

powiększa się. To przeciwstawne zachowanie wskazuje, że poziom łożu nie jest wyrazem jakiegoś systemu regulującego, lecz ustala się w wyniku współdziałania szeregu czynników fizycznych, jak: skład, punkt topnienia, zawartość wody, temperatura otoczenia, wilgotność powietrza itp.

6. Zawartość cholesteryny w łożu, zarówno wolnej jak i związanej, jest bardzo niska.

T. BARANOWSKI

BIAŁKA MIĘŚNIA SZKIELETOWEGO

(Z Zakładu Chemii Fizjologicznej Akademii Medycznej we Wrocławiu)

Badania nad istotą skurczu mięśniowego weszły obecnie w nową fazę. Stało się jasnym, że zjawisko skurczu jest związane z wewnątrzcząsteczkowymi zmianami w włókienkach białkowych, które tworzą zasadniczą część elementów kurczliwych. Klasyczne prace fizjologów z A. V. Hillem na czele i biochemików z szkół Meyerhofa, Embdena, Parnasa i Corich wyjaśniły zmiany fizyczne i chemiczne odbywające się w mięśni pracującym i znalazły w „wiązaniu fosforowym wysokiej energii” formę energii chemicznej, która może przekształcać się bezpośrednio w pracę. Nie udało się natomiast wytłumaczyć w jaki sposób energia przemian chemicznych zamienia się w pracę, a to wskutek niedostatecznych wiadomości o mikrostrukturze mięśnia i własnościach białek w jego skład wchodzących. W rezultacie punkt ciężkości ataku na zagadnienie skurczu mięśniowego przeniósł się w pole białek mięśniowych. Badania wykonywane przy pomocy nowoczesnych metod fizykochemicznych, oraz nowe spostrzeżenia biochemiczne znacznie rozszerzyły wiadomości o białkach mięśniowych a przez to podstawę pod racjonalną teorię skurczu. Przedstawienie tych nowych spostrzeżeń jest celem tego referatu.

Badania elektronooptyczne dostarczyły dokładniejszych niż dotąd danych o mikrostrukturze włókienka mięśniowego. Główną zdobyczą tych badań jest stwierdzenie, że elementy kurczliwe włókienka mięśniowego, t.zw. niteczki (filamenta) posia-

dają na całej długości jednolitą strukturę. Różnica we własnościach optycznych odcinków A i I polega na obecności w odcinkach A ciał o ujemnym załamaniu, rozsianych między włókienkami. Jedno z tych ciał Straub wydzielił w formie krystalicznego białka. Zmiany w czasie skurczu odbywają się w niteczkach białka kurczliwego, mających średnicę około 150 Å i polegają na zmianach wewnątrzcząsteczkowych, wyrażających się w obrazie dyfrakcji rentgenowskiej zmianami odpowiadającymi większemu pofałdowaniu łańcuchów peptydowych. Nowych danych o strukturze niteczek wchodzących w skład włókienek białkowych dostarczyły badania biochemiczne, z których najważniejsze zawdzięczamy badaczom radzieckim (Engelhardt i Liubimowa), angielskim (szkoła Needhama) i węgierskim (Szent-Gyorgyi i współpracownicy).

Znamy następujące białka strukturalne mięśnia szkieletowego: miozyn, tropomiozyn, aktyn oraz mniej poznane białko stroma mięśniowego, które pozostaje po wymyciu miazgi mięsnej. Uwaga badaczy skupiła się głównie na miozynie, białku o charakterze globuliny, stanowiącym około 40% masy mięśnia, oraz nowoodkrytym białku strukturalnym, aktynie.

Miozyn z aktynem tworzy kompleks zwany aktomiozy-nem, który posiada szczególne własności. Najbardziej interesującą jest zmiana elastyczności i kurczenie się sztucznego włókienka aktomiozynowego w roztworze kwasu adenozynotrójfosforowego (ATF), po dodaniu śladów soli. Tworzenie się kompleksu tych dwóch białek strukturalnych prześledzono w ultracentryfudze i przy pomocy mikroskopu elektronowego. Roztwór aktomiozynu jest bardzo lepki w przeciwieństwie do roztworów części składowych. Własności krystalicznego miozynu oraz czystego aktynu zostały ponownie przebadane i białka te dokładnie scharakteryzowane.

Szczególnie ciekawe są własności aktynu. Białko to występuje w dwóch odmianach: jako globularny, mało lepki w roztworze G-aktyn oraz włókienkowy, bardzo lepki F-aktyn. Ten ostatni jest polimerem G-aktynu, powstającym po dodaniu jonów. Aktyn jest proteidem o masie około 70,000, zawierającym 2 reszty ATF oraz jeden atom wapnia w cząsteczce. Proces polimeryzacji jest związany z odszczepieniem jednej reszty

kwasu fosforowego z ATF a zatem z rozszczepieniem wiązania fosforowego wysokiej energii. Reakcja: G-aktyn — AFT \rightleftharpoons F-aktyn — ADF jest odwracalną (ADF = kwas odenozy-nodwufosforowy). Depolimeryzacja F-aktynu powoduje utworzenie się wiązania fosforowego wysokiej energii. Tworzenie się niteczek F-aktynu z G-aktynu, do którego dodano roztworu ATF oraz jony potasu udało się obserwować przy pomocy mikroskopu elektronowego. Sztuczna niteczka F-aktynowa składa się z elementów strukturalnych o średnicy około 100 Å i masie około 1,500,000, łączących się w procesie polimeryzacji końcami na wzdłuż. Te elementy strukturalne tworzą się przez regularne ułożenia się, jak gdyby w kolumnę dwudziestukilku cząsteczek G-aktynu. Sztuczna niteczka F-aktyny wykazuje rodzaj regularnego prążkowania, wynikającego z ułożenia elementów strukturalnych. Przez rozszczepienie naturalnego włókna mięsnego w homogenizatorze otrzymano niteczki, ładąco podobne wymiarami, obrazem elektronooptycznym i szczegó-

Poznanie własności aktynu a w szczególności stwierdzenie ATF w jego grupie prostetycznej pozwoliło zacieśnić krąg poszukiwań nad miejscem, w którym energia chemiczna przetwarza się na mechaniczną. Nową furtkę w badaniach otworzyły ostatnie spostrzeżenia Baranowskiego i Mochnackiej, którzy stwierdzili, że roztwory aktynu, w stosownych warunkach, syntetyzują glikogen z estru glukozo-I-fosforowego. Strukturalne białko kurczliwe sporządzone według Strauba posiada zatem czynność enzymatyczną fosforylasy, albo zawiera ten enzym jako domieszkę. O znalezieniu dwóch dalszych czynności enzymatycznych aktynu (między innymi ferazy fosfokreatynowej) donosi Straub (prywatne doniesienie).

Oprócz białek strukturalnych w komórce mięsnej znajdują się albuminy (około 20%) i globuliny (20% białek mięśnia). Białka te mają funkcje katalityczne. Niektóre z nich wydzielono w stanie krystalicznym i lepiej scharakteryzowano. Pierwszym otrzymanym w stanie krystalicznym białkiem mięśniowym był miogen króliczy (Baranowski). Przy bliższym badaniu okazał się białkiem niejednorodnym i został drogą krystalizacji rozfrakcjonowany na miogen A, B i C. Skolei miogen A okazał łami struktury do sztucznej niteczki F-aktynu.

się mieszaniną wielu krystalicznych białek. Z nich zidentyfikowano aldolazę oraz dwie jej pochodne, mające połowę i jedną trzecią aktywności enzymatycznej. Ponadto wydzielono z frakcji miogenu A krystaliczną dehydrogenazę L-fosfoglicerolu (Baranowski).

Poważną część albumin mięśniowych jest aldolazą. Z innych enzymów w stosunkowo znacznej ilości występuje fosforylaza, oraz dehydrogenaza fosforanu gliceraldehydu (białka skryształizowane przez Corich) królicza. W formie częściowo oczyszczonej otrzymano kilkadziesiąt dalszych enzymów. Z mięśnia ludzkiego wydzielono 3 krystaliczne, jeszcze nie zidentyfikowane białka oraz krystaliczną mioglobinę (Baranowski). Z tegoż mięśnia otrzymano także krystaliczny redukujący enzym fermentacji (Buecher). Prawdopodobnie wszystkie białka niestrukturalne mięśnia są obdarzone własnościami katalitycznymi, gdyż już kilka enzymów (aldolaza, fosforylaza, enzym utleniający) tworzy dużą część ($1/4$) białek soku mięśniowego.

Dotychczas stosowane metody chemiczne i fizyczne nie pozwalają na zupełne rozdzielenie tak złożonej mieszaniny białek jakim jest wyciąg mięśniowy. Nawet użycie elektroforezy i ultracentryfugi niezawsze pozwala na wykazanie jednorodności preparatu. Zdaniem autora referatu istnieją duże możliwości rozdziału białek metodą frakcjonowanej krystalizacji.

Na zakończenie podkreślono znaczenie występowania w białkach strukturalnych własności katalitycznych. Wykryty przez Engelhardta fakt enzymatycznej funkcji miozynu (ATF-aza) był punktem wyjścia dalszych badań, które doprowadziły do znalezienia w tym białku dalszych czynności katalitycznych. Stwierdzenie w roztworach aktywności wielorakich funkcji enzymatycznych może rzucić nowe światło na zagadnienie powiązania procesów chemicznych i energetycznych z mikrostrukturą mięśnia i zmianami wewnętrznej budowy cząsteczek białek kurczliwych.