

DÉVELOPPEMENT OSSEUX ET NUTRITION

DENISE FEREMBACH

Il est reconnu depuis longtemps qu'une alimentation plus ou moins carencée en certains facteurs au cours de la croissance influe sur la manifestation phénotypique d'un individu adulte. Dans cet exposé, seul ce qui concerne l'os et son développement ontogénique sera retenu.

Pour être menée à bien, la croissance osseuse exige un apport nutritif équilibré tant en calories qu'en divers éléments dont les principaux sont: le phosphore, le calcium, les vitamines (en particulier les vitamines D), certains amino-acides (lysine, arginine, etc...) et glucides (lactose, sorbitol, xylose, etc...), ces derniers éléments étant nécessaires à la fixation du Ca, les protéines, etc... Que cet équilibre se trouve perturbé à certains moments de la vie de l'enfant et dure un certain temps, et c'est la charpente osseuse qui en subit les contre-coups d'une façon qui peut être irréversible.

Il est bien évident que nous ne rendons pas la nutrition seule responsable des modifications squelettiques pouvant intervenir au cours de la croissance. Le patrimoine héréditaire, en premier, impose certaines limites à la plasticité osseuse; d'autres facteurs imputables au milieu: climat, altitude, activité physique, etc... interviennent aussi. Mais il faut bien serrier les problèmes. De plus, je pense que les modifications apportées par l'Homme à son régime alimentaire au cours des temps, ont pu influencer, la sélection et d'autres facteurs aidant, sur les transformations morphologiques de ses os. En particulier, le changement nutritionnel qui a dû intervenir lorsque l'Homme, au Néolithique, s'est sédentarisé, abandonnant sa vie de chasseur et de collecteur pour celle d'agriculteur et d'éleveur ne peut-il être, en partie, responsable des différences que l'on observe entre sa morphologie à cette époque et celle de ses ancêtres, essentiellement chasseurs et collecteurs, du Paléolithique supérieur et de l'Épipaléolithique?

Mais avant d'aborder ce problème, il est bon de faire le point de nos connaissances actuelles sur cette question chez l'Homme moderne. Ce sera l'objet de cette courte note dans laquelle il ne pourra être donné qu'un très bref résumé.

Stature. Un grand nombre d'observations ou d'expériences s'accordent pour montrer qu'un régime

hypocalorique ou déficient en protéine, en amino-acide, en calcium, en vitamines, ces éléments intervenant ensemble ou isolément, provoque une diminution de la stature entre enfants et entre adultes d'une même ethnie.

Ceci a été observé chez des enfants préscolaires américains de statut économique différent (Sh. Crispin, E. Kerrey, H. M. Fox, C. Kies, 1968) à la suite d'expériences réalisées au Guatemala dans 3 villages, les enfants de l'un bénéficiant d'un supplément nutritif (M. A. Guzman, N. S. Scrimshaw, H. A. Bruch, J. E. Gordon, 1968), à Ceylan (L. Nicholls, A. Nimalasuriya, 1939) où un régime hypocalorique et une insuffisance en Ca ont été invoqués pour rendre compte des différences entre deux groupes d'enfants, l'un de classe aisée, l'autre de classe pauvre, au Japon (F. Nakamoto et Y. Fujita, 1968), les ruraux étant déficients en protéine comparés aux citadins, en Amérique centrale (A. R. Frisancho, S. M. Garn, W. Ascoli, 1970) dans des communautés rurales dont l'alimentation était insuffisante en calories, en protéine, en amino-acide, chez les indigènes se nourrissant essentiellement de riz du Sud de la Chine et dans les îles entre le Japon et Sumatra (C. S. Coon, S. M. Garn et J. B. Birdsell, 1950) chez des enfants d'un orphelinat du Texas carencés en protéine, en calcium, en vitamine A, à qui un apport de lysine a été donné (P. B. Mack, G. P. Vose, C. L. Kinard, H. B. Campbell, 1962).

TAUX DE CROISSANCE

Un régime hypocalorique et carencé entraîne aussi des modifications dans le taux de croissance et les âges où ce phénomène s'accélère. Ainsi, les enfants guatémaltèques de 0 à 5 ans du village suralimenté, après avoir été sevrés vers deux ans, ont montré une moindre diminution du taux de croissance et cette diminution est intervenue plus tardivement que chez les enfants des deux autres villages. Les enfants de l'orphelinat du Texas à qui de la lysine a été donnée en supplément pendant 5 mois, se sont caractérisés par une accélération de leur

croissance. Remarquons que, en régime carencé, le rat, comme l'homme, présente un retard dans la croissance et dans l'ossification.

A Ceylan, un décalage d'un an dans les poussées de croissance a été observé entre les enfants de classes socio-économiques différentes. De plus, chez les enfants des classes pauvres, il s'est manifesté, de même que chez les Indiens Quechuas du Pérou, une accélération tardive, après 17 ans chez les garçons, après 15 ans chez les filles. Celle-ci, néanmoins, n'a pas annulé la différence de stature existant avec les représentants des classes aisées.

MATURATION OSSEUSE

Les enfants sous-alimentés se signalent aussi par un retard dans la maturation du squelette, dans l'apparition des centres d'ossification (enfants du Guatemala, indiens Quechuas du Pérou). A. R. Frisancho, S. M. Garn et W. Ascoli (1970) ont constaté sur le poignet et sur la main des 7974 enfants d'Amérique du Sud examinés, qu'à un fort retard pendant l'enfance succédait une certaine amélioration pendant l'adolescence. Mais, comme l'adolescence correspond à l'époque de fusion des épiphyses, cette amélioration tardive a contribué à donner une petite stature aux adultes.

C'est aussi à une alimentation défectueuse à partir du sevrage que J. M. Tanner attribue la maturité squelettique des Noirs en retard par rapport à celle des Blancs à partir de 3 ans, l'inverse se produisant jusqu'à 2 ans.

AUTRES CARACTÈRES

Afin de ne pas dépasser le temps autorisé, je résumerai brièvement les autres modifications observées en régime hypocalorique et carencé. Un phénomène qui paraît général, est la diminution de la densité osseuse mesurée sur des radiographies. L'épaisseur corticale et le diamètre du canal médullaire varient, de leur côté, en sens inverse, ce dernier s'élargissant avec la sous-alimentation.

Il a été aussi remarqué, chez les enfants du Guatemala, une diminution de la circonférence de la tête. Enfin, les Hutu du Ruanda (J. Hiernaux, 1952-1963) bénéficiant d'un régime plus riche en calories, en hydrate de carbone et en protéines végétales qu'un autre groupe voisin, présentent un plus grand développement latéral du squelette associé à un thorax plus profond.

Il convient aussi de signaler d'importantes expériences faites sur des animaux. Un régime très riche en lactose (P. Fournier et Y. Dupuis, 1969, P. Fournier, 1974) apporte les modifications suivantes au squelette du rat: poids des os plus élevé, densité osseuse plus forte, diminution du canal médullaire au profit du cortex, épaississement de l'os périostique, relief osseux plus accentué et crêtes plus accusées, points d'attaches musculaires plus rugueux, os iliaque opaque regardé en transparence, squelette de teinte blanchâtre, crâne plus

globuleux. Avec la vitamine D dont l'effet s'arrête à l'âge adulte, sauf chez la femelle allaitante, alors que celui du lactose se poursuit toute la vie durant, les os ont au contraire un aspect plus élancé, plus gracieux, et ils sont plus légers que ceux du rat nourri normalement.

D'autres auteurs ont observé chez le rat privé de lysine, en plus du retard de croissance et de calcification, un rétrécissement du plateau épiphysaire tibial (L. A. Bavetta et S. Bernick, 1955). La même observation a été faite sur des porcelets à qui était proposé un régime soit hypocalorique, soit carencé en protéine (P. Adams, 1969). La morphologie du fémur de ces animaux, seul os long observé, s'est aussi trouvé fortement affectée par l'alimentation.

Tous ces exemples, et il en existe d'autres, montrent une influence incontestable du régime alimentaire sur l'expression phénotypique du squelette de l'individu adulte.

FACTEURS ASSOCIÉS À LA NOURRITURE

L'âge de la manifestation d'une malnutrition, sa durée, présentent aussi une très grande importance, autorisant ou non la récupération de l'os à l'état normal lorsqu'une nourriture équilibrée est redonnée. Peut-être le sexe influe-t-il aussi, certains auteurs estimant les filles mieux armées que les garçons pour résister aux effets d'une sous-alimentation; mais les exemples actuels ne sont pas concluants. Par contre, le milieu social, imposant par exemple des coutumes alimentaires, peut donner artificiellement l'impression de différence sexuelle.

La race doit intervenir aussi. Mais on ne dispose jusqu'à maintenant que de très peu de renseignements à ce sujet.

SELECTION ET ADAPTATION

Ce dernier point est particulièrement intéressant à souligner dans la perspective de l'évolution humaine. On constate en effet que, actuellement, „quelques populations se sont extraordinairement adaptées à des régimes qui auraient envoyé d'autres à la tombe“ (M. T. Newman, 1961). Ces individus au régime nutritionnel carencé pendant l'enfance, parviennent à l'âge adulte sans présenter d'anomalies osseuses systématiques ni une plus grande fragilité du squelette. Nous en avons vu plusieurs exemples plus haut: Indiens d'Amérique centrale ou d'Amérique du Sud, habitants de Ceylan, mangeurs de riz de la bordure sud de l'Asie et des Iles entre le Japon et Sumatra, etc...

Certains auteurs considèrent la petite stature de ces individus comme une adaptation avantageuse reflétant une économie dans l'utilisation du calcium, la sélection intervenant aussi pour favoriser les individus génétiquement petits qui „ont une meilleure chance d'atteindre la maturité et, par là, de se reproduire“ (P. Lisowski, 1966).

D'intéressantes recherches, menées à Ceylan (L.

Nicholls et A. Nimalasuriya, 1939) ont aussi mis en évidence une adaptation métabolique à une faible ingestion de calcium. L'examen du bilan calcique ou de la quantité de calcium excrétée par les urines ont montré que le métabolisme du Ca semble s'adapter à la quantité de cet élément fourni à l'organisme; les enfants à faible prise de Ca en excrètent beaucoup moins que les autres; ils sont capables d'absorber de 34 à 89 % de cet alcalinoterreux ingéré.

CONCLUSION

Une influence nutritionnelle sur la morphologie osseuse paraît donc certaine. Qu'elle ait pu intervenir dans l'évolution humaine à partir de l'apparition de *Homo sapiens sapiens* n'est donc pas impossible. Mais, ceci reste encore à démontrer à l'aide d'une étude approfondie des restes fossiles en liaison avec ce que l'on sait de leur mode de vie et de leur alimentation.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, P.: The effect of experimental malnutrition on the development of long bones. — Nutritional aspects of the development of bone and connective tissue. *Symposium of the Group of European Nutritionists, Cambridge, 1968. Bibl. «Nutritio et Dieta», no. 13, pp. 69-73.*
- BAVETTA, L. A. et BERNICK, S.: Lysine deficiency and dental structure. *Journal of American Dental Association, 1955, t. 50, pp. 427.*
- COON, C. S., GARN, S. M. et BIRDSELL, J. B.: Races. A study of the problems of race formation in Man. *Springfield, Illinois, C. C. Thomas ed., 1950, 153 p.*
- CRISPIN, S., KERREY, E., FOX, H. M., KIES, C.: Nutritional status of preschool children. II. Anthropometric measurements and interrelationships. *Amer. J. Clin. Nutrition, 1968, t. 21, no. 11, pp. 1280-1284.*
- FOURNIER, P.: Influence du lactose sur l'utilisation du calcium et sur l'ossification. — *Pathol. Biol., 1965, t. 13, no. 3-4, pp. 143-151.*

- FOURNIER, P. et DUPUIS, Y.: Les facteurs exogènes de l'utilisation du calcium. *La revue Lyonnaise de Médecine, 1969, t. 18, no. 17, pp. 665-678.*
- FOURNIER, P., DUPUIS, Y. et GAMBIER, J.: Influence d'une administration continue de lactose sur le poids, l'aspect et la composition du rat âgé. *C. R. acad. Cc. Paris, 1966-, t. 262, série D, pp. 797-800.*
- FRISANCHO, A. R., GARN, S. M., ASCOLI, W.: Unequal influence of low dietary intake on skeletal maturation during childhood and adolescence. *The Journal of nutrition, 1970, t. 23, no. 9, pp. 1220-1227.*
- GAMBIER, J., DUPUIS, Y., GOURVITCH, M., FOURNIER, P. L.: Variations du poids et de l'épaisseur des os du Rat selon la nature et la quantité ingérée de facteurs d'utilisation calcique. — *C. R. Acad. Sci. Paris, 1966, t. 263, série D, pp. 1500-1503.*
- GUZMAN, M. A., SCRIMSHAW, N. S., BRUCH, H. A. et GORDON, J. E.: Nutrition and infection field study in guatemalan villages 1959-1964. VII. Physical growth and development of preschool children. *Arch. environment. Health, 1968, t. 17, no. 1, pp. 107-118.*
- HIERNAUX, J.: Influence de la nutrition sur la morphologie des Bahuta du Ruanda. *Actes du IV^e congrès international des sciences anthropologiques et ethnologiques, Vienne, 1-8 sept. 1952, t. 1, Anthropologica, Vienne, 1954, pp. 157-162.*
- HIERNAUX, J.: Heredity and environment: their influence on human morphology. A comparison of two independent lines of study. *Amer. J. Phys. Anthr., 1963, t. 21, no. 4, pp. 575-589.*
- LISOWSKI, F. P.: The variability of Man. *Ethiopian Medical Journal 1966, t. IV, no. 3, pp. 71-89.*
- MACK, P. B., VOSE, G. P., KINARD, C. L., CAMPBELL, H. B.: Effects of lysine supplemented diets on growth and skeletal density of preadolescent children. *Amer. J. clin. Nutr., 1962, t. 2, no. 4, pp. 255-262.*
- NAKAMOTO, F., FUJITA, Y.: Studies on the development of legs of school boys under rural life. *Wakayama med. Rep., 1968, t. 12, no. 4, pp. 153-168.*
- NEWMAN, M. T.: Biological adaptation of man to his environment: heat, cold, altitude and nutrition. *Ann. New-York Acad. Sci., 1961, t. 91, no. 3, pp. 617-633.*
- NICHOLLS, L. et NIMALASURIYA, A.: 1939 — Adaptation to a low calcium intake in reference to the calcium requirements of a tropical population. *J. Nutrition, t. 18, no 6, pp. 563-577.*

Denise Ferembach

Laboratoire d'Anthropologie Biologique
de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes
1, rue René Panhard
PARIS 13^{ème}