

A FUNÇÃO INTEGRATIVA DA ESPINAL MEDULA, NO HOMEM (1)

Por P. Chailley-Bert.

Professor jubilado da *Faculdade de Medicina de Paris*. Presidente da *Federação Internacional de Medicina Desportiva*. Paris — FRANÇA.

Num livro célebre, Sherrington definiu assim a acção «integrativa» do sistema nervoso: A acção integrativa é aquela em virtude da qual o sistema nervoso unifica, a partir de órgãos separados, um animal que assim possui solidariedade e se torna um indivíduo.

Pode-se dizer de um órgão nervoso que ele tem uma função de integração quando ele não se limita a transmitir, sem os modificar, os impulsos que recebe, mas quando ele pode seleccioná-los, escolhe-los, orientá-los, transformá-los a fim de atingir o fim integrativo em vista. Pode-se, por exemplo, falar da acção integrativa da cerebello.

*

Quando examinamos o papel que a medula representa na motricidade da rã, vemos que, se a rã «espinal» é incapaz de um movimento voluntário, ela possui, no entanto, uma motricidade reflexa tão perfeita que se pode dizer que, neste animal, a medula contém os centros principais da motricidade. Estes reflexos foram estudados durante a segunda metade do século XIX por um grande número de fisiologistas,

(1) Ver p. 96.

LA FONCTION INTÉGRATIVE DE LA MOELLE EPINIÈRE CHEZ L'HOMME (1)

Par P. Chailley-Bert.

Professeur «emeritus» de la *Faculté de Médecine de Paris*. Président de la *Fédération Internationale de Médecine Sportive*. Paris — FRANCE.

Dans un livre célèbre, Sherrington définit ainsi l'action «intégrative» du système nerveux: Cette action intégrative est celle en vertu de laquelle le système nerveux unifie, à partir d'organes séparés, un animal qui possède ainsi une solidarité et devient un individu.

On peut dire d'un organe nerveux qu'il a une fonction d'intégration quand il ne se borne pas à transmettre, sans les modifier, les influx qu'il reçoit, mais quand il peut les sélectionner, les choisir, les orienter, les transformer afin d'atteindre le but intégratif recherché. On peut, par exemple, parler de l'action intégrative du cervelet.

*

Lorsque nous examinons le rôle que joue la moelle dans la motricité de la grenouille, nous voyons que si la grenouille «spinale» est incapable d'un mouvement volontaire, elle possède néanmoins une motricité réflexe si parfaite que l'on peut dire que, chez cet animal, la moelle renferme les centres principaux de la motricité. Ces réflexes ont été étudiés pendant la seconde moitié du XIX siècle par un grand nombre de physio-

(1) Voir p. 96.

nomeadamente Pflüger e Charles Richet, os quais notaram que os reflexos da rã «espinal» não consistiam em agitação desordenada, mas eram, ao contrário, movimentos perfeitamente coordenados que pareciam apropriados a um fim, como se fossem movimentos de defesa e de conservação (Ch. Richet). Se se coloca uma rã «espinal» num recipiente com água suficientemente quente para produzir um reflexo, a rã nada, atinge o bordo do recipiente, faz esforços para sair da água e escapar-se.

Mais ainda: certos reflexos parecem indicar uma possibilidade de escolha. Pflüger mostrou que, se se põe uma gota de ácido acético na parte superior da coxa de uma rã decapitada, vemo-la esfregar o ponto irritado com um membro posterior; se o membro é amputado antes de renovar a excitação, o animal procura primeiramente recomeçar o mesmo movimento, mas o membro mutilado não pode atingir o ponto excitado; depois de alguns movimentos sem resultado, o animal utiliza o *outro membro* e consegue com este atingir a gota de ácido. Ch. Richet relata uma experiência de Ferrier, ainda mais surpreendente: uma rã decapitada é colocada debaixo de uma campânula cheia de água; ela procura atingir a superfície do líquido, mas, não o conseguindo, mergulha para procurar uma saída debaixo do bordo inferior da campânula. Estas e outras experiências pareciam tão extraordinárias que Pflüger, Paton, Auerbach — e outros — acabaram por perguntar a si mesmos se não era possível que a medula possuísse, na rã, «um rudimento de inteligência, uma consciência vaga, um poder psíquico obscuro de percepção» que lhe permite reagir segundo o carácter da excitação e Ch. Richet interrogou-se como explicar esta adaptação «raciocinada» que se modifica conforme a excitação.

*

*

A medula dos animais como a rã, tem, portanto, uma função integrativa extraordinária; nos animais como o cão ou o gato, esta função medular aparece certamente

logistes, dont Pflüger et Charles Richet; ils avaient remarqué que les réflexes de la grenouille spinale ne consistaient pas du tout en une agitation désordonnée, mais étaient, au contraire, des mouvements parfaitement coordonnés, qui semblaient être appropriés au but, comme s'ils étaient des mouvements de défense et de conservation (Ch. Richet). Si l'on met une grenouille «spinale» dans un récipient d'eau suffisamment chaude pour déclencher un réflexe, la grenouille nage, gagne le bord du récipient, fait des efforts pour sortir de l'eau et pour s'échapper.

Bien plus, certains de ces reflexes semblent indiquer une possibilité de choix. Pflüger a montré que si l'on place une goutte d'acide acétique sur le haut de la cuisse d'une grenouille décapitée, on la voit frotter le point irrité avec un membre postérieur; si, avant de renouveler l'excitation, on ampute le dit membre, l'animal essaie d'abord de recommencer le même mouvement, mais le membre mutilé ne peut atteindre le point excité; après quelques mouvements sans résultat, l'animal utilise *l'autre membre* et réussit avec celui-ci à atteindre la goutte d'acide. Ch. Richet rapporte une expérience de Ferrier, encore plus saisissante: une grenouille décapitée est mise sous une cloche remplie d'eau; elle cherche à gagner la surface du liquide, mais, ne pouvant pas y parvenir, plonge pour chercher une issue sous le bord inférieur de la cloche. Ces expériences — et d'autres — semblaient si extraordinaires que Pflüger, Paton, Auerbach — et d'autres — avaient fini par se demander s'il n'était pas possible que la moëlle possède, chez la grenouille, «un rudiment d'intelligence, une vague conscience, un obscur pouvoir psychique de perception» qui lui permet de réagir suivant le caractère de l'excitation et Ch. Richet se demandait comment expliquer cette adaptation «raisonnée», qui se modifie suivant l'excitation.

La moëlle d'animaux comme la grenouille a donc une extraordinaire fonction intégrative; sur les animaux comme le chien ou le chat, cette fonction medullaire apparaît

N'oubliez pas, s'il vous plaît, de payer votre cotisation pour 1967, jusqu'au premier Mars.

muito diminuída. Todos conhecem os trabalhos de Sherrington sobre o gato «espinal» e a inervação recíproca prova que a medula conserva, mesmo no homem, uma acção integrativa que não é para desprezar.

Mas, no cão e no gato, a origem desta coordenação motora já não é na medula: é nos núcleos cinzentos centrais. O gato de Dusser de Bareme, os cães de Goltz e de Rothman — aos quais foi extraído o córtex cerebral — não só conservaram uma motricidade perfeita, mas uma certa espontaneidade que provém do Striatum (Nucleo Caudado e Putamen) e o seu comportamento motor não difere, em nada, do animal normal.

*

Na espécie humana, ao contrário, «a influência despótica» (Hedon) do córtex deixa pouca liberdade aos centros subcorticais e à medula. Se o córtex for lesionado e o feixe piramidal destruído, a motricidade voluntária e automática é profundamente perturbada, mesmo abolida. A medula do homem parece ter perdido quase toda a sua função integrativa; ela parece não ser mais que via de condução, que ligação nervosa; e as concepções fisiológicas clássicas parecem manter a ideia que a medula isolada não teria nenhuma acção motora. Um homem «espinal» está inteiramente paralisado e votado a uma morte rápida. Contudo, Foix mostrou em certos dos seus doentes a existência de reflexos a que chama «reflexos cruzados de alongamento», que são exactamente os reflexos descritos por Sherrington no gato «espinal».

Contudo, os estudos recentes sobre o feixe piramidal, a actividade «gama», o tono de repouso, sem esquecer a inervação recíproca, provam que, no homem, a acção integrativa da medula conserva uma importância considerável.

O *tono de repouso* é criado e mantido por reflexos curtos, que, vindos do periostio, dos tendões e de um grande número de elementos anatómicos que envolvem as articulações (principalmente os ligamentos articulares), mantêm nos músculos um certo

consideravelmente diminuída, certas. Tout le monde connaît les travaux de Sherrington sur le chat «spinal», et l'innervation réciproque prouve que la moëlle conserve, même chez l'homme, une action intégrative qui n'est pas négligeable.

Mais, chez le chien ou le chat, l'origine de cette coordination motrice n'est plus dans la moëlle: elle est dans les noyaux gris centraux. Le chat de Dusser de Bareme, les chiens de Goltz et de Rothman — auxquels on a enlevé l'écorce cérébrale — ont non seulement conservé une motricité parfaite, mais une certaine spontanéité, qui provient du Striatum (Noyau Caudé et Putamen) et leur comportement moteur ne diffère guère de celui d'un animal normal.

*

Dans l'espèce humaine, par contre, «l'emprise despotique» (Hedon) de l'écorce laisse peu de liberté aux centres sous-corticaux et à la moëlle. L'écorce est-elle touchée, le faisceau pyramidal est-il détruit? La motricité volontaire et automatique est profondément perturbée, voire abolie. La moëlle de l'homme semble avoir perdu presque toute fonction intégrative; elle ne paraît plus être que voie de conduction, que relais nerveux; et les conceptions physiologiques classiques semblent entretenir cette idée: la moëlle seule n'aurait plus aucune action motrice. Un homme «spinal» est entièrement paralysé et voué à une mort rapide. Cependant Foix a montré, sur certains de ses malades, l'existence de réflexes qu'il appelle: (réflexes d'allongement croisés) qui sont exactement les réflexes décrits par Sherrington sur le chat «spinal».

Toutefois, les études récentes sur le faisceau pyramidal, sur l'activité gamma, sur le tonus de repos, sans oublier l'innervation réciproque, prouvent que, chez l'homme, l'action intégrative de la moëlle conserve une importance considérable.

Le *tonus de repos* est créé et entretenu par des réflexes courts qui, venus du périoste, des tendons et d'un grand nombre d'éléments anatomiques qui entourent les articulations (principalement les ligaments articulaires) maintiennent dans les muscles

Please do not forget to pay your subscription for 1967,
till March first.

estado de tensão permanente (tono de repouso); o seu principal papel é manter reunidas as superfícies articulares das articulações móveis, das quais algumas, como as do ombro e do joelho, não se conservam assim senão graças ao tono de repouso.

Ali não se trata senão de reflexos, mas a acção elástica do tono, a maneira como ele se modifica para satisfazer imediatamente as necessidades fisiológicas da articulação nos movimentos rápidos e precisos, prova que existem na medula qualidades de escolha, de selecção, de transformação, que caracterizam as acções integrativas.

A inervação recíproca não é mais que a tradução destas manifestações tónicas (inibição e reforço) e Sherrington mostrou toda a delicadeza e flexibilidade de adaptação.

A actividade «gama» é igualmente um mecanismo medular de adaptação, muito vizinho dos que acabamos de falar, embora o mecanismo seja diferente do tono de repouso, visto a «vigilância» do fuso muscular ser mantida pela formação reticulada; é, contudo, provável que a actividade gama das fibras musculares tónicas intervenha na regulação do tono de repouso.

Tono de repouso, actividade gama, inervação recíproca, são mecanismos que se sobrepõem, se misturam e se completam para dar uma coordenação muscular perfeita e nos levam a supor que existe na medula uma função integrativa importante.

*

As novas ideias sobre a organização do feixe piramidal apenas reforçam esta concepção.

Segundo modernos trabalhos, não será esta a via directa e sem colaterais que une a circunvolução frontal ascendente aos cornos anteriores da medula do lado oposto; o feixe piramidal teria origens múltiplas e somente um pequeno número de fibras — algumas dezenas de milhares em perto de um milhão — seriam conformes ao esquema clássico e proviriam das células de Betz

un certain état permanent de tension (tonus de repos); son rôle principal est de garder accolées les surfaces articulaires des articulations mobiles, dont certaines, comme l'épaule et le genou, ne «tiennent» que par le tonus de repos.

Il ne s'agit là que de réflexes, mais la souplesse d'action du tonus, la façon dont il se modifie pour satisfaire immédiatement aux besoins physiologiques de l'articulation dans les mouvements rapides et précis prouve qu'il existe bien dans la moëlle des qualités de choix, de sélection, de transformation qui caractérisent les fonctions intégratives.

L'innervation réciproque n'est que la traduction de ces manifestations toniques (inhibition et renforcement) et Sherrington en a montré toute la finesse et la souplesse d'adaptation.

L'activité gama est également un mécanisme médullaire d'adaptation que est très voisin de ceux dont nous venons de parler, bien que le mécanisme soit différent du tonus de repos, puisque la «vigilance» du muscle fusorale est entretenue par la formation réticulée; il est probable, cependant, que l'activité gamma des fibres musculaires toniques intervient dans la régulation du tonus de repos.

Tonus de repos, activité gamma, innervation réciproque, autant de mécanismes qui se superposent, se mélangent et se complètent pour donner une coordination musculaire parfaite et qui nous amènent à supposer dans la moëlle une fonction intégrative importante.

*

Les idées nouvelles sur l'organisation du faisceau pyramidal ne font que renforcer cette conception.

D'après les travaux modernes, loin d'être cette voie directe et sans collaterales qui unit la circonvolution frontale ascendante aux cornes antérieures de la moëlle du côté opposé, le faisceau pyramidal aurait des origines multiples et seules un petit nombre de fibres — quelques dizaines de milliers sur près d'un million — seraient conformes au schéma classique et provien-

Por favor, no olvide Vd. de pagar su cotización referente a 1967, hasta el primero Marzo.

(camada 5). O resto viria (Lassek, Fulton) de células mais pequenas da área 4, da área 6, e mesmo, segundo outros autores, das áreas parietais (3, 1, 2, 5a e 7).

Além disso, estas células tão diversas, teriam inúmeras conexões no córtex cerebral.

Mas, mais importante, é o local da terminação da fibra do feixe piramidal. Leyton e Sherrington, Fulton, Hoff, Lassek, etc., mostraram que a maioria das fibras piramidais terminam do mesmo lado, mas, contrariamente à teoria clássica, estas fibras não terminam ao contacto dos neurónios motores do corno anterior da medula. Elas terminam do contacto dos neurónios intermédios situados na região lateral da medula «num ponto vantajoso», diz Fulton, «que lhes permite controlar todos os influxos sensitivos que chegam à medula»; os trabalhos de Hoff mostraram a raridade das conexões directas das fibras piramidais com as células dos cornos anteriores da medula.

Pode-se imaginar assim a fisiologia da motricidade ao nível medular: os influxos motores que partem do córtex e dos núcleos cinzentos subcorticais chegam à medula e terminam, não nos cornos motores do corno anterior, mas ao contacto de neurónios de associação, que, por um lado, reúnem as fibras piramidais ao corno anterior e que, por outro, recebem, por outros *neurónios de associação*, um «reflexo» de todos os influxos sensoriais e sensitivos trazidos pelas vias «ipsi» e contralaterais.

Existe, portanto, na medula uma «encruzilhada» sensitivo-motora, semelhante à que existe no corpus opto-estriados e que permite uma adaptação motora muito mais precisa porque é regulada no mesmo sítio. É o que Foix já notara no que se refere o tono: «ele varia segundo as diversas acções que o inibem ou o reforçam». Para Foix, estas «diversas acções» são, em grande parte, periféricas. Da mesma forma, os influxos nervosos motores que chegam à medula sofrem modificações (que podem ser importantes) sob a acção das incitações sensitivas vindas da periferia, antes de atin-

draient des cellules de Betz (couche 5). Le reste viendrait (Lassek, Fulton) de cellules plus petites de l'aire 4, de l'aire 6 et même selon d'autres auteurs des aires pariétales (3, 1, 2, 5a et 7).

De plus, ces cellules si diverses auraient d'innombrables connections dans l'écorce cérébrale.

Mais, plus important est le lieu de terminaison des fibres du faisceau pyramidal. Leyton et Sherrington, Fulton, Hoff, Lassek, etc., ont montré que la majorité des fibres pyramidales se terminent *du même côté*; mais, contrairement à la théorie classique, ces fibres ne se terminent pas au contact des neurones moteurs de la corne antérieure de la moëlle. Elles se terminent au contact de neurones intermédiaires situés dans la région latérale de la moëlle, «en un point avantageux», dit Fulton, «qui leur permet de contrôler tous les influx sensitifs arrivant à la moëlle»; les travaux de Hoff ont montré la rareté des connections directes des fibres pyramidales avec les cellules des cornes antérieures de la moëlle.

On peut donc imaginer ainsi la physiologie de la motricité à l'étage médullaire: les influx moteurs, partis de l'écorce et des noyaux gris sous-corticaux, arrivent à la moëlle et aboutissent, non pas aux neurones moteurs de la corne antérieure, mais au contact de neurones d'association qui, d'une part, réunissent les fibres pyramidales à la corne antérieure, et qui, d'autre part, reçoivent, *par d'autres neurones d'association*, un «*reflet*» de tous les influx sensoriels et sensitifs apportés par les voies *ipsi* et contralatérales.

Il existe donc dans la moëlle un «carrefour» sensitivo-moteur, semblable à celui qui existe dans les corpus opto-striés, et qui permet une adaptation motrice beaucoup plus précise, parce que réglée sur place. C'est ce que Foix avait déjà noté en ce qui concerne le tonus: «Il varie suivant les diverses actions qui l'inhibent ou le renforcent». Pour Foix, ces «diverses actions» sont, en grande partie, périphériques. De même, les influx nerveux moteurs arrivés à la moëlle subissent, avant d'atteindre les neurones périphériques de la corne antérieure, des modifications (qui peuvent être

gir os neurónios periféricos do corno anterior. Foix insistia, com razão, sobre o duplo mecanismo: um mecanismo central comandado, de uma maneira geral, e *um mecanismo local que dá uma precisão e uma perfeição de que seria incapaz uma regulação central.*

*

Vemos que, no homem, a medula, longe de ser, unicamente, o órgão de condução e de *relais* que uma concepção simplista poderia fazer admitir, possui, como sucede com a rã, mas em grau menor, uma importante função integrativa. Um esquema clássico diz que os movimentos automáticos, primeiro voluntários — isto é, corticais —, passam seguidamente a estar na dependência das formações cinzentas subcorticais e que é ao nível subcortical que se dá aos movimentos a precisão e a perfeição que admiramos, por exemplo, nos músicos e desportistas. Seria mais justo dizer que, partindo de um ajustamento córtico-subcortical, os movimentos automáticos passam insensivelmente a ficar sob a dependência de um *ajustamento subcortico-medular* e que é, em grande parte, devido à regulação medular que os movimentos automáticos devem a sua precisão a perfeição.

Na verdade, enfrentamos tantas contradições histológicas, anatómicas e fisiológicas que apenas podemos fazer hipóteses.

Tudo o que sabemos actualmente de feixe piramidal apenas pode reforçar a hipótese da intervenção considerável da medula na regulação da motricidade; não esqueçamos que as fibras da sensibilidade consciente se ligam e se cruzam na medula perto da sua entrada (excepto as fibras longas) e que sucede o mesmo para as fibras dos feixes cerebelosos, cuja importância na motricidade parece actualmente maior do que antigamente se pensava. Sabe-se, também, que várias vias extrapiramidais não se cruzam.

Pode-se imaginar um encontro dos influentes piramidais e extrapiramidais «ipsi-

importantes) sous l'action des incitations sensibles venues de la périphérie. Foix insistait, avec raison, sur ce double mécanisme: un mécanisme central commandant d'une façon générale et *un mécanisme local qui donne une précision et une perfection dont serait incapable une régulation centrale.*

*

Nous voyons que, chez l'homme, la moëlle, loin d'être seulement l'organe de conduction et de relais qu'une conception simpliste pourrait faire admettre, possède, comme chez la grenouille, mais à un degré moindre, une fonction d'intégration importante. Un schéma classique dit que les mouvements automatiques d'abord volontaires — c'est à dire corticaux — passent ensuite sous la dépendance des formations grises sous-corticales, et que c'est cet étage sous-cortical qui donne à ces mouvements la précision et la perfection que nous admirons, par exemple, chez les musiciens ou chez les sportifs. Il serait plus juste de dire que, partant d'un couplage cortico-sous-cortical, les mouvements automatiques glissent ensuite sous la dépendance d'un *couplage sous-cortico-médullaire* et que c'est en grande partie au réglage médullaire que les mouvements automatiques doivent leur précision et leur perfection.

En vérité, nous sommes devant tant de contradictions histologiques, anatomiques et physiologiques que nous ne pouvons que faire des hypothèses.

Tout ce que nous savons actuellement du faisceau pyramidal ne peut que renforcer l'hypothèse d'une intervention considérable de la moëlle dans le réglage de la motricité; n'oublions pas que les fibres de la sensibilité consciente relayent et croisent dans la moëlle tout près de leur étage d'entrée (sauf pour les fibres longues) et qu'il en est de même pour les fibres des faisceaux cérébelleux, dont l'importance dans la motricité paraît actuellement plus grande qu'on ne le pensait autrefois. On sait aussi que plusieurs voies extra-piramidales ne croisent pas.

On peut imaginer une rencontre des influx sensitifs et sensoriels avec les influx

xos sensitivos e sensoriais com os influxos -laterais»; em lugar deste encontro, haveria: escolha, selecção, orientação, transformação — isto é, acção integrativa — como admitimos suceder nos cornos opto-estriados. A maior parte das fibras motoras e sensitivas são ainda «ipsi-laterais», mas não esqueçamos que ali apenas se trata de uma regulação, de uma execução mais precisa de gestos delicados; e, se o resultado final é cruzado, é porque, apesar do papel integrativo da medula e da importância da regulação periférica, o *comando* da motricidade, sobretudo no homem, pertence ao córtex, às zonas 6 e 4 de Brodmann, que agem finalmente por intermédio das células de Betz, cujos cilindros-eixos são todos cruzados.

moteurs pyramidaux et extra-pyramidaux impsilateraux; au lieu de cette rencontre, il y aurait: choix, selection, orientation, transformation — c'est à dire action intégrative — comme nous admettons que cela a lieu dans les corps opto-striés. La plupart des fibres motrices et sensitives sont encore ipsi-latérales; mais n'oublions pas qu'il s'agit là seulement d'un réglage, d'une «finition» plus précise de gestes délicats; et si le resultat final est croisé, c'est que malgré l'importance du réglage périphérique, le *commandement* de la motricité, surtout chez l'homme, appartient au cortex, aux Zônes 6 et 4 de Brodmann, qui agissent finalement par l'intermediaire des cellules de Betz, dont les cylindres-axes sont tous croisés.