

HYPO-ALIMENTATION PROLONGÉE ET RÉALIMENTATION DE JEÛNES RATS ALBINS (*).

R. GUASTALLA et L. RIGOLETTI

(*Institut de Pathologie générale de la R. Université de Torino*
dirigé par le Prof. B. MORPURGO)

RÉSUMÉ DES AA.

Nous rapporterons brièvement une série d'expériences faites en soumettant des rats albins, âgés d'un mois et demi à trois mois et demi, à une diète qualitativement complète, mais très limitée. Nous avons suivi le comportement de la courbe du poids, de la longueur du corps et de quelques unes de ses parties et du poids des organes.

En outre de cela, dans un certain nombre de sujets, qui avaient été soumis à une hypo-alimentation prolongée, nous avons commencé la réalimentation pour vérifier comment se produit le développement du corps, après la réalimentation, comparativement à la croissance normale des animaux de contrôle.

Hypo-nutrition. - Nous nous sommes servis de rats d'un mois et demi, parce que, à cette époque, la croissance du corps est encore très rapide et l'alimentation peut être mixte comme celle des adultes.

Pour chaque groupe d'expériences nous avons choisi, pour les soumettre à hypo-alimentation et pour les tenir comme contrôle, des animaux de la même nichée, du même sexe, ayant, par couple, à peu près, le même poids et la même longueur.

Moyennant une diminution progressive de la quantité d'aliment, nous avons réussi à maintenir en vie, pendant deux mois, c'est-à-dire jusqu'au de là de l'époque de la puberté, puisque l'expérience avait été commencée lorsque les sujets avaient 45 jours, des rats soumis à hypo-alimentation, sans qu'il y eût une sensible diminution de poids. Avant de commencer l'hypo-alimentation nous avons établi, pendant 3 ou 4 jours, la quantité de pain et de verdure que chaque sujet consommait par jour. Dans la plupart des cas l'alimentation normale, pour chaque rat de 45 jours, consiste en 8-10 gr de pain sec et en 4-6 gr de verdure (choux en hiver, trèfle dans les autres saisons) dans les 24 hh.

Dans l'hypo-alimentation nous avons, d'abord, diminué d'un gr le pain et de

(*) *Archivio per le Scienze mediche*, XIII, 193-228, avec 4 microphotographies d. l. t., 1935, XIII. - Pour les nombreux tableaux numériques et pour la Bibliographie voir le travail complet.

2-3 gr la verdure, puis, peu à peu, nous sommes arrivés à réduire à la moitié, et même à un tiers, la quantité initiale du pain, sans altérer la quantité minimale de 2-3 gr de verdure. On donnait de l'eau à volonté.

La race que nous avons dans notre laboratoire étant sujette à dystrophie des os à type rachitique, après un premier groupe d'expériences, nous avons ajouté, au pain, une goutte d'huile de foie de morue. De cette manière nous avons réussi à éviter complètement la dystrophie des os.

Aux animaux hypo-alimentés nous avons donné un seul repas dans les 24 hh.; ils le consommaient tout de suite, entièrement.

L'alimentation des sujets de contrôle a été faite avec les mêmes aliments qu'on donnait aux animaux en hypo-alimentation et on ajoutait, au pain donné à chaque animal de contrôle, 2-3 gouttes d'huile de foie de morue. On distribuait l'aliment dans les cages et les animaux pouvaient le consommer pendant toute la journée, à leur gré.

Les rats hypo-alimentés étaient pesés tous les jours et les contrôles tous les 5 jours, à la même heure, et, précisément, avant la distribution de l'aliment. Les mesures de la longueur du corps ont été prises le jour avant le commencement de l'hypo-alimentation et le 20^{ième}, le 30^{ième}, le 45^{ième} et le dernier jour d'hypo-alimentation.

On sacrifia quelques uns des animaux hypo-alimentés à la fin de l'expérience et on s'en servit pour établir le poids des organes et pour perfectionner les mesurages des parties squelettiques. On a fait une série égale de pesées et de mesurages sur des exemplaires du même âge que les sujets hypo-alimentés, pour vérifier les différences entre le développement de chaque organe, comparativement à celui des sujets normaux, et sur des exemplaires de l'âge qu'avaient les rats hypo-alimentés au commencement de l'hypo-alimentation, dans le but d'établir si, et de combien, avaient augmenté les organes pendant la période d'alimentation limitée.

L'expér. d'hypo-alimentation a été faite sur 51 sujets; de ceux-ci 12 sont morts de pneumonie catarrhale et 3 ont résisté moins que les autres à l'hypo-alimentation.

Poids du corps. — Déjà après la 1^{ière} diminution des aliments (1 gr de pain) on remarque, dans tous les animaux, une légère diminution du poids du corps, diminution qui varie peu d'un individu à l'autre. Dans les 2 ou 3 jours après la 1^{ière} diminution de poids, quoiqu'on n'augmente pas la nourriture, le poids du corps ne diminue pas ultérieurement. Après le 3^{ième} ou le 4^{ième} jour, le poids remonte quelque peu et, pour arrêter cette tendance et maintenir le poids au niveau initial, il est nécessaire de diminuer ultérieurement la ration. Ce phénomène de la tendance à l'augmentation de poids, après une courte assuétude à l'alimentation réduite, se répète, dans le cours de l'expér., après chaque réduction de l'alimentation. On n'obtient la conservation d'un poids presque fixe qu'en diminuant les aliments jusqu'à la moitié et même au deux tiers de la ration normale pour les rats de 45 jours.

Cette diminution si forte est tolérée, par la plupart des sujets, pendant assez longtemps, sans qu'il se manifeste des phénomènes menaçants d'inanition. Avec cette méthode on a pu maintenir presque constant, pendant 2 mois environ, le poids des jeunes rats albinos, tandis que, dans la même période de temps, le poids du corps des sujets jumeaux, alimentés normalement, avait presque triplé. Le comportement des animaux des deux sexes est égal.

Développement en longueur. — Des mesures prises il résulta que l'allongement de l'axe du corps (tête et colonne vertébrale) n'est pas arrêté, en un premier temps, par l'hypo-alimentation, mais qu'il procède bien plus lentement que dans les contrôles, particulièrement après le 20^{ième} jour, et qu'il s'arrête depuis le 45^{ième} jusqu'à la fin de l'expérience.

La différence de longueur entre les animaux hypo-alimentés et leur contrôles, après 45 jours, est, en moyenne, de 15 % dans les mâles et de 11,4 % dans les femelles; à la fin de l'hypo-alimentation, dans les animaux hypo-alimentés pendant 65 jours, cette différence s'est élevée à 22 % dans les mâles et à 20 % dans les femelles.

Les mesures de la longueur de la tête (de la pointe du nez à la protubérance occipitale) suivent le comportement de celles qui concernent la tête et la colonne vertébrale. Au 45^{ième} jour la longueur moyenne de la tête des rats hypo-alimentés est inférieure à celle des contrôles, de 3,2 % dans les mâles et de 4 % dans les femelles; à la fin de l'expérience la différence, pour les mâles, est de 8,5 % et, pour les femelles, de 9,9 %.

Le mesurage de la *thèque cranienne*, dans les diamètres longitudinal (de la suture fronto-nasale à la protubérance occipitale) et transversal (entre les deux arcades d'insertion des muscles temporaux), a donné des résultats un peu divers de ceux qu'on a obtenus en mesurant toute la tête; on n'a pas trouvé une différence appréciable entre la croissance de la thèque cranienne des rats hypo-alimentés et celle des rats normaux, tant mâles que femelles.

Dans les premiers 45 jours d'hypo-alimentation la croissance de l'avant-bras (mesuré de l'extrémité de l'olécrâne au point moyen de la ligne de l'articulation du poignet, du côté dorsal) résulte, de 15,5 % dans les mâles, et de 21 % dans les femelles, inférieure à celle des contrôles. Après le 45^{ième} jour, la croissance des rats hypo-alimentés cesse; par conséquent, à la fin de l'hypo-alimentation, la différence avec les

contrôles résulte de 28,6 % dans les mâles et de 31 % dans les femelles.

La différence de longueur de la *jambe* (mesurée du point médial antérieur de l'interligne articulaire tibio-fémorale à l'extrémité du malléole externe), entre rats hypo-alimentés et contrôles, est de 11,5 % dans les mâles et de 15,8 % dans les femelles, au 45^{ème} jour; à la fin de l'expér., elle est de 25 % dans les mâles et de 23,4 % dans les femelles.

Il résulte de ces données que l'allongement de l'axe du corps et des membres diminue sensiblement à la suite de l'hypo-alimentation, tandis que celui de la thèque crânienne n'a ressenti aucun effet, ou quasi, de l'hypo-alimentation.

Des recherches sur les os, préparés du cadavre des exemplaires sacrifiés à la fin de la période préfixe pour l'expérience sur l'hypo-alimentation, et sur les contrôles correspondants, il résulte que, relativement aux animaux normaux du même âge, on a, dans les rats hypo-alimentés, les différences suivantes du poids des os: dans les mâles, 40,6 % pour l'humérus; 43,1 pour le cubitus; 47,6 pour le radius; 48,9 pour le fémur; 44,5 pour le tibia; dans les femelles, 28,5 pour l'humérus; 24,3 pour le cubitus; 26,8 pour le radius; 36,4 pour le fémur et 31,4 pour le tibia.

De ces données et des comparaisons du poids des os des rats normaux de 45 jours avec celui des rats hypo-alimentés, et du poids des os des rats normaux de 45 jours avec celui des contrôles, du même âge que les sujets hypo-alimentés, il résulte que, dans la période de l'hypo-alimentation, les os longs augmentent de poids, mais en mesure remarquablement mineure que les os des sujets normaux dans la période correspondante de vie.

Les mesurages de longueur, faits sur les os longs décharnés, ont donné les différences suivantes entre la longueur des os des rats hypo-alimentés et celle des os des contrôles du même âge: dans les mâles, 23 % pour l'humérus; 19,8 pour le cubitus, 18 pour le radius, 21 pour le fémur, 18 pour le tibia, et, dans les femelles, 15 pour l'humérus, 14 pour le cubitus, 14 pour le radius, 21 pour le fémur et 14 pour le tibia.

De ces données, et des rapports entre longueur dans les rats hypo-alimentés et longueur dans les rats normaux de 45 jours, et entre longueur dans les rats normaux de 45 jours et dans ceux du même âge hypo-alimentés, il résulte que, pendant la période d'hypo-alimentation, et vraisemblablement seulement pendant les premiers 45 jours,

les os longs s'allongent, mais que cet allongement est relativement ralenti comparativement à celui des rats normaux.

Pour nous rendre compte de la nature de l'hypotrophie du squelette pendant la longue période d'hypo-alimentation, nous avons soumis les os des rats hypo-alimentés et ceux de leurs contrôles à l'examen microscopique et nous avons pu vérifier, dans les premières heures, un remarquable degré d'atrophie d'une section longitudinale de l'extrémité inférieure du fémur d'un rat hypo-alimenté et d'une section correspondante de son contrôle du même âge.

Dépôts de graisse. — Les dépôts de graisse, bien développés dans les individus normaux de 45 jours de vie, et très abondants dans les contrôles, du même âge que les sujets hypo-alimentés, disparaissent dans les sujets hypo-alimentés, exception faite pour la graisse rétrobulbaire. Même la capsule adipeuse du rein a disparu.

Poids des organes. — On pesa les organes de 6 exemplaires, 3 mâles et 3 femelles, sacrifiés après 2 mois d'hypo-alimentation et les organes de leurs contrôles. Les animaux étaient tués par saignée, moyennant la résection des vaisseaux du cou.

Cerveau. — La différence, entre les poids des cerveaux des rats hypo-alimentés et ceux de leurs contrôles du même âge, est de 2,2 % dans les mâles et de 2,3 % dans les femelles; elle est donc très petite. L'augmentation du poids du cerveau dans les rats hypo-alimentés, comparativement à celui des sujets âgés de 45 jours, est de 9,1 % dans les mâles, et de 8,7 % dans les femelles; le poids du cerveau des exemplaires normaux, du même âge que les sujets hypo-alimentés, comparativement à celui des rats normaux âgés de 45 jours, est augmenté de 11,04 % dans les mâles et de 10,7 % dans les femelles.

L'augmentation du cerveau pendant la période de l'hypo-alimentation a donc été à peu près égale dans les sujets hypo-alimentés et dans leurs contrôles; ce fait concorde avec les résultats des mesurages du diamètre longitudinal et du diamètre transversal de la thèque crânienne. Il s'en suit que le rapport entre le poids du cerveau et celui du corps est beaucoup plus élevé dans les rats hypo-alimentés que dans les rats normaux (environ 3,5 % et, respectivement, 1,2 %).

Cœur. — La différence entre le poids du cœur des sujets hypo-alimentés et celui des contrôles du même âge est de 51,1 % dans les mâles et de 45,4 % dans les femelles. Comparativement aux rats nor-

maux, âgés de 45 jours, l'augmentation est de 10,3 % pour les mâles et de 13,4 % pour les femelles. L'augmentation du poids du cœur dans les rats normaux, du 45^{ème} jour de vie à l'âge de 3 mois et $\frac{1}{2}$, est de 56,6 % dans les mâles et de 52,7 % dans les femelles.

La croissance du cœur pendant l'hypo-alimentation est fortement ralentie, mais elle ne cesse pas complètement, et, pour cela, dans les sujets hypo-alimentés, il y a augmentation du pourcentage du poids du cœur en rapport avec celui du corps, soit comparativement aux contrôles du même âge, soit comparativement aux rats normaux âgés de 45 jours.

Poumons. - La différence entre le poids des poumons des rats hypo-alimentés et celui des sujets du même âge, normaux, est de 50,4 % dans les mâles et de 52,7 dans les femelles; la différence entre le poids des poumons dans les rats hypo-alimentés et celui des sujets normaux âgés de 45 jours est de 22,4 % dans les mâles et de 23,1 dans les femelles; la différence entre le poids des poumons des rats normaux, âgés de 3 mois et $\frac{1}{2}$, et celui des rats normaux de 45 jours, est de 60 % dans les mâles et de 63,6 dans les femelles.

Les données relatives aux poumons correspondent, à peu près, à celles du cœur: c'est-à-dire qu'elles indiquent que dans la période de l'hypo-alimentation la croissance s'est ralentie sans avoir cessé complètement; pour cela on a une augmentation du pourcentage du poids des poumons en rapport avec le poids du corps.

Foie. - La différence entre le poids du foie des sujets hypo-alimentés et celui des rats normaux du même âge est de 62,9 % dans les mâles et de 56,4 dans les femelles; la différence entre le poids du foie des rats hypo-alimentés et celui des sujets normaux, âgés de 45 jours, est de 1,4 pour les mâles et de 1,5 pour les femelles.

De l'ensemble de ces données nous pouvons déduire que, pendant l'hypo-alimentation, le foie ne grossit pas et que, par conséquent, il maintient, entre son poids et celui du corps le rapport que l'on avait constaté au commencement de l'expérience.

Reins. - La différence entre le poids des 2 reins des sujets hypo-alimentés et celui des sujets normaux du même âge est de 44,7 %, dans les mâles et de 37,7, dans les femelles; la différence entre le poids des reins des rats hypo-alimentés et celui des sujets normaux de 45 jours est de 18,8 % dans les mâles et de 25,1, dans les femelles, tandis

que, entre le poids des reins de rats normaux, âgés de 45 jours, et celui des reins des contrôles, âgés de 3 mois et $\frac{1}{2}$, la différence est de 55,1%, dans les mâles et de 53,4, dans les femelles.

L'hypo-alimentation cause un sensible ralentissement, mais non l'arrêt, du développement des reins, et, par conséquent, le rapport entre le poids des reins et celui du corps des rats hypo-alimentés est plus élevé que le rapport correspondant dans les rats normaux du même âge, et dans ceux qui ont 45 jours de vie.

Rate. - La différence, entre le poids de la rate des sujets hypo-alimentés et celui de la rate des sujets normaux du même âge, correspond à 75%, pour les mâles et à 77,2%, pour les femelles. Le poids de la rate des rats hypo-alimentés, comparativement à celui des rats normaux, âgés de 45 jours, résulte diminué de 64,1, dans les mâles et de 64,9%, dans les femelles; l'augmentation normale du poids de la rate, du 45^{ème} jour à l'âge de 3 mois et $\frac{1}{2}$, correspond à 30,9, dans les mâles et à 34,9 dans les femelles.

Pendant la période de l'hypo-alimentation, le poids de la rate diminue remarquablement, comparativement à son poids initial (à l'âge de 45 jours).

Thymus. - La différence, entre le poids du thymus des sujets hypo-alimentés et celui des contrôles du même âge, arrive à 78,5%, dans les mâles et à 83%, dans les femelles. Le poids du thymus des rats hypo-alimentés, comparativement à celui des rats normaux de 45 jours, résulte diminué de 53,2%, dans les mâles et de 65,4%, dans les femelles; le développement du thymus dans les rats normaux, du 45^{ème} jours de vie à l'âge de trois mois et $\frac{1}{2}$, est de 54,1%, dans les mâles et de 50,7, dans les femelles.

Pendant la période d'hypo-alimentation, on a, dans le thymus, comme dans la rate, une forte diminution du poids de l'organe, comparativement à son poids initial (à l'âge de 45 jours).

Hypophyse. - La différence du poids de l'hypophyse des sujets hypo-alimentés et celui des contrôles du même âge correspond à 33,3% et la différence entre le poids du même organe des rats hypo-alimentés et celui des rats normaux, âgés de 45 jours, correspond à 8,3%. L'augmentation de poids de l'hypophyse dans les rats normaux, dans la période correspondant à celle de l'hypo-alimentation, est de 39%.

L'hypophyse se développe pendant l'hypo-alimentation, mais plus

lentement que dans les conditions normales. Le rapport entre le poids de l'hypophyse et celui du poids du corps, dans les rats hypo-alimentés, est presque égal à celui qu'on a trouvé pour les exemplaires âgés de 45 jours, tandis qu'il est remarquablement inférieur dans les rats normaux, âgés de 3 mois $\frac{1}{2}$.

Surrénales. — La différence entre le poids des deux surrénales des sujets hypo-alimentés et celui des mêmes organes dans les contrôles, du même âge, correspond à 21,9%, dans les mâles et à 41,15, dans les femelles. Il faut remarquer que le poids plus élevé des surrénales des femelles normales a déjà été constaté par DONALDSON dans des exemplaires pubères. Le poids des surrénales des rats hypo-alimentés, comparativement à celui des rats normaux, de 45 jours, diminue de 8,1% dans les mâles, tandis qu'il reste presque égal dans les femelles.

Dans les rats normaux, entre le 45^{ième} jour de vie et les 3 mois et $\frac{1}{2}$, on a un accroissement de 5,4%, dans les mâles, de 42%, dans les femelles.

Les surrénales ne se développent pas d'une manière appréciable pendant la période d'hypo-alimentation, ni dans les mâles, ni dans les femelles, quoique dans celles-ci, dans la période correspondante, on ait, avec l'alimentation normale, une sensible augmentation de poids. Le rapport du poids des surrénales avec celui du corps des sujets hypo-alimentés reste presque égal au rapport initial (à l'âge de 45 jours), tandis que, dans les contrôles du même âge (de 3 mois et $\frac{1}{2}$) et particulièrement dans les mâles, il diminue remarquablement.

Testicules. — Le poids des testicules des rats hypo-alimentés est inférieur de 67,1% à celui des contrôles du même âge, et de 13,5% inférieur à celui des sujets normaux, âgés de 45 jours. L'augmentation du poids des testicules dans les sujets normaux, du 45^{ième} jour de vie à l'âge de 3 mois et $\frac{1}{2}$, est de 61,9.

Le poids des testicules diminue légèrement pendant l'hypo-alimentation; aussi leur poids, relativement au poids du corps, dans les animaux hypo-alimentés, est inférieur, mais de peu, à celui qu'on trouve dans les sujets normaux du même âge et dans les sujets normaux, âgés de 45 jours.

Ovaires. — La différence, entre le poids des ovaires des sujets hypoalimentés et celui des contrôles du même âge, est de 74,4%; la différence entre le poids des ovaires des sujets hypoalimentés et celui des sujets normaux de 45 jours correspond à une diminution de 34,4%;

L'augmentation des ovaires des contrôles, du 45^{ième} jour de vie à 3 mois et $\frac{1}{2}$, est de 61,4%.

Les ovaires présentent, dans l'hypo-nutrition, une diminution du poids, relativement au poids des sujets normaux de 45 jours. Le rapport entre le poids de ces organes et celui du corps dans les rats normaux reste constant dans la période entre 45 jours et 3 mois et $\frac{1}{2}$; ce rapport, au contraire, diminue dans les sujets hypo-alimentés.

Thyroïde. - Nous avons calculé le volume de la glande thyroïde. Nous avons détaché le larynx et une portion de la trachée avec la glande, et fixé immédiatement l'organe dans du liquide *Zenker*; à l'aide d'une loupe nous avons mesuré la longueur, la largeur et l'épaisseur de chaque lobe. Avec ces données numériques nous avons calculé le volume de chaque lobe, considéré comme un ovoïde (formule: $V = \frac{4}{3} a b c$, où a , b , c , sont les sémi-diamètres). La somme des volumes des deux lobes est considérée comme le volume de la thyroïde.

La différence entre le volume de la thyroïde des rats hypo-alimentés et celui du même organe des rats du même âge est de 87,5%, dans les mâles et de 83,5, dans les femelles. La diminution du volume de la thyroïde des sujets hypo-alimentés, comparativement à celui des sujets normaux, âgés de 45 jours, est de 73,4%, dans les mâles et de 72,6, dans les femelles; l'augmentation du volume, du 45^{ième} jour de vie à 3 mois et $\frac{1}{2}$, correspond à 52,8%, dans les mâles et à 39,5, dans les femelles.

Ces données démontrent que, pendant la période d'hypo-alimentation, le volume de la thyroïde diminue remarquablement, comparativement au volume initial (à l'âge de 45 jours).

Muscles du squelette. - Nous avons déterminé le poids du muscle triceps sural et celui du tibial antérieur droit pour avoir un indice du degré d'atrophie des muscles volontaires en général.

La différence entre le poids de ces muscles des sujets hypo-alimentés et celui des sujets de contrôle du même âge est de 61%, dans les mâles et de 65, dans les femelles; relativement aux rats normaux de 45 jours de vie, le poids de ces muscles, dans les animaux hypo-alimentés, est inférieur de 5% dans les mâles et de 12%, dans les femelles. Dans les sujets normaux, du 45^{ième} jour de vie à l'âge de 3 mois et $\frac{1}{2}$, il se vérifie une augmentation d'environ 60%.

Les muscles du squelette, malgré leur allongement, modéré, après tout, comparativement à celui des os, diminuent quelque peu de poids pendant la période de l'hypo-alimentation.

Réalimentation après hypo-alimentation.

Nos expériences d'alimentation abondante, après de longues périodes d'hypo-alimentation, ont été faites de la manière suivante: 10 exemplaires (6 mâles et 4 femelles) ont été nourris abondamment avec un alimentation complète, 65 jours après le commencement de l'hypo-alimentation; 5 exemplaires (2 mâles et 3 femelles) après 50 jours; ces sujets ont été surveillés jusqu'à leur mort; 23 exemplaires (17 mâles et 6 femelles) ont été réalimentés après 2 mois d'hypo-alimentation et sacrifiés à une distance de temps, variable d'une semaine à 15 mois et $\frac{1}{2}$ du commencement de la réalimentation. D'autres sujets réalimentés moururent plus tard à cause de maladies éventuelles et nous n'en avons pas tenu compte.

Poids du corps. - Après 65 jours d'hypo-alimentation, aussitôt qu'on leur accorde l'alimentation mixte, à volonté, les rats ingèrent une quantité d'aliment égale à celle des exemplaires de contrôle qui pèsent à peu près leur triple (9 gr de pain sec, 12 gr de verdure, 3 gouttes d'huile de foie de morue). Jusqu'au 10^{ième} jour les animaux ingèrent une quantité croissante d'aliment, quantité qui atteint le maximum d'une fois et $\frac{1}{2}$ la ration normale pour les contrôles du même âge. Pendant ces 10 jours le poids augmente rapidement; dans la proportion de 77,6 %, dans les mâles et de 67,7, dans les femelles, relativement au poids constaté à la fin de l'hypo-alimentation.

Dans les 10 jours suivants, la quantité d'aliment introduit diminue graduellement et, à la fin de cette période, elle devient égale à celle qui est consommée par les contrôles. Dans cette seconde décade, le poids du corps augmente en moyenne de 23,3 %, dans les mâles et de 14,5 dans les femelles.

Dans la 3^{ième} décade, tout en continuant l'ingestion d'aliment en quantité égale à celle qui est consommée par les contrôles, l'augmentation du poids continue, mais avec un rythme plus lent que pendant la décade précédente: 17,5 %, dans les mâles et 11,5, dans les femelles.

Après le premier mois de réalimentation le poids des sujets réalimentés correspond à 157,2 % du poids initial, dans les mâles, et à 114,4, dans les femelles.

Pendant la période qui correspond au 1^{er} mois de réalimentation des sujets hypo-alimentés, les contrôles mâles, du même âge, croissent en proportion de 26,3 % et les femelles de 27,4.

Pendant le 2^{ième} mois de réalimentation les sujets réalimentés continuent à croître plus que les contrôles, mais avec un rythme graduellement ralenti: les mâles augmentent de 40,3 % et les femelles de 47,2; les contrôles mâles augmentent de 18,9 % et les femelles de 15,5 %.

Depuis le 2^{ième} mois jusqu'au 8^{ième}, les sujets réalimentés continuent à croître plus que les contrôles, mais avec un rythme toujours plus lent, de sorte que, au 8^{ième} mois, la différence de développement entre les deux groupes d'animaux est presque nulle. Les poids du corps des exemplaires des deux groupes résultent à peu près égaux.

Depuis le 8^{ième} mois jusqu'au 19^{ième}, après le commencement de la réalimentation, les sujets réalimentés et les contrôles augmentent très lentement, de bien peu et presque en mesure égale.

Dans le groupe des sujets réalimentés, après 50 jours d'hypo-alimentation, le comportement du poids correspond parfaitement à celui qu'on a trouvé dans le groupe des sujets réalimentés après 65 jours.

Il s'est vérifié seulement dans les femelles de ce groupe, et au 50^{ième} jour d'hypo-alimentation, un dépérissement plus accentué que dans celles du groupe de 65 jours, tandis que les mâles étaient encore en de bonnes conditions. De là vient une diversité apparente de comportement des exemplaires des deux sexes de ce groupe. Cette différence consiste dans le développement moins rapide des femelles pendant la première décade de réalimentation. Ensuite, le comportement du poids est analogue à celui des mâles et l'on observe seulement, à cause de la faiblesse relative constatée dans les femelles réalimentées, que, en définitive, celles-ci n'atteignent pas complètement le poids de leurs contrôles.

En aucun cas on n'a constaté une augmentation définitive du poids des sujets réalimentés, comparativement à leurs contrôles. Les différen-

ces que l'on remarque entre le poids de chaque sujet réalimenté et celui des contrôles rentrent dans les limites des différences qu'on remarque normalement entre un sujet et l'autre.

Développement en longueur. — La longueur de l'axe du corps augmente, dans les sujets réalimentés après 50 jours d'hypo-alimentation, dans les proportions suivantes: de 7,1 %, dans les mâles et de 8,9%, dans les femelles, pendant la 1^{ière} décade, de 6,4, dans les mâles et de 5,7, dans les femelles pendant la 2^{ième} et de 4,8, dans les mâles et de 5,5, dans les femelles pendant la 3^{ième} décade. En total, l'augmentation de longueur des animaux réalimentés, est, pendant le 1^{er} mois, de 19,3%, dans les mâles et de 21,5, dans les femelles.

Dans les décades correspondantes l'allongement des contrôles du même âge est de 2,3 % tant dans les mâles que dans les femelles; de 1,5, dans les mâles et de 1,4, dans les femelles; de 0,9, dans les mâles et de 0,8, dans les femelles; en total, pendant le premier mois, il est de 4,8 dans les mâles et de 4,6 dans les femelles.

Pendant le 2^{ième} mois de réalimentation la longueur des mâles augmente de 11,1 % et celle des femelles de 9,8; celle des contrôles du même âge augmente de 2,9, dans les mâles et de 2,5, dans les femelles.

Pendant les mois suivants, jusqu'au 9^{ième}, l'allongement du corps des sujets réalimentés est plus rapide que celui des contrôles (10,2%, dans les mâles réalimentés et 6%, dans les femelles réalimentées; 5,2, dans les contrôles mâles et 3,5, dans les femelles de contrôle). Pourtant la différence va s'atténuant et, à la fin du 9^{ième} mois, la longueur des rats réalimentés est presque égale à celle des rats normaux.

Du 9^{ième} au 19^{ième} mois l'allongement des sujets réalimentés est presque identique à celui des contrôles: 0,9%, tant dans les mâles réalimentés que dans ceux de contrôle; 1,05, dans les femelles réalimentées, 1,04 dans les femelles de contrôle.

Relativement aux mesures de la longueur de parties du corps, nous ne distinguerons plus les chiffres qui concernent les mâles des ceux qui concernent les femelles, attendu qu'ils se correspondent complètement.

Pendant la 1^{ière} décade de la réalimentation, la longueur de la tête, de la pointe du nez à la protubérance de l'occiput, augmente de 5,3% dans les sujets réalimentés et de 2,5 dans les contrôles. Pendant le reste du 1^{er} mois la différence entre sujets réalimentés et contrôles dimi

nue. À la fin du 1^{er} mois la croissance de la tête, en longueur, résulte de 10,6 % dans les rats réalimentés et de 5 % dans les contrôles. Pendant le 2^d mois la croissance est de 4,8 % dans les sujets réalimentés et de 4,6 dans les contrôles. Au 5^{ième} mois la longueur de la tête des rats réalimentés est égale à celle des contrôles et elle ne se modifie plus ensuite.

Le développement relativement rapide de la tête, pendant la 1^{ière} période de réalimentation, doit être mis à la charge des parties molles et des os du nez, ce qui résulte de ce que, pendant la période dans laquelle l'allongement de la tête des sujets réalimentés est plus sensible que dans les contrôles, la *thèque cranienne* se développe identiquement dans les animaux des deux groupes (5,6 %). Ce fait concorde avec le développement normal et continu du cerveau pendant la période de l'hypo-alimentation. Le développement identique de la *thèque cranienne* dans les deux groupes d'animaux se maintient constant même dans les périodes ultérieures.

Les mesures des *membres* (avant-bras et jambe) démontrent que l'allongement de ces parties a lieu analogiquement à l'allongement du corps. En moyenne il est de 9,35 % pendant la 1^{ière} décade, de 4,25 pendant la 2^{ième}, de 4 pendant la 3^{ième}; dans les contrôles, dans les périodes correspondantes, il est de 3,95; 3,8; 2,6. Pendant le 1^{er} mois de réalimentation, la croissance des membres est de 20,8 % dans les sujets réalimentés, tandis que, dans les contrôles, elle est de 10,7 %. Pendant le 2^{ième} mois, cette croissance est de 11,4 % dans les sujets réalimentés et de 6,2 dans les contrôles.

Les mesures relatives aux périodes ultérieures de la réalimentation ont été prises sur les parties squelettiques décharnées des animaux sacrifiés. Jusqu'au 9^{ième} mois la croissance des membres continue en mesure toujours plus remarquable dans les sujets réalimentés que dans les contrôles, mais la différence s'atténue graduellement. Au 9^{ième} mois les longueurs des membres, dans les deux groupes d'animaux, sont égales; ensuite, la croissance, qui est bien limitée, va du même pas dans les deux groupes.

Le *poids des os frais* (humérus, cubitus, radius, fémur, tibia) augmente très rapidement pendant le 1^{er} mois et $\frac{1}{2}$, et approche de celui des contrôles. La structure compacte se rétablit.

L'augmentation, pendant cette période, correspond à-peu-près au double du poids de chaque os, au commencement de la réalimentation.

Pendant le 2^{ième} mois, et jusqu'au 9^{ième}, continue, avec rythme ralenti, la croissance plus accentuée dans les sujets réalimentés que dans les contrôles; pour cela, déjà après le 5^{ième} mois, cette différence est peu sensible. Après le 9^{ième} mois, les poids des os des animaux des deux groupes sont presque égaux.

Voici nos résultats relativement au **poids des organes.**

Cerveau. — Pendant la période d'hypo-alimentation, le cerveau a continué à se développer comme celui du contrôle. La réalimentation ne cause aucune accélération du développement du cerveau.

On peut dire que le rythme de croissance de cet organe ne ressent pas les changements remarquables de l'alimentation. Il en dérive qu'il prévaut relativement sur le poids du corps, dans le sujet hypo-alimenté, de même que dans le sujet réalimenté, jusqu'à ce que le poids du corps soit devenu à peu près égal à celui du contrôle.

Cœur. — Pendant le 1^{er} mois de réalimentation, le cœur augmente avec grande rapidité, jusqu'à redoubler son poids. Pendant ce temps la proportion entre le poids du cœur et celui du corps de l'animal, c'est-à-dire le poids relatif, devient à peu près égale à celle du contrôle. Dans les périodes successives la croissance du cœur continue; au 5^{ième} mois de réalimentation, le poids du cœur des sujets réalimentés est égal à celui des contrôles.

Poumons. — Le développement des poumons, pendant le 1^{er} mois de réalimentation, est aussi rapide que celui du cœur. Même pour les poumons le poids résulte redoublé. Le poids relatif, à la fin de cette période, se maintient encore plus élevé que celui des contrôles.

Foie. — Le poids du foie qui, pendant l'hypo-alimentation, se maintient en rapport normal avec le poids du corps, dans la réalimentation augmente parallèlement à celui du corps, de sorte que ce rapport ne varie pas.

Reins. — Pendant le 1^{er} mois de réalimentation, les reins redoublent leur poids et, à la fin du 2^{ième} mois, ils ont un poids relatif égal à celui de leurs contrôles. Le poids relatif reste constant dans les pé-

riodes successives. Le poids absolu des reins des sujets réalimentés atteint celui des contrôles au 5^{ième} mois.

Rate. — Le poids de cet organe, qui diminue pendant l'hypo-alimentation, augmente très rapidement et, à la fin du 1^{er} mois de réalimentation, il approche de celui des contrôles, pour suivre ensuite, dans la proportion normale, l'augmentation du poids du corps.

Thymus. — Cet organe, qui diminue à cause de l'hypo-alimentation, augmente avec la plus grande rapidité pendant les premiers 15 jours de réalimentation, de sorte que, pendant ce temps, son poids atteint et dépasse même, le poids du thymus des contrôles. Bientôt cette augmentation est suivie d'une diminution du poids à cause de l'involution de l'organe, involution qui commence vers le 5^{ième} ou le 6^{ième} mois de vie et qui procède également dans les sujets hypo-alimentés et dans les sujets normaux.

Hypophyse — Dans la réalimentation, l'hypophyse croît rapidement et atteint, en 5-6 semaines, le poids de celle des contrôles. Ensuite, le développement de l'hypophyse des sujets réalimentés procède analoguement à celui des contrôles.

Surrénales. — Le poids des glandes surrénales, qui n'a pas varié pendant la période de l'hypo-alimentation, augmente rapidement pendant la période de réalimentation et égale le poids des glandes surrénales des contrôles, après 2 semaines dans les femelles et après 2 mois dans les mâles. Dans les périodes successives, le développement des glandes surrénales procède avec le même rythme que dans les contrôles.

Testicules. — Les testicules se développent très rapidement pendant les 3 premières semaines de réalimentation et leur poids relatif, déjà à la fin de cette période, égale presque le poids normal. Dans les périodes successives le poids des testicules des sujets réalimentés et celui des testicules des contrôles arrivent à s'égaliser (2^{ième} mois de réalimentation), avant que les 2 groupes soient parvenus à avoir un poids du corps égal.

Ce fait qui ressort nettement, malgré les sensibles variations individuelles dans les poids des testicules, est certainement en rapport avec la puberté, qui précède, mais de peu, le commencement de la réalimentation.

Ovaires. — Le poids des ovaires, déjà dans les exemplaires sacrifiés après 15 jours de réalimentation, résulte redoublé, comparativement aux poids des ovaires des sujets hypo-alimentés. Dans les exem-

plaires, sacrifiés après 1 mois, ce poids est égal à celui des ovaires des contrôles.

Thyroïde. — Le volume de la thyroïde est triplé pendant les 2 premières semaines de réalimentation; après 5 mois de réalimentation, il égale le volume de la thyroïde normale, et, ensuite, il continue à augmenter lentement comme dans les contrôles.

Muscles. — Le poids des muscles (triceps sural et tibial antérieur), qui diminue quelque peu pendant l'hypo-alimentation, redouble presque pendant le 1^{er} mois de réalimentation, comparativement au poids des mêmes muscles dans les animaux hypo-alimentés. Après 2 mois leur poids relatif égale celui des muscles normaux. Dans les animaux, sacrifiés au 9^{ième} mois de réalimentation, le poids des muscles des animaux réalimentés égale, presque, celui des mêmes muscles, dans les contrôles.

Dépôts de graisse. — A la fin de la 1^{ière} semaine de réalimentation, on trouve discrètement reconstituée la graisse au hile du rein; après 3 semaines, commencent à reparaitre le pannicule adipeux sous-cutané, la graisse de l'omentum et celle du mésentère. Après le 8^{ième} mois de réalimentation, les dépôts de graisse des sujets réalimentés sont aussi abondants que ceux des sujets normaux.

Conclusions.

I. — Les expériences d'hypo-alimentation de jeunes rats albinos, en une période active de croissance du corps, démontrent qu'il est possible de maintenir presque invariable le poids du corps pendant un temps assez long (2 mois), relativement à la durée de la vie de ces animaux. Cette condition ne répond pourtant pas à un véritable arrêt du développement du corps. Le comportement de chaque partie du corps est spécifique: le *cerveau* continue à se développer à peu près comme dans les exemplaires normaux, de même que la *thèque cranienne*; le *cœur* se développe un peu, mais moins que celui des contrôles; les *poumons*, les *reins* et l'*hypophyse* se comportent analogiquement. D'autres organes, comme le *foie* et les *surrénales*, restent stationnaires; et, enfin, la *rate*, le *thymus* et la *thyroïde* diminuent fortement, tandis que les *ovaires*, les *testicules* et les *muscles* du squelette diminuent beaucoup moins. Les *os longs* du squelette augmentent en longueur et en poids

jusqu'au 45 jours, malgré l'hypo-alimentation, mais beaucoup plus lentement que dans les contrôles; du 45^{ième} au 60-65^{ième} leur croissance s'arrête et ils manifestent l'état hypotrophique du tissu osseux. Les *dépôts* de *graisse* disparaissent presque complètement. L'allongement du corps a lieu toujours plus lentement jusqu'au 45 jour d'hypo-alimentation et puis il s'arrête.

Les facteurs qui règlent la croissance du corps, dans la période d'hypo-alimentation, sont très complexes, sans doute. D'un côté, comme dans l'atrophie par inanition absolue, domine la dignité fonctionnelle de l'organe ou du système, ce qui résulte particulièrement du comportement du poids du cerveau. Pourtant, en outre de ces facteurs, on peut relever, dans l'hypo-alimentation, ce qui ne se manifeste pas aussi clairement dans le jeûne absolu, c'est-à-dire la prédestination de certains organes à une croissance établie, sans aucun rapport avec les exigences fonctionnelles du sujet, comme on peut le voir dans certaines glandes à sécrétion interne (hypophyse et surrénales), dans lesquelles le rapport entre le poids du corps et le poids des organes, dans les sujets hypo-alimentés, âgés de 3 mois et $\frac{1}{2}$, est à peu près égal au poids initial (à l'âge de 45 jours), tandis que dans les sujets normaux de 3 mois et $\frac{1}{2}$, il a bien diminué. On doit aussi prendre en considération les facteurs mécaniques: il est certain, par exemple, que la faiblesse des muscles influe sur l'hypotrophie du squelette.

Nous ajouterons que, ayant expérimenté sur une race d'animaux très sujets à la dystrophie rachitique, particulièrement dans la période de vie que nous avons choisie pour l'hypo-alimentation, nous nous sommes persuadés que cette condition n'influe point sur le développement de la dystrophie même, car nous avons observé, dans les premières tentatives de nos expériences, un nombre égal de sujets rachitiques dans les groupes des sujets hypo-alimentés et dans les groupes des contrôles. Après avoir commencé l'adjonction d'une très petite quantité d'huile de foie de morue à la ration quotidienne, la dystrophie rachitique n'a plus reparu, pas même dans les sujets hypo-alimentés.

II. - A la suite de la réalimentation, après hypo-alimentation prolongée, le poids et la longueur du corps des rats augmentent très rapidement, quoique les animaux, à cause de leur âge, aient dépassé la période la plus active de leur croissance. Le rythme de ce développement ralentit graduellement de sorte que, seulement après 8-9 mois

d'alimentation abondante, le poids et la longueur du corps atteignent le niveau normal. En aucun cas les sujets réalimentés n'ont dépassé en poids et en longueur leurs contrôles du même âge.

Dans l'augmentation de poids, chaque organe se comporte d'une manière différente. Le *cerveau* du sujet réalimenté n'augmente pas plus rapidement que celui de son contrôle; le *foie* augmente proportionnellement à l'augmentation du poids du corps; le *cœur*, les *reins*, les *poumons* augmentent avec un rythme un peu moins rapide que le reste du corps et après 5 mois, leur poids correspond à celui des sujets normaux. L'*hypophyse*, les *surrénales*, les *ovaires* augmentent plus rapidement que le reste du corps, de sorte que, avant la fin du 2^{ième} mois, leur poids égale celui des contrôles. La *thyroïde* augmente très rapidement pendant le 2^{ième} premières semaines, plus lentement ensuite, et atteint le volume normal après 5 mois. La *rate* et le *thymus* augmentent avec la plus grande rapidité; entre la 3^{ième} et la 4^{ième} semaine ils égalent les organes correspondants des sujets normaux et le *thymus* dépasse même le poids de son contrôle. Les *testicules* augmentent avec grande rapidité de sorte que leur poids est normal à la fin du 2^{ième} mois de réalimentation. Les *muscles du squelette* augmentent rapidement et, à la fin du 2^{ième} mois, ils ont redoublé de poids. Ils égalent celui des contrôles entre le 5^{ième} et le 9^{ième} mois. Pendant le 9^{ième} mois de réalimentation (environ 1 an de vie), le poids absolu et le poids relatif de tous les organes que nous avons considérés deviennent égaux à ceux des contrôles, de sorte que le développement, correspondant à l'âge des animaux, est atteint.
