans d'autres conditions.

Tout autre est la situation, lors d'une *compression lente, croissante, et dont l'intensité, d'abord minime, suit une progression régulière*. Tous les procédés de résistance que nous étudierons bientôt ont alors tout le temps d'entrer en jeu : les suppléances vasculaires s'établissent, le reflux des liquides, le déplacement des parties molles, le tassement des éléments cellulaires, dans la limite où ce contact plus intime est compatible encore avec leur fonctionnement physiologique, deviennent autant de moyens de défense. N'aurons-nous pas à citer tel ou tel organe, de structure éminemment délicate, la moelle, par exemple, que la lente et progressive étreinte de la compression peut réduire dans des proportions considérables, sans supprimer entièrement ses propriétés actives?

L'*intensité* de la compression, un second élément d'importance, est, en réalité, extrêmement variable, et l'on pourrait parler, sans invraisemblance, d'une intensité absolue et d'une intensité relative. Ce dernier terme n'est destiné qu'à rappeler ce fait, que la puissance de l'agent compresseur se mesure, pour une grande part, à la résistance des tissus et des organes. Que produiraient, à la surface d'un os, ces hématomes sous-durémériens, qui aplatissent tout un hémisphère cérébral?

Nous aurons à faire grand cas de la *durée*, quand il s'agira d'étudier les lésions secondaires, temporaires ou définitives, que la compression laisse derrière elle, alors même qu'elle a disparu. Et, pour les membres seulement, nous aurons à soulever, à ce point de vue, une série de questions intéressantes : combien de temps la circulation peut-elle rester arrêtée, dans l'artère principale, sans que le sphacèle devienne imminent? Dans le même ordre d'idées, quelles variétés de compressions cérébrales laissent à leur suite des désordres permanents, même après la trépanation et l'évacuation du foyer, plus ou moins tardive?

Arrivons au mécanisme proprement dit. Il faut distinguer tout d'abord la compression *périphérique, circonscrite, localisée*; et voici dans quel sens doivent être prises ces dénominations.

Si l'agent compresseur agit sur toute la *périphérie*, sur toute l'étendue de la surface extérieure de l'organe comprimé, ce dernier est fatalement voué aux plus graves lésions, et nous allons voir comment. Ajoutons tout de suite que ce type de compression totale n'est, pour ainsi dire, jamais réalisé d'une façon absolue sur le corps humain; pourtant quelques segments isolés, le pied, la main, les bourses, même la tête, peuvent se trouver enserrés de tous les côtés ou à peu près. S'il s'agissait d'un corps homogène, il épuiserait d'abord sa limite de compressibilité, et, au delà, se briserait, éclaterait, s'effriterait suivant le type de sa cohésion; mais toutes les parties du corps humain dont nous venons de parler sont loin d'offrir pareille teneur physique; elles sont toutes de structure et de composition fort mélangées, mais qui se résument, en somme, dans la combi-

naison d'une quantité plus ou moins grande de liquide, disposé en courants, en nappes, en vacuoles, etc., et d'éléments solides, de dureté médiocre en général, sauf les os, et de cohésion variable. Or, *les liquides étant incompressibles, ce sont eux qui deviennent les agents de transmission de la force traumatique, c'est autour d'eux, par leur intermédiaire, que se produisent les effractions interstitielles et les éclatements*. Voilà pourquoi les suffusions sanguines peuvent passer pour la lésion primordiale et constante, en pareil cas, et pourquoi ces lésions parenchymateuses, d'apparence diffuse et singulière, se rapportent pourtant à un certain nombre de types et à une pathogénie mécanique commune.

Beaucoup plus souvent, la compression est *circonférentielle*; aux membres, par exemple, elle porte sur tout leur pourtour, et dans une hauteur plus ou moins grande. Le segment squelettique axile représente le plan d'appui, et, malgré cela, il sert, jusqu'à un certain point, de moyen de protection aux parties molles qui l'entourent, grâce au système de cloisons fibreuses (osseuses quelquefois) dont il est le centre et qui s'arc-boutent sur lui. Sur un organe entièrement mou, la compression circonscrite s'exerce d'une façon plus directement nocive. Quoi qu'il en soit, les trois mécanismes de défense, dont nous parlions tout à l'heure, entrent alors en action : 1° le reflux des liquides, du sang, de la lymphe, des liquides glandulaires, etc.; — 2° le déplacement des tissus mous, souvent eux-mêmes liquides, à l'état vivant : je veux parler de la graisse, de la substance musculaire, de certains parenchymes; — 3° le tassement cellulaire, sur lequel nous allons revenir.

La compression circulaire des membres se traduit surtout par son action sur les vaisseaux et par les désordres qui en dérivent. Faut-il rappeler la stase veineuse et l'œdème, succédant aux strictions de diverse nature? Après une application prolongée de la bande d'Esmarch, le membre, d'abord pâle et exsangue, reprend vite une coloration rouge et une circulation active : phénomène de paralysie vaso-motrice que nous allons retrouver bientôt. Il arrive parfois, quand la durée de la compression a été excessive, que l'état de mort apparente persiste plus longtemps, et que le sang ne reprenne que lentement sa marche régulière : l'immobilité, la parésie vasculaire témoignent de cette ischémie prolongée, et quelques plaques périphériques de sphacèle viennent, quelques jours après, la souligner encore. C'est un premier degré, une première menace. Le sphacèle total a été observé maintes fois, à la suite de compressions circulaires, et de longue durée; les appareils circulaires de fractures présentent, sous ce rapport, un danger bien connu (1).

Le troisième type est celui de la compression *localisée, étroite ou large, courte ou durable, totale d'emblée ou progressivement croissante*.

(1) NEPVEU, Gangrène dans les fractures. *Bull. de la Soc. de chir.*, 1874.

C'est ici que doit prendre place l'étude du mode de résistance des régions, des tissus et des organes, et de leur limite de compressibilité. Or tissus, organes, régions opposent à la force compressive : 1° les procédés de défense spéciaux et d'analyse fort intéressante pour chacun d'eux, que représente, en termes généraux, le reflux des liquides et des parties molles; — 2° leur propre cohésion.

Autour de certains organes, les défenses se multiplient, en quelque sorte, et se superposent : enveloppes osseuses, nappe liquide périphérique, nappe liquide centrale, volumineux réseaux vasculaires; la force traumatisante s'épuise en partie sur toutes ces barrières successives. Les gaines osseuses ou aponévrotiques, les membranes tégumentaires résistantes entravent, bien certainement, l'action des agents compresseurs, mais dans une limite plus restreinte qu'on ne le croirait tout d'abord : s'agit-il d'une voûte osseuse, d'une lame fibreuse, d'une peau ou d'une muqueuse bien tendues, elles opposent une certaine résistance, en rapport avec cette tension et cette architecture spéciale, puis elles cèdent, et ne servent plus qu'à transmettre la pression exercée à leur surface : elles sont les premières à en souffrir les atteintes, et voilà tout.

La présence d'une quantité notable de liquide, dans un organe ou un tissu, qu'il s'agisse d'une nappe liquide, périphérique ou centrale, ou d'une abondante vascularisation, ne devient un élément de protection, au moins temporaire et partielle, que si les voies d'échappement de ce liquide sont restées ouvertes. Les pelotons veineux intra-rachidiens ne peuvent jouer leur rôle que sous la condition que leurs voies de dérivation soient et restent libres; le sang est-il chassé en sens inverse des ordonnances valvulaires, les canaux de retour sont-ils obstrués par un mécanisme quelconque, physiologique ou morbide, la présence du liquide devient un agent de *compression interstitielle*, si je puis dire.

Il en est de même pour les viscères creux, distendus, suivant que leurs orifices d'évacuation sont plus ou moins largement ouverts; il en est de même pour le liquide céphalo-rachidien. S'il crée, aux centres nerveux, une protection idéale, c'est grâce à son débit facile, à son oscillation régulière, du crâne au rachis, du rachis au crâne. Sous le choc, nous l'avons vu plus haut, il perd cette propriété particulière; il devient lui-même un agent vulnérant, en quelque sorte, les défilés qui relient les ventricules au canal central de la moelle et aux espaces sous-dure-mériens ne suffisant pas, en pareil cas, à laisser passer le flot. La compression lente, au contraire, lui laisse tout le temps d'agir.

Le cerveau s'aplatit sous la compression, et cet affaissement des hémisphères peut devenir considérable: mais, en même temps, le liquide céphalo-rachidien, qui remplit les ventricules latéraux, reflue dans le canal rachidien, refoule les ligaments jaunes, élastiques, et les amas graisseux et veineux, péri-dure-mériens. Pagenstecher, puis Duret, ont parfaitement étudié ce mécanisme de dérivation; ils ont cherché à évaluer la diminu-

tion de la cavité crânienne nécessaire pour déterminer des phénomènes de compression. Il résulte des expériences de Pagenstecher que la capacité du crâne peut être réduite, chez le chien, de 0^{cc},029, sans accidents cérébraux. En appliquant ces résultats au crâne de l'homme, écrit Duret, on reconnaît qu'il est possible de diminuer sa capacité de 0^{cc},37,7 à 40^{cc},6, en moyenne, sans causer de troubles généraux cérébro-médullaires. Dans un cas, chez un chien, Pagenstecher a pu rétrécir la cavité du crâne de 0^{cc},065, sans accidents : il en conclut que, dans certains cas, la capacité du crâne, chez l'homme, pourrait être diminuée de 84^{cc},5 — 91 centimètres cubes, au maximum, sans qu'on observe d'accidents. Ces différences dépendent, sans doute, de la quantité de liquide céphalo-rachidien qui circule autour des centres nerveux.

A mesure que la pression augmente à la surface des hémisphères, les accidents s'accroissent et s'aggravent, par une progression assez régulière. Un corps du volume de 37 à 40 centimètres cubes, introduit dans la cavité crânienne, chez l'homme, entre la dure-mère et les os, ne donnerait lieu à aucun phénomène de compression, au moins si l'introduction en est très doucement faite. Un corps de 58 à 65 centimètres cubes produit de la somnolence, de la dépression intellectuelle et de la faiblesse musculaire générale; un corps de 67 à 72 centimètres cubes, du sopor et de la résolution générale; un corps de 105 à 112 centimètres cubes détermine le coma et la mort en quelques heures.

Le liquide endocérébral amoindrit donc les effets de la compression; il en est de même, jusqu'à certain point, des liquides contenus dans les organes creux ou les cavités viscérales, sous la réserve, formulée plus haut, que leur échappement soit libre; il en est de même encore de l'air contenu dans le poumon, et chacun sait avec quelle facilité le poumon, réduit dans une proportion excessive, sous le poids d'un énorme épanchement, revient sur lui-même et reprend son volume et son fonctionnement normal, une fois le liquide évacué.

Du reste, et surtout grâce à ce caractère « d'éponge aérienne », le poumon peut être tenu pour l'organe le plus compressible du corps humain, — autrement dit, celui qui se laisse réduire aux dimensions les plus restreintes, sans perdre son intégrité anatomique. Cette propriété intéressante n'a pas été, que nous sachions, l'objet d'études précises, pour les différents tissus; il convient d'ajouter que ces mesures n'auraient d'intérêt que si elles se rapportaient aux tissus vivants, pourvus de leur vascularisation, sanguine et lymphatique, normale, et cette nécessité crée à l'expérimentation de grosses difficultés. Nous en sommes réduits à quelques termes généraux de comparaison, et nous savons seulement que les parenchymes mous, que les muscles sont notablement compressibles, alors que les os et les cartilages hyalins le sont fort peu. Encore ne faut-il pas confondre la compressibilité proprement dite avec les procédés secondaires d'échappement, si l'on peut dire, tels que le refoulement de la substance musculaire, semi-liquide, au-dessus et au-dessous du point de compres-