

## PRACE POGLĄDOWE

GRAŻYNA ŁYSOŃ-WOJCIECHOWSKA

### WPLYW CZYNNIKÓW EGZOGENNYCH NA CZYNNOŚĆ TKANKI KOSTNEJ

Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej  
Komendant: płk prof. dr hab. med. Stanisław Barański

#### WPLYW ŻYWIENIA NA METABOLIZM TKANKI KOSTNEJ

Niedobory energetyczno-białkowe z równoległe występującymi niedoborami specyficznymi (witaminy, pierwiastki śladowe) prowadzą do różnego rodzaju zaburzeń anabolicznych tkanki kostnej. Badania doświadczalne z ograniczeniem ilościowym, bądź białkowym, diety wskazują na zahamowanie tempa wzrastania, jak również opóźnienie procesu kostnienia; oba procesy — wzrastanie i kostnienie — są uwarunkowane zasobami energetycznymi. Niedobory w pożywieniu, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym, prowadzą do osteoporozy głodowej.

Niezwykle istotną sprawą jest ilość i jakość białka zawartego w diecie. Niedobór białka powoduje zahamowanie procesów syntezy zrębu organicznego tkanki kostnej. Brak w białku aminokwasów egzogennych, przy pokryciu dobowego zapotrzebowania na białko, wpływa niekorzystnie na procesy jego syntezy w ustroju. Przykładem takiej sytuacji mogą być schorzenia okresu niemowlęcego w wyniku długotrwałej, jednostronnej diety mlecznej — „szkoda mleczna”.

Wysokość zapotrzebowania na białko jest trudna do ustalenia ze względu na brak kryteriów oceny optymalnego stanu odżywienia białkowego i niejednakową wartość odżywczą produktów spożywczych. Przyjmuje się, że średnie zapotrzebowanie na białko wynosi u dorosłych 55 - 56 g na dobę.

Węglowodany i tłuszcze odgrywają mniejszą rolę w procesach anabolicznych tkanki kostnej, stanowią raczej źródło energetyczne dla prawidłowej czynności całego ustroju. Tłuszcze są nośnikami nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz witamin, z których A i D odgrywa szczególną rolę w czynnościach tkanki kostnej.

Niezwykle ważnym problemem dla prawidłowej czynności tkanki kostnej jest dowóz soli mineralnych, głównie wapnia i fosforu. Według Ko-



misji Ekspertów FAO/WHO, dzienne zapotrzebowanie na wapń wynosi 500 - 700 mg w okresie wzrostu i 400 - 500 mg u dorosłych. Jedną z przyczyn osteoporozy upatruje się w niedoborze wapnia w pożywieniu lub zmniejszonym jego wchłanianiu. Badania osób dotkniętych osteoporozą nie zawsze jednak to potwierdzają.

Drugim co do ilości składnikiem pożywienia, niezbędnym do prawidłowej budowy tkanki kostnej są fosforany, występujące w stałym stosunku do wapnia  $Ca : P = 2 : 1$ . Ważnym pierwiastkiem wbudowanym w strukturę kryształu hydroksyapatytu, jest fluor. Jego nadmiar w diecie przejawia się bezpostaciową strukturą kryształów, charakterystyczną dla objawów fluorozy. Istotna jest również obecność w pożywieniu magnezu, składnika budulcowego kości, biorącego udział w procesach syntezy białka i przemianach metabolicznych. Pozostałe mikroelementy: żelazo, miedź i jod nie wchodzą bezpośrednio w skład tkanki kostnej, jednak ich obecność w pożywieniu jest niezbędna ze względu na udział w budowie i aktywności enzymów oraz hormonów regulujących czynności tkanki kostnej.

Szczególną rolę w czynności tkanki kostnej odgrywają witaminy D, A i C. Witamina D wywiera podobne działanie do PTH- hormonu przytarczyc. Podnosi ona poziom wapnia we krwi, poprzez zwiększenie przepuszczalności błon komórek kosmków jelitowych. Wprawdzie zarówno witamina D jak i PTH podnoszą poziom wapnia w surowicy, ale ich wpływ na tkankę kostną jest przeciwny. PTH sprzyja demineralizacji, podczas gdy witamina D zwiększa mineralizację. Przy niedoborach witaminy D następuje zahamowanie mineralizacji zrębu organicznego kości, którego formą kliniczną jest krzywica u osobników rosnących i osteomalacja u dorosłych. W okresie wzrastania u niemowląt oraz u kobiet ciężarnych i w czasie laktacji, niezbędna jest ilość około 400 j.m. witaminy D dziennie, w wieku dojrzałym — ok. 100 j.m.

Witamina C, jako koenzym, wpływa na prawidłowy metabolizm aminokwasów tyroksyny i fenyloalaniny. Szczególnie jest ważna przy reakcjach hydroksylacji proliny do hydroksyproliny w syntezie kolagenu. Minimalna dawka, niezbędna dla ustroju, wynosi od 30 do 100 mg dziennie.

Witamina A niezbędna jest w procesach wzrostowych; obecność jej wpływa na czynność osteoblastyczną i osteoklastyczną tkanki kostnej. Brak witaminy A przyspiesza rozpad mukopolisacharydów. Minimalna dawka dla dorosłego człowieka wynosi 2250 j.m.

#### WPLYW AKTYWNOŚCI RUCHOWEJ I OBCIĄŻEŃ UKŁADU RUCHU NA CZYNNOŚĆ TKANKI KOSTNEJ

Dla prawidłowej czynności tkanki kostnej niezbędne jest stałe obciążenie narządu ruchu. Fakt ten jest powszechnie znany i został opisany w formie tzw. prawa Wolffa.



Obciążenie wzrastającej kości utrzymuje w równowadze procesy formowania i resorpcji tkanki kostnej i jest niezbędnym czynnikiem stymulującym rozwój. Jednakże przekroczenie pewnych wartości obciążeń, powyżej 37 g/mm<sup>2</sup>, jak również niedostateczne obciążenie, poniżej 7 g/mm<sup>2</sup>, wywierają efekty niekorzystne, hamujące rozwój. Na kształtowanie elementów szkieletowych i mięśni pod wpływem ruchu wskazują wyniki badań aparatu ruchu u dzieci oraz asymetrii ciała. Wzrost substancji nieorganicznej i organicznej w tkance kostnej pod wpływem ruchu wykorzystano w zapobieganiu i leczeniu osteoporozy. Mechanizm stymulującego działania obciążenia nie jest ostatecznie wyjaśniony. Obciążenie może wywierać wpływ poprzez występowanie efektu piezoelektrycznego, towarzyszącego obciążeniu kryształów; cechy kryształów w kości posiadają kolagen oraz hydroksyapatyty. Efekt piezoelektryczny polega na polaryzacji elektrostatycznej różnych płaszczyzn kryształów. Dzięki piezoelektrycznym właściwościom kości, powstają prądy elektryczne wpływające na czynność komórek kostnych, transport jonów i powstawanie kolagenu. Innym wytłumaczeniem stymulującego działania obciążenia na kość jest czynnościowe przekrwienie tkanki kostnej, umożliwiające większy dopływ substancji odżywczych, jak również wzmożoną czynność osteoblastyczną.

Nadmierna aktywność fizyczna prowadzi do przystosowania układu ruchu, w sensie tolerowania jego obciążeń. Przystosowanie to charakteryzuje się hipertrofią kości — zwłaszcza jej warstwy zbitej, rozrostem lub nawet przerostem utkania łącznotkankowego oraz roboczym przerostem mięśni szkieletowych. Ograniczenie aktywności ruchowej, czyli hipokinezja, powoduje wystąpienie zmian regresywnych w obrębie układu ruchu. Przykładem tego typu hipokinezji jest unieruchomienie kończyny w opatrunku gipsowym, wskutek czego dochodzi do uwstecznienia mięśni. Nawet częściowy zanik tkanki mięśniowej prowadzi do ubytku łoża naczyniowego, co pogarsza warunki troficzne tkanki kostnej. W wyniku bezczynności dochodzi również do zaburzeń w płynach ustrojowych, polegających na względnym wzroście płynów pozakomórkowych z jednoczesnym podniesieniem poziomu wapnia we krwi. Efektem nowopowstałych warunków jest, z jednej strony, wzrost aktywności osteolitycznej i resorpcja kości, z drugiej zaś, wzmożona diureza i zwiększone wydalanie wapnia.

Do zaniku tkanki kostnej dochodzi w warunkach nieważkości. Zmniejszone wartości grawitacyjne (utrata ciężaru ciała i brak ucisku) powodują zaburzenia w systemie sprzężenia zwrotnego normalnie modelującego dynamikę kości, co prowadzi do zaburzeń w osteogenezie. Badania wpływu hipokinezji na ustrój człowieka leżą w strefie zainteresowań medycyny kosmicznej, hipokinezja bowiem jest jedynym możliwym w warunkach ziemskich modelem do badania sytuacji częściowo podobnych do wpływu nieważkości na ustrój człowieka. Wyniki badań, zarówno w



ośrodkach radzieckich, jak i amerykańskich wykonanych na ochotnikach unieruchomionych poprzez długotrwałe przebywanie w łózkach, lub na zwierzętach, wykazały zaburzenia metabolizmu wapniowo-fosforanowego znacznego stopnia. Przykładowo, przebywanie w łóżku przez 73 dni przy prawie całkowitym wyeliminowaniu ruchów, powodowało demineralizację kości piętowej w ok. 12<sup>0</sup>%, a w kości I-go paliczka piątego palca ręki — w ok. 7<sup>0</sup>%. Badania doświadczalne wpływu 3-4 tygodniowej hipokinezji na gospodarkę wapniową wykazały zwiększenie wydalenia wapnia o 200 — 300<sup>0</sup>%. Problem „ucieczki wapnia” w warunkach nieważkości może stać się poważnym ograniczeniem w eksploracji przez człowieka przestrzeni kosmicznej. Nawet kilkudniowy pobyt (8 dni) w warunkach nieważkości w czasie lotów pojazdów Gemini IV i V prowadził do ubytku wapnia o 15<sup>0</sup>% w kości piętowej i 23<sup>0</sup>% w drugim paliczku piątego palca ręki.

#### WPLYW CHARAKTERU PRACY NA WYDOLNOŚĆ MECHANICZNĄ UKŁADU KOSTNEGO

Zmiany regresywne w tkance kostnej z wiekiem, zwane osteoporozą fizjologiczną\*, prowadzą do zmniejszenia masy oraz gęstości kości a tym samym do zmniejszenia wydolności mechanicznej układu kostnego. O szybkości występowania objawów osteoporozy oraz o jej przebiegu w znacznej mierze, poza czynnikami endogennymi, decydują czynniki środowiskowe: sposób odżywiania, aktywność ruchowa, wielkość obciążeń układu ruchu, a także charakter pracy i związane z nią szkodliwe czynniki.

Występowanie zmian wstecznych w tkance kostnej u pewnych grup zawodowych, u których wymagane jest zachowanie pełnych walorów mechanicznych kości, może stanowić ograniczenie przydatności do zawodu. Z uwagi na specyficzne wymagania, taką grupę zawodową mogą stanowić lotnicy. Czynniki fizyczne lotu w różnym zakresie wywierają wpływ na czynność tkanki kostnej. Bez wątplenia na tę czynność, w sposób bezpośredni, wpływają przyspieszenia i wibracje, w sposób pośredni mogą wpływać np. wysokie temperatury powodujące zaburzenia mineralne płynów ustrojowych o różnym nasileniu.

Czynniki stressogenne nieznacznie tylko, jak mogłoby się wydawać, wpływające na metabolizm kości, mogą przyczyniać się do przyspieszenia procesów resorpcji kości, poprzez zwiększony poziom katabolicznych hormonów kory nadnercza, który towarzyszy stanom stressu. Wydaje

---

\* Istotą osteoporozy fizjologicznej jest narastanie z wiekiem utraty substancji organicznych i mineralnych kości, przy zachowanych proporcjach obu składników. W piśmiennictwie polskim jako synonimu osteoporozy używa się terminów: rozrzedzenie lub zrzesztwienie kości.



się, że o wiele poważniejsze następstwa może pociągać za sobą działanie kompleksu wymienionych czynników szkodliwych lotu, niż działanie każdego z nich z osobna. Przyspieszenia — czynnik lotu o podstawowym znaczeniu i częstotliwości występowania, charakteryzują się dwoma podstawowymi parametrami, tzn. wielkością i czasem trwania. Tolerowanie przez człowieka przyspieszeń zależy oczywiście od obu tych parametrów oraz od kierunku ich działania. Stosunkowo najwyższe wartości przyspieszeń ustrój toleruje w osi poprzecznej (przyspieszenia poprzeczne), następnie w kierunku głowa—nogi i najmniejsze wartości w kierunku nogi—głowa. Mechaniczne obciążenie układu kostno-stawowo-mięśniowego spowodowane bezwładnością, szczególnie wzdłuż osi długiej oraz częste i gwałtowne bodźce wraz z reakcjami odruchowymi sprzyjają powstawaniu zmian zwyrodnieniowych kręgosłupa.

Wibracja jest kolejnym istotnym czynnikiem, mogącym wpłynąć na strukturę i czynność tkanki kostnej. Parametry wibracji, jej częstotliwość, amplituda i czas trwania różnią się zależnie od rodzaju wibrującego urządzenia. Tak np. w samolotach śmigłowcowych wibracja charakteryzuje się niewielką częstotliwością od kilkunastu do kilkudziesięciu Hz, przy stosunkowo dużych amplitudach, w samolotach odrzutowych natomiast charakterystyczna jest wysokoczęstotliwa wibracja kilku tysięcy herców, przy niskich amplitudach. W zależności od rodzaju i czasu trwania wibracji rozwijają się różne formy tzw. choroby wibracyjnej. W obrazie klinicznym choroby wibracyjnej dominują dolegliwości i zmiany chorobowe w obrębie ośrodkowego układu nerwowego oraz układu ruchu. Obserwuje się zmiany zwyrodnieniowe stawów, więzadeł oraz odzyny zwyrodnieniowo-rozrostowe tkanki kostnej i okostnej.

Piśmiennictwo u autora

adres: 00-112 Warszawa, ul. Bagno 3/129

## L'INFLUENCE DES FACTEURS EXOGÈNES SUR L'ACTIVITÉ DU TISSU OSSEUX

par GRAZYNA ŁYSON-WOJCIECHOWSKA

L'auteur décrit l'influence de certains facteurs exogènes, tels que:

- la valeur en calories et la qualité des nourritures,
- l'activité motrice et
- le degré de charge motrice subie par le système moteur, sur le métabolisme du tissu osseux.

L'article présente également les changements dégéné — ratifs dans le tissu osseux sous l'influence de facteurs nocifs liés au type de travail.