

A — D'abord, ils provoquent le raccourcissement du muscle par des mécanismes complexes, que l'on explique de plusieurs manières; nous y reviendrons. Les réactions chimiques responsables du raccourcissement du muscle sont dites «anaérobies»; elles n'utilisent pas, en effect, l'oxygène de l'air, ni, d'ailleurs, aucun élément extérieur au muscle. Tout se passe grâce aux réserves qu'a emmagasiné le muscle. La preuve en est qu'un muscle séparé de l'organisme peut se contracter parfaitement sous l'influence d'un courant électrique.

B — Ensuite, ces réactions chimiques donnent naissance:

— à de nombreux produits de déchet, connus généralement sous le nom de métabolites, qui intoxiquent le muscle; il faudra les évacuer du muscle par le sang, les uns vers des organes chargés de les expulser: poumon (pour le  $\text{CO}_2$ ), rein, peau, ou de les détruire (foie); enfin, les autres seront oxydés.

— à de la chaleur, qu'il faudra aussi évacuer.

Par des mécanismes extrêmement subtils, ces produits de déchet et cette chaleur (qui est aussi un produit de déchet) excitent les centres de la circulation (cœur et vaisseaux) et les centres respiratoires. Ces deux appareils (circulation et respiration) sont tellement liés l'un à l'autre, fonctionnent de façon si synchrone que nous les designons sous une appellation unique: l'appareil cardio-pulmonaire.

Mais le travail musculaire épuise rapidement les réserves du muscle; il est nécessaire de les remplacer; ces réserves sont surtout constituées par du glucose. Ce sera aussi le rôle du sang de ravitailler le muscle: le foie lui fournira le glucose et les poumons l'oxygène.

La circulation aura donc un double rôle:

- nettoyer le muscle, le débarrasser des produits de déchet,
- et le ravitailler.

Si la circulation emporte autant (ou plus) de métabolites que le muscle n'en

A — Primeramente, provocan el encogimiento del músculo por medio de mecanismos complejos, que se explica de diversas formas; volveremos sobre ello. Las reacciones químicas responsables del encogimiento del músculo se denominan «anaerobias»; en efecto, no utilizan el oxígeno del air, ni, por otra parte, ningún elemento exterior al músculo. Todo tiene lugar gracias a las reservas que ha almacenado el músculo. La prueba de ello está en que un músculo separado del organismo puede contraerse perfectamente bajo la influencia de una corriente eléctrica.

B — Después, estas reacciones químicas dan origen a:

— numerosos productos de desecho, conocidos generalmente con el nombre de metabolitos, que intoxican el músculo; será necesario evacuarlos del músculo por medio de la sangre, unos hacia los órganos encargados de expulsarlos: pulmón (para el  $\text{CO}_2$ ), riñón, piel, o de destruirlos (hígado); finalmente, los demás serán oxidados.

— calor, que será también necesario evacuar.

Por medio de mecanismos extremadamente delicados, estos productos de desecho y este calor (que es también un producto de desecho) excitan los centros de la circulación (corazón y vasos) y los centros respiratorios. Estos dos aparatos (de circulación y respiración) están de tal forma unidos el uno al otro, funcionan de forma tan sincronizada que los designamos con una denominación única: el aparato cardio-pulmonar.

Pero el trabajo muscular agota rápidamente las reservas del músculo; es necesario reponerlas; estas reservas están constituídas principalmente por glucosa. Será también misión de la sangre la de abastecer el músculo: el hígado le proporcionará la glucosa y los pulmones el oxígeno.

La circulación tendrá pues un doble papel:

- limpiar el músculo, desembarazarlo de los productos de desecho,
- y abastecerlo.

Si la circulación lleva tantos (o más) metabolitos de los que el músculo produzca,

produit, si elle apporte suffisamment de ravitaillement, le muscle pourra continuer à travailler sans dommage; sinon il s'intoxique peu à peu et finit par ne plus pouvoir se contracter; c'est la fatigue.

Le sang, nous l'avons dit, apporte au muscle de l'oxygène. Pourquoi de l'oxygène, puisque le muscle travaille de façon anaérobie, c'est à dire qu'il produit l'énergie nécessaire à sa contraction sans utiliser l'oxygène de l'air. Parce que si le muscle se contracte en utilisant ses propres réserves, l'oxygène est indispensable aux phénomènes dits de «restauration», qui ont lieu après la contraction et permettent de «récupérer» une partie du glucose et d'oxyder certains métabolites; parmi les plus importants de ceux qui sont créés par le travail musculaire, il y a abondance de produits acides: acide carbonique ( $\text{CO}_2$ , on devrait dire: anhydride carbonique), et des acides organiques: acide lactique et acide pyruvique. Le  $\text{CO}_2$  est emporté vers le poumon, qui l'élimine. Quant aux autres acides, disons *très* schématiquement que 4/5 de l'acide lactique est oxydé en  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  — acide lactique —  $+6 \text{ O} = 3 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$ ) dans une série d'opérations compliquées connues sous le nom de Cycle de Krebs. L'acide pyruvique subit un sort semblable.

Quant au dernier cinquième d'acide lactique, l'énergie produite par l'oxydation dont nous venons de parler est, en partie, utilisée pour faire la synthèse du glucose, à partir de ce dernier cinquième:  $2 \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  (acide lactique) =  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (glucose).

Mais le schéma serait par trop incomplet si nous n'ajoutions pas que les métabolites et la chaleur, nés du travail musculaire, vont troubler profondément notre organisme; le travail musculaire, si curieux que cela puisse paraître, se comporte envers notre organisme comme une agression, agression bienfaisante sans doute, comme nous le verrons plus loin, mais agression tout de même, contre laquelle l'organisme tout entier réagit vivement: Système nerveux cérébro-spinal, système nerveux autonome, appareil cardio-pulmonaire, glandes endocrines, etc., alertés par les innombrables appareils régulateurs, entrent en jeu

si trae suficiente abastecimiento, el músculo podrá seguir trabajando sin daño; si no, se intoxica poco a poco y acaba por no poder ya contraerse; esto es el cansancio.

La sangre, como hemos dicho, trae oxígeno al músculo. ¿Por qué oxígeno?, puesto que el músculo trabaja de forma anaerobia, es decir, que produce la energía necesaria para su contracción sin utilizar el oxígeno del aire. Porque, si el músculo se contrae utilizando sus propias reservas, el oxígeno es indispensable para los fenómenos llamados de «restauración», que tienen lugar después de la contracción, permiten «recuperar» una parte de la glucosa y oxidar ciertos metabolitos; entre los más importantes de los creados por el trabajo muscular, existe abundancia de productos ácidos: ácido carbónico ( $\text{CO}_2$ , debería decirse: anhídrido carbónico) y ácidos orgánicos: ácido láctico y ácido pirúvico. El  $\text{CO}_2$  es llevado hacia el pulmón, que lo elimina. En cuanto a los demás ácidos, digamos *muy* esquemáticamente que 4/5 del ácido láctico es oxidado en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  — ácido láctico —  $+6 \text{ O} = 3 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$ ) en una serie de operaciones complicadas conocidas con el nombre de Ciclo de Krebs. El ácido pirúvico tiene una suerte parecida.

En cuanto al quinto restante del ácido láctico, la energía producida por la oxidación de que acabamos de hablar se utiliza, en parte, para hacer la síntesis de la glucosa, partiendo de este quinto restante:  $2 \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  (ácido láctico) =  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (glucosa).

Pero el esquema quedaría demasiado incompleto si no añadiéramos que los metabolitos y el calor nacidos del trabajo muscular van a trastornar profundamente nuestro organismo; el trabajo muscular, por curioso que esto pueda parecer, se comporta hacia nuestro organismo como una agresión, agresión bienhechora sin duda, como veremos más adelante, pero, agresión al fin y al cabo, contra la cual reacciona con vivacidad todo el organismo: sistema nervioso cerebro-espinal, sistema nervioso autónomo, aparato cardio-pulmonar, glándulas endocrinas, etc., alertados por los innumerables aparatos reguladores, entran en juego para restablecer

pour rétablir un équilibre biologique plus ou moins troublé par cette agression, qui est souvent brutale. Ses effets dépassent ceux des plus graves maladies: les battements du coeur atteignent des chiffres inconnus en pathologie: 200 pulsations par minute et plus; or quand chez un malade le rythme cardiaque s'élève à 150-160, la mort paraît inévitable. La pression artérielle augmente facilement de 10 centimètres de mercure à la fin d'un effort sportif un peu rude; chez un malade, un tel symptôme serait des plus graves. Mais chez le sportif, tout rentre dans l'ordre, en moins de quelques heures, sans laisser de trace.

Tel est le schéma; nous répétons que c'est un schéma simplifié à l'extrême.

Examinons maintenant de plus près quelques détails importants. *Le muscle* est un organe d'une extrême complexité; la cellule musculaire, appelée fibre musculaire, est composée d'une multitude de fibrilles, épaisses d'une millième de millimètre (un micron), parallèles à l'axe de la fibre et constituées elles-mêmes d'une succession, d'une chaîne d'éléments minuscules, connus sous le nom de «disques», parce que les premiers histologistes qui les découvrirent les comparèrent à des disques, à des jetons de Jeu de Dames, entassés les uns sur les autres. A la lumière polarisée, les uns apparaissent clairs, les autres foncés, d'où le vieux nom de disques clairs et de disques foncés; on dit maintenant: disque I et disque A. Mais ces disques eux-mêmes ne sont pas homogènes; ils contiennent des grains de matière contractile: Actine et Myosine, qui ont, croit-on, la forme de batonnets; et peut-être leur complexité est-elle encore plus grande. L'excitation nerveuse (ou électrique, ou toute autre excitation), qui déclenche les opérations chimiques de la contraction musculaire, fait combiner ces batonnets, constitués les uns d'Actine les autres de Myosine, pour constituer un nouveau corps: l'Acto-myosine; c'est une sorte de coagulation *reversible*, qui raccourdit le muscle: c'est la contraction musculaire. Pour que le muscle se decontracte, il faut que l'Acto-myosine se décom-

un equilibrio biológico más o menos trastornado por esta agresión, que, a menudo, es brutal. Sus efectos superan a los de las enfermedades más graves: los latidos del corazón alcanzan cifras desconocidas en patología: 200 pulsaciones por minuto y incluso más; pues bien, cuando, en un enfermo, el ritmo cardíaco se eleva a 150-160, la muerte parece inevitable. La presión arterial aumenta fácilmente en unos 10 centímetros de mercurio al final de un esfuerzo deportivo un poco duro; en un enfermo, un síntoma así sería de los más graves. Pero en el deportista, todo vuelve a la normalidad en menos de algunas horas, sin dejar vestigio alguno.

Este es el esquema; repetimos que se trata de un esquema simplificado hasta el extremo.

Examinemos ahora más de cerca algunos detalles importantes. El *músculo* es un órgano de una complejidad extremada; la célula muscular, llamada fibra muscular, está compuesta por una multitud de fibrillas, espesas de una milésima de milímetro (una micra), paralelas al eje de la fibra y constituidas a su vez por una sucesión, por una cadena de elementos minúsculos, conocidos con el nombre de «discos», porque los primeros histólogos que los descubrieron los compararon a discos, a fichas del juego de damas, amontonados unos sobre otros. A la luz polarizada, unos aparecen claros y los otros oscuros, de donde el antiguo nombre de discos claros y discos oscuros; ahora se dice disco I y disco A. Pero estos discos tampoco son homogéneos, contienen granos de materia contráctil: Actina y Miosina, que se cree tienen la forma de bastoncillos; y quizás su complejidad es aún mayor. La excitación nerviosa (o eléctrica, o cualquier otra excitación) que hace que se produzcan las operaciones químicas de la contracción muscular, hace combinar estos bastoncillos, constituidos unos por Actina y otros por Miosina, para constituir un nuevo cuerpo: la Acto-miosina; es ésta una especie de coagulación *reversible*, que encoge el músculo: es la contracción muscular. Para que el músculo se estire, es necesario que la Acto-miosina se descomponga, dando de nuevo Actina y Miosina; estudiaremos

pose, donnant à nouveau de l'Actine et de la Myosine; nous étudierons le mécanisme de la contraction en partant du Tonus musculaire.

Mais le fibre musculaire contient encore, heureusement, des éléments élastiques.

Je dis: heureusement, car les phénomènes chimiques de la contraction musculaire sont d'une brusquerie extraordinaire; on peut presque dire que c'est une explosion: les éléments contractiles se contractent et se décontractent en un temps inférieur au millième de seconde. Si le muscle ne contenait pas de matière élastique, qui lie entre eux les éléments contractiles des fibrilles, il serait désorganisé dès la première contraction en une multitude, en une poussière d'éléments contractiles, à la façon d'une corde qui se rompt sous une traction brutale. Mais la matière élastique absorbe cette énergie «explosive» et la restitue plus lentement. C'est à cela qu'est dû le «temps perdu» d'environ un centième de seconde qui sépare l'excitation de la contraction.

Ce sont également les éléments élastiques de la fibre musculaire qui absorbent, qui «fondent» ensemble les contractions désordonnées des Unités Motrices, lesquelles se contractent à un rythme bas: 10 à 15 en moyenne par seconde, ce qui devrait donner une contraction tremblée, comme le tétanus physiologique imparfait des expériences de laboratoire. Nous savons aujourd'hui combien est fautive la vieille théorie qui assimilait la contraction musculaire à un tétanus physiologique de rythme élevé (Rythme de Piper).

Nous avons vu comment le muscle se contracte. Mais un mouvement est dû à une succession de contractions musculaires dans laquelle chaque muscle, ou plutôt chaque groupe musculaire, parfois aussi chaque faisceau musculaire a, à un moment donné, un rôle différent: les uns sont moteurs les autres directeurs, c'est à dire qu'ils impriment aux différents segments des membres l'orientation nécessaire à l'exécution du mouvement; les autres sont antagonistes, c'est à dire freinateurs et Duchenne de Boulogne a insisté sur le rôle capital des antagonistes dans l'exécution d'un mouve-

ment le mécanisme de la contraction al hablar del Tono muscular.

Pero la fibra muscular contiene también, afortunadamente, elementos elásticos.

Digo: afortunadamente, ya que los fenómenos químicos de la contracción muscular son de una brusquedad extraordinaria; casi se puede decir que es una explosión: los elementos contráctiles se contraen y se descontraen en un tiempo inferior a una milésima de segundo. Si el músculo no contuviera materia elástica ninguna, que une entre sí los elementos contráctiles de las fibrillas, se desorganizaría desde la primera contracción en una multitud, en una polvareda de elementos contráctiles, de igual forma que una cuerda se rompe bajo el efecto de una tracción brutal. Pero la materia elástica absorbe esta energía «explosiva» y la restituye más lentamente. A esto es a lo que se debe el «tiempo perdido» de una centésima de segundo aproximadamente que separa la excitación de la contracción.

Son también los elementos elásticos de la fibra muscular los que absorben, los que «funden» juntas las contracciones desordenadas de las Unidades Motrices, que se contraen a un ritmo bajo: 10 a 15 en media por segundo, lo que debería dar una contracción temblorosa, como el tétano fisiológico imperfecto de las experiencias de laboratorio. Hoy sabemos lo falso que es la vieja teoría que asimilaba la contracción muscular a un tétano fisiológico de ritmo elevado (Ritmo de Piper).

Hemos visto cómo se contrae el músculo. Pero un movimiento es debido a una sucesión de contracciones musculares en la que cada músculo, o más bien cada grupo de músculos, a veces también cada haz muscular tiene, en un momento dado, un papel diferente: unos son motores y otros directores, es decir, que imprimen a los diferentes segmentos de los miembros la orientación necesaria para la ejecución del movimiento; otros son antagonistas, es decir, frenadores y Duchenne de Boulogne ha insistido sobre el papel capital de los antagonistas en la ejecución de un movimiento;

ment; d'autres, enfin, sont fixateurs. Mais cette répartition dans les fonctions musculaires n'est valable que pour un instant du mouvement; l'instant après, tout est bouleversé, les moteurs sont devenus antagonistes ou directeurs, les fixateurs ne sont plus les mêmes. C'est ce qui rend si difficile cette étude que l'on appelle «la mécanique musculaire»; un mouvement est composé d'une série d'attitudes et à chaque attitude nouvelle, le rôle de chacun des groupes musculaires se modifie.

On conçoit la complexité des mécanismes nerveux qui commandent des combinaisons musculaires si compliquées et si mouvantes.

On a coutume des diviser schématiquement les mouvements en trois catégories: les réflexes, les mouvements automatiques et les mouvements volontaires. En éducation physique, nous n'utilisons pas les réflexes; on s'en sert cependant parfois en ré-éducation motrice. Quant aux mouvements volontaires et automatiques il n'y a pas de séparation tranchée entre eux et le grand physiologiste S. Wright disait: «on peut dire qu'un mouvement est plus automatique que volontaire ou plus volontaire qu'automatique; et c'est tout».

Chez l'animal l'origine du mouvement volontaire est l'écorce cérébrale; nous croyons que c'est d'elle que part la «spontanéité», la volonté, qui déclanche toute motricité. Les mouvements automatiques sont commandés par les Noyaux gris de la base du Cerveau et les réflexes sont d'origine médullaire. Mais cette systématisation n'est qu'un schéma horriblement grossier, à peine applicable à l'animal. Chez l'homme, l'écorce commande tout; quand elle est lésée, toute motricité correcte est impossible.

Un mouvement volontaire a pour origine la représentation mentale du geste à accomplir, qu'il s'agisse du geste le plus simple ou de l'exercice le plus compliqué: c'est ce que l'on appelle «l'image motrice».

Cette image est presque toujours inconsciente. Mais nous sommes bien obligés de reconnaître son importance primordiale dans la motricité par le fait que lorsque les

finalmente, otros son fijadores. Pero este reparto en las funciones musculares no es válido más que para un instante del movimiento; en el instante siguiente, todo se altera, los motores se convierten en antagonistas o directores, los fijadores no son ya los mismos. Es lo que hace tan difícil este estudio que se llama «la mecánica muscular»; un movimiento se compone de una serie de actitudes y en cada nueva actitud, se modifica el papel de cada uno de los grupos musculares.

Se concibe la complejidad de los mecanismos nerviosos que mandan combinaciones musculares tan complicadas y tan móviles.

Se acostumbra a dividir esquemáticamente los movimientos en tres categorías: los reflejos, los movimientos automáticos y los movimientos voluntarios. En educación física, no utilizamos los reflejos, no obstante, se utilizan a menudo en reeducación motriz. En cuanto a los movimientos voluntarios y automáticos no existe separación marcada entre ellos y el gran fisiologista S. Wright decía: «puede decirse que un movimiento es más automático que voluntario o más voluntario que automático; y eso es todo».

En el animal, el origen del movimiento voluntario es la corteza cerebral; creemos que de ella es de donde parte la «espontanéidad», la voluntad, que hace que tenga lugar toda motricidad. Los movimientos automáticos son mandados por los Núcleos gris de la base del Cerebro y los reflejos son de origen medular. Pero esta sistematización no es más que un esquema horriblemente tosco, apenas aplicable al animal. En el hombre, la corteza lo manda todo; cuando está dañada, es imposible toda motricidad correcta.

Un movimiento voluntario tiene por origen la representación mental del gesto que va a llevarse a cabo, tanto si se trata del gesto más simple como si del ejercicio más complicado: es lo que se llama «la imagen motriz».

Esta imagen es casi siempre inconsciente. Pero estamos muy obligados a reconocer su importancia primordial en la motricidad por el hecho de que, cuando los

Centres qui permettent l'élaboration de cette «image motrice» sont lésés, *apprendre* le mouvement le plus simple devient absolument impossible.

L'image motrice étant élaborée, l'exécution en revient à certaines parties de l'écorce pré-rolandique. Au début, cette exécution est très déficiente; c'est un enchaînement de gestes élémentaires sans précision, maladroit, troublé par une multitude de contractions musculaires parasites. Tel est le mouvement volontaire à son début.

Peu à peu, d'autres Centres, les uns corticaux, les autres souscorticaux, qui constituent chez l'homme un «bloc moteur» cortico-sous-cortical, prennent part au mouvement, en gardent le souvenir, ce qui permet meilleur enchaînement, meilleure correction; le mouvement est devenu automatique et, par la répétition, par un meilleur contrôle sensitif et visuel, arrive à ces mouvements dont la précision nous émerveille chez un musicien ou chez un gymnaste.

Mais la base même de la motricité est le contrôle constant, permanent, incessant qu'exerce la sensibilité. De tous les points du corps: de la peau, des muscles, des tendons, des articulations partent continuellement des excitations sensitives qui nous renseignent sur les modalités les plus fines de nos mouvements; elles nous permettent de corriger, d'affiner, de préciser nos gestes et exercent leur action sur toute la hauteur de l'axe nerveux, depuis les centres encéphaliques jusqu'à la naissance du neurone moteur périphérique.

La moindre défaillance dans la plus petite de ces excitations sensitives conscientes et inconscientes trouble profondément notre motricité; la suppression de ces renseignements sensitifs équivaut à une paralysie motrice et abolit toute motricité.

Pour compléter cette vue très générale sur la motricité, dont l'importance est grande en éducation physique, il est nécessaire de dire quelques mots sur le *Tonus musculaire*, qualité primordiale du muscle, sans laquelle aucune activité physique ne

Centros que permiten la elaboración de esta «imagen motriz» están dañados, es absolutamente imposible *aprender* el movimiento más simple.

Elaborada la imagen motriz, la ejecución vuelve a determinadas partes de la corteza pre-rolandica. Al principio, esta ejecución es muy defectuosa; es un encadenamiento de gestos elementales sin precisión, torpe, trastornado por una multitud de contracciones musculares parásitas. Tal es el movimiento voluntario en su comienzo.

Poco a poco, otros Centros, corticales unos, subcorticales otros, que constituyen en el hombre un «bloque motor» cortico-subcortical, toman parte en el movimiento, guardando el recuerdo, lo que permite mejor encadenamiento, mejor corrección; el movimiento se convierte en automático y, por la repetición, por un mejor control sensitivo y visual, llega a estos movimientos cuya precisión nos asombra en un músico o en un gimnasta.

Pero la base misma de la motricidad es el control constante, permanente, incesante que ejerce la sensibilidad. De todos los puntos del cuerpo: de la piel, de los músculos, de los tendones, de las articulaciones parten continuamente excitaciones sensitivas que nos enteran sobre las modalidades más finas de nuestros movimientos; nos permiten corregir, afinar, precisar nuestros gestos y ejercen su acción sobre toda la altura del eje nervioso, desde los centros encefálicos hasta el nacimiento de la neurona motriz periférica.

El menor desfallecimiento en la más pequeña de estas excitaciones sensitivas conscientes y inconscientes trastorna profundamente nuestra motricidad; la supresión de estas informaciones sensitivas equivale a una parálisis motriz y hace imposible toda motricidad.

Para completar esta exposición muy general sobre la motricidad, cuya importancia es grande en la educación física, es necesario decir algunas palabras sobre el *Tono muscular*, cualidad primordial del músculo, sin la cual no sería posible nin-

serait possible, mais qualité mal connue, dont les traités classiques parlent à peine.

Le Tonus musculaire est un état actif de tension du muscle, permanent et involontaire; son intensité varie suivant différentes actions nerveuses qui l'augmentent ou le diminuent. Le Tonus peut persister longtemps (parfois très longtemps: des mois, des années) *sans fatigue*. Suivant l'expression d'Uexküll, le muscle se met alors à un mécanisme de cliquet.

Il diffère de la contraction clonique d'une part par son origine nerveuse, d'autre part parce qu'il est le fait de fibres musculaires spéciales: les fibres toniques, mises en évidence par Bourguignon, Rijland, Lapique.

La raison de cette contraction persistante et sans fatigue, semble actuellement bien élucidée:

Nous avons vu que la contraction musculaire est un phénomène actif, qui demande de l'énergie. Mais la décontraction est *aussi* un phénomène actif, qui ne peut se faire sans un nouvel apport d'énergie.

Nous avons dit, en parlant de la contraction musculaire, qu'elle était due à une combinaison, sous l'influence d'actions chimiques, de l'Actine et de la Myosine en Acto-myosine, ce qui raccourcit le muscle; nous avons ajouté que *le muscle ne peut pas se décontracter* tant que l'Actomyosine ne s'est pas décomposée, donnant à nouveau de l'Actine et de la Myosine. Pour cela, il faut un nouvel apport d'énergie et normalement, environ un millième de seconde après la scission brutale de l'acide adenosine triphosphorique, qui fournit l'énergie nécessaire à la contraction, un second apport d'énergie, du à la décomposition presque explosive du Phosphagène provoque la séparation de l'Acto-myosine en Actine et en Myosine, qui permet au muscle de se décontracter.

Si la décomposition du Phosphagène est retardée, ou freinée, ou empêchée, la décontraction de la fibre musculaire n'a pas lieu et elle reste contractée sans fatigue naturellement, puisque la fatigue est due à la répétition du rythme: contractions-

guna actividad física, pero cualidad mal conocida, de la que apenas hablan los tratados clásicos.

El Tono muscular es un estado activo de tensión del músculo, permanente y involuntario; su intensidad varía según diferentes acciones nerviosas que la aumentan o la disminuyen. El Tono puede persistir durante algún tiempo (a menudo durante mucho tiempo: meses, años) *sin cansancio*. Según la expresión de Uexküll, el músculo se pone entonces en un mecanismo de trinquete.

Se diferencia de la contracción clónica por una parte por su origen nerviosa, por otra parte porque es el hecho de fibras musculares especiales: las fibras tónicas, descubiertas por Bourguignon, Rijland, Lapique.

La razón de esta contracción persistente y sin cansancio parece actualmente bien esclarecida:

Hemos visto que la contracción muscular es un fenómeno activo, que exige energía. Pero el estiramiento es *también* un fenómeno activo, que no puede hacerse sin una nueva aportación de energía.

Hemos dicho, al hablar de la contracción muscular, que era debida a una combinación de la Actina y la Miosina, bajo la influencia de acciones químicas, en Acto-miosina, lo cual encoge el músculo; hemos añadido que *el músculo no puede descontraerse* mientras que la Acto-miosina no se haya descompuesto, dando otra vez Actina y Miosina. Para esto, es necesaria una nueva aportación de energía y normalmente, aproximadamente una milésima de segundo después de la escisión brutal del ácido adenosino trifosfórico, que suministra la energía necesaria para la contracción, una segunda aportación de energía, debido a la descomposición casi explosiva del Fosfageno provoca la separación de la Acto-miosina en Actina y Miosina, que permite al músculo descontraerse.

Si la descomposición del Fosfageno es retardada, o frenada, o impedida, no tiene lugar la descontracción de la fibra muscular la cual permanece contraída sin cansancio naturalmente, puesto que el cansancio es debido a la repetición del ritmo: contraccio-

-decontractions, génératrices de métabolites fatigants; or ce rythme n'existe pas dans le tonus, où le muscle reste comme «figé». Telles sont nos idées actuelles.

Que la fibre soit tonique ou clonique, le mécanisme chimique de la contraction est le même; mais les fibres toniques contiennent peu de Phosphagène. Tel est, fort schématiquement, le mécanisme du Tonus.

Il y a plusieurs sortes de Tonus, dues à des origines nerveuses différentes; mais qu'il s'agisse du tonus de repos, d'attitude ou de soutien, il n'y a qu'une seule espèce de fibres toniques.

*Le Tonus* d'attitude lutte contre la pesanteur et se manifeste dans les muscles qui nous permettent de nous tenir debout et droit; c'est cette qualité que nous développons dans la gymnastique correctrice.

*Le Tonus de soutien* est l'élément de la force; il prolonge et renforce la contraction clonique dans tous les exercices qui demandent de la force.

Dans tous nos mouvements, contractions toniques et contractions cloniques se mêlent et se fondent dans des proportions variables; certaines maladies, qui provoquent un affaiblissement ou la disparition du tonus, montrent clairement que, sans tonus, la motricité normale est presque impossible.

En ce qui concerne l'éducation physique, il est indispensable de savoir deux choses:

— seules les contractions statiques ou les contractions de force sont capables de développer le tonus musculaire; les contractions cloniques (ou dynamiques, ces deux mots signifient la même chose) n'ont qu'un très faible effet sur lui.

— le tonus musculaire est long à apparaître; tonus d'attitude et tonus de soutien commencent à se manifester vers 7-8 ans, augmentent jusqu'à la puberté, ont tendance à légèrement regresser pendant la période pubère et atteignent leur plein développement vers 18-20 ans.

Faire prendre à un enfant avant 9-10 ans des attitudes immobiles, que seul permet de garder sans fatigue le tonus

nes-descontractions, generadores de metabolitos fatigantes; pues bien, este ritmo no existe en el Tono, donde el musculo permanece como «fijado». Tales son nuestras ideas actuales.

Tanto si la fibra es tónica como si es clónica, el mecanismo químico de la contracción es el mismo; pero las fibras tónicas contienen poco Fosfageno. Este es, muy esquemáticamente, el mecanismo del Tono.

Hay varias clases de Tonos, debidas a orígenes nerviosos diferentes; pero, tanto si se trata del tono de reposo, de actitud o de apoyo, no existe más que una especie de fibras tónicas.

*El Tono de actitud* lucha contra la pesadez y se manifiesta en los músculos que nos permiten mantenernos de pie y rectos; es ésta la cualidad que desarrollamos en la gimnasia correctiva.

*El Tono de sustentación* es el elemento de la fuerza; prolonga y refuerza la contracción clónica en todos los ejercicios que exigen fuerza.

En todos nuestros movimientos, contracciones tónicas y contracciones clónicas se mezclan y se funden en proporciones variables; ciertas enfermedades, que provocan un debilitamiento o la desaparición del tono, muestran claramente que sin tono, es casi imposible la motricidad normal.

En lo que se refiere a la educación física, es indispensable saber dos cosas:

— solas, las contracciones estáticas o las contracciones de fuerza pueden desarrollar el tono muscular; las contracciones clónicas (o dinámicas, estas dos palabras significam lo mismo) no tienen sobre el más que un efecto muy débil.

— el tono muscular tarda en aparecer; tono de actitud y tono de apoyo empiezan a manifestar-se hacia los 7 a los 8 años, aumentan hasta pubertad, tienen tendencia a retroceder ligeramente durante el período púber y alcanzan su pleno desarrollo alrededor de los 18 o los 20 años.

Hacer adoptar actitudes inmóviles a un niño antes de los 9 o 10 años, que sólo el tono de actitud permite guardar sin can-



d'attitude, encore inexistant à cet âge, est une lourde faute, comme, et pour les mêmes raisons, faire entrer des exercices de force dans une leçon d'éducation physique avant la dixième année.

Pour ne pas être trop incomplet, nous devrions parler de l'éducation physique et de l'appareil cardio-pulmonaire. Cette question sera largement traitée dans un autre rapport présenté à ce *Congrès*.

Nous avons dit que les activités physiques peuvent provoquer une véritable agression contre l'organisme, en perturbant gravement son équilibre biologique. Notre vie exige que cet équilibre reste stable; aussi des mécanismes régulateurs entrent-ils immédiatement en action pour lutter contre cette perturbation.

Il nous est impossible de décrire ici ces mécanismes régulateurs; d'une part leur complexité est extrême, d'autre part nos connaissances sur nombre d'entre eux sont encore imprécises; disons simplement que le système nerveux autonome et que certaines glandes endocrines y jouent un rôle important, l'hypophyse d'abord, puis les glandes surrénales. Plus que tout autre, elles interviennent dans la contraction musculaire; certaines de leurs hormones sont indispensables à cette contraction. Si les surrénales sont détruites par la maladie, l'homme (ou l'animal) est épuisé par le plus petit effort musculaire. Une vitamine, la vitamine C, ou acide ascorbique, est nécessaire à cette glande pour fabriquer certains de ses hormones; la carence en vitamine C provoque une maladie: le scorbut, qui réduit à presque rien la capacité de travail et entraîne rapidement la mort.

Des expériences ont montré que chez les animaux soumis à un travail sévère le poids des glandes surrénales est supérieur de 20 à 25 % au poids de ces mêmes glandes des animaux laissés au repos.

Pour terminer cet exposé forcément très incomplet et non moins forcément très schématique, un dernier point doit être étudié: par quel processus l'éducation physique et les activités physiques en général apportent-elles à notre organisme tous les

sancio, inexistante aún a esta edad, es una falta grave como, y por las mismas razones, hacer entrar ejercicios de fuerza en una lección de educación física antes de los 10 años.

Para que no fuera demasiado incompleto, deberíamos hablar de la educación física y del aparato cardio-pulmonar. Esta cuestión será tratada ampliamente en otro informe presentado a este *Congreso*.

Hemos dicho que las actividades físicas pueden provocar una verdadera agresión contra el organismo, perturbando gravemente su equilibrio biológico. Nuestra vida exige que este equilibrio permanezca estable; también entran en acción inmediatamente mecanismos reguladores para luchar contra esta perturbación.

Nos resulta imposible describir aquí estos mecanismos reguladores; por una parte, su complejidad es extremada, por otra parte, nuestros conocimientos sobre muchos de ellos son aún imprecisos; digamos simplemente que el sistema nervioso autónomo y que determinadas glándulas endocrinas juegan un papel importante, la hipófisis en primer lugar y después las glándulas suprarrenales. Intervienen en la contracción muscular más que ninguna otras ciertas hormonas suyas son indispensables para esta contracción. Si las suprarrenales son destruidas por la enfermedad, el hombre (o el animal) queda agotado por el menor esfuerzo muscular. Una vitamina, la vitamina C, o ácido ascórbico, es necesaria a esta glándula para fabricar algunas de sus hormonas; la carencia de vitamina C provoca una enfermedad: el escorbuto, que reduce a casi nada la capacidad de trabajo y ocasiona rápidamente la muerte.

Las experiencias han mostrado que en los animales sometidos a un trabajo duro el peso de las glándulas suprarrenales es superior en un 20 a 25 % al peso de estas mismas glándulas de los animales dejados en reposo.

Para terminar esta exposición forzosamente muy incompleta y no menos forzosamente muy esquemática, debe ser estudiado un último punto: por qué procedimiento aportan a nuestro organismo la educación física y las actividades físicas

bienfaits que nous en attendons et, qu'en fait, nous y trouvons.

Il semble que ce soit un mécanisme très simple: sous l'influence de l'éducation physique, des activités physiques quelles soient, les oxydations intra-cellulaires deviennent plus actives.

A peu près tout ce que nous savons de la vie est que les oxydations intra-cellulaires sont indispensables à son maintien et il semble bien que plus elles sont actives et plus «l'état de santé» de la cellule est bonne.

Ce qui importe n'est pas la quantité d'oxygène offerte aux tissus, mais la quantité d'oxygène que ceux-ci peuvent utiliser; c'est ce que l'on appelle le «coefficient d'utilisation de l'oxygène».

Au cours d'un effort maximum, un individu en mauvais état physique utilise tout au plus 60 % de l'oxygène apporté aux tissus, alors qu'un athlète «en forme» en utilise jusqu'à 85-86 %.

Bohr a montré que sous l'influence de l'entraînement, un même volume de sang transporte 20, 30 et même 40 % d'oxygène de plus que normalement, alors que chez les diminués physiques le sang transporte beaucoup moins d'oxygène, ce qui semble bien lier: utilisation d'oxygène et état de santé.

Un physiologiste belge, L. Brouha a montré un fait curieux: il fait courir côte à côte deux athlètes; l'un est un bon athlète, l'autre est un champion olympique. Pour ce même effort, effectué dans les mêmes conditions, le champion olympique consomme 20 % d'oxygène de plus que l'autre, mais son sang contient 50 % de métabolites en moins.

Cette meilleure oxydation cellulaire entraîne un meilleur anabolisme (c'est à dire une meilleure assimilation des éléments nutritifs) et un meilleur catabolisme (meilleur rejet des métabolites toxiques) dans toutes nos cellules, non seulement musculaires, mais endocrines, mais nerveuses, mais glandulaires, etc.

en general todos los beneficios que nosotros esperamos y que, de hecho, hallamos en ellas.

Parece como si esto fuera un mecanismo muy simple: bajo la influencia de la educación física, de las actividades físicas cualesquiera que sean, se hacen más activas las oxidaciones intracelulares.

Más o menos todo lo que sabemos de la vida es que las oxidaciones intracelulares son indispensables para su mantenimiento y parece claro que cuanto más activas son, mejor es el «estado de salud» de la célula.

Lo que importa no es la cantidad de oxígeno ofrecida a los tejidos, sino la cantidad de oxígeno que éstos pueden utilizar; es lo que se llama «coeficiente de utilización del oxígeno».

En el curso de un esfuerzo máximo, un individuo en mal estado físico utiliza como máximo el 60 % del oxígeno aportado a los tejidos, mientras que un atleta «en forma» utiliza hasta el 85-86 %.

Bohr ha mostrado que bajo la influencia del entrenamiento, un mismo volumen de sangre transporta 20, 30 e incluso 40 % de oxígeno más que normalmente, mientras que en los disminuídos físicos la sangre transporta mucho menos oxígeno, lo que parece relacionar bien: utilización de oxígeno y estado de salud.

Un fisiologista belga, L. Brouha ha mostrado un hecho curioso: hace correr juntos a dos atletas; uno es un buen atleta, el otro es un campeón olímpico. Para este mismo esfuerzo, efectuado en las mismas condiciones, el campeón olímpico consume 20 % más de oxígeno que el otro, pero su sangre contiene 50 % menos metabolitos.

Esta mejor oxidación celular entraña un mejor anabolismo (es decir, una mejor asimilación de los elementos nutritivos) y un mejor catabolismo (mejor rechazo de los metabolitos tóxicos) en todas nuestras células, no solamente musculares, sino también endocrinas, nerviosas, glandulares, etc.

Tel est, probablement, le mécanisme, très simple en théorie, infiniment complexe en réalité, par lequel les activités physiques agissent favorablement sur l'ensemble de notre organisme.

Tal es, probablemente, el mecanismo, muy simple en teoría, infinitamente complejo en realidad, por el cual las actividades físicas actúan favorablemente sobre el conjunto de nuestro organismo.

---