

KOLAGEN –

fakty i oczekiwania

Z TEGO ARTYKUŁU DOWIESZ SIĘ:

- ✓ O tym że, prawie 30 typów kolagenu, białka strukturalnego wchodzącego w skład tzw. substancji pozakomórkowej organizmów zwierzęcych, występuje w obszarach ciała narażonych na oddziaływanie ogromnych sił lub przeciążeń.
- ✓ O tym że, stabilność kolagenu wymaga dostępności witaminy C (kwasu L-askorbinowego) w organizmie, o czym wiadomo od 1747 r.
- ✓ O tym że, w warunkach prawidłowej podaży kolagenu z dietą jego

**prof. dr hab. Maciej Pawlak**

profesor nauk o kulturze fizycznej, doktor habilitowany nauk medycznych oraz doktor nauk rolniczych. To szerokie spektrum zainteresowań, definiowane przede wszystkim przez obszary, takie jak biochemia i fizjologia człowieka, sprzyja niekonwencjonalnemu niekiedy spojrzeniu na organizm człowieka. Poza licznymi pracami naukowymi jest autorem innych, wydanych niedawno książek, m.in. *Biologiczne uwarunkowania bólu oraz jeść albo nie jeść*

**dr Tomasz Podgórski**

zakład Biochemii, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Z wykształcenia analityk medyczny. Zainteresowania badawcze koncentruje na problematyce biochemii wysiłku fizycznego, a szczególnie usprawnianiu diagnostyki laboratoryjnej zawodników w celu poprawy wydolności i osiągania optymalnych wyników sportowych

Kolagen jest białkiem strukturalnym, spotykanym wyłącznie u wielokomórkowych organizmów zwierzęcych, a zatem także u ludzi, wytwarzanym przez fibroblasty obecne w tkance łącznej. Wpływa na szereg ważnych funkcji, m. in. warunkuje prawidłową budowę tkanki chrzęstnej w stawach, wzmacnia naczynia krwionośne, zapewnia elastyczność skóry bądź pomaga kościom wytrzymać większe obciążenia. Dostępne na rynku suplementy kolagenowe mają – według zapewnień producentów – poprawić strukturę i funkcjonowanie stawów, a także jakość skóry. Czy tak jest w rzeczywistości?

Można powiedzieć, że kolagen ma dobrą prasę. Wpisując to hasło do bazy medycznej PubMed, stwierdza się stały wzrost liczby publikacji z tego obszaru, od ok. 1000 rocznie w latach 70. ubiegłego wieku do prawie 9000 rocznie w ostatnich latach. Odpowiednio liczba prac naukowych dotyczących suplementacji kolagenem ustabilizowała się w ostatnich latach i wynosi ok. 100 rocznie.

Biochemicy wyróżniają aż 29 typów kolagenu [1], przy czym każdy z nich, kodowany przez inne geny, dominuje w odpowiednich tkankach lub strukturach organizmu. Kolagen zaliczany jest do tzw. substancji lub macierzy (matrix) pozakomórkowej i tworzy tkankę łączną, która pełni wiele różnorodnych funkcji. Występuje m.in. w kościach, zębach, chrząstce, więzadłach, powięziach, skórze i innych obszarach ciała narażonych na oddziaływanie ogromnych sił lub przeciążeń, stanowiąc ok. 30% (od 25 do 35%) białka organizmu. Jako białko podlega tym samym regułom biologicznym, jak inne proteiny, a zatem składa się z aminokwasów, powstaje w procesie biosyntezy i bazuje na zapisie budowy zdeponowanym w DNA. Nie dziwi zatem, że znany jest szereg mutacji genetycznych prowadzących do wytworzenia nieprawidłowego białka i typowych schorzeń, chociażby wrodzonej łamliwości kości lub wielu typów zespołu Ehlersa-Danlosa.

Wszystkie typy kolagenu wykazują charakterystyczną strukturę potrójnej helisy. Potrójnej, bowiem trzy łańcuchy polipeptydowe, tzw. łańcuchy alfa, każdy skręcony w lewo-skrętną helisę budują prawoskrętną superhelisę, której struktura nadaje cząsteczce kolagenu zarówno sprężystość, giętkość jak i bardzo ograniczoną rozciągliwość, a ponadto zapobiega działaniu nieswoistych enzymów proteolitycznych. Taka cząsteczka przypomina trójżyłową linę, tyle że o średnicy ok. 1,5 nm i długości 0,3 µm, stanowiąc zarazem

podstawową jednostkę strukturalną, zwaną tropokolagenem. Z reguły włókna kolagenowe tworzą wiązania poprzeczne wewnątrz oraz pomiędzy sąsiednimi strukturami trójhelikalnymi. Warto dodać, że wewnątrzkomórkowa forma kolagenu nosi nazwę prokolagenu i wyposażona jest na końcach w specjalne zabezpieczenia (mostki dwusiarczkowe), uniemożliwiające wbudowanie tego białka do włókna kolagenowego wewnątrz komórki. Kolagen potrzebny jest poza komórką i dlatego też przemiana prokolagenu zachodzi w przestrzeni pozakomórkowej.

Kolagen jest też przykładem modyfikacji białka poprzez przyłączenie grup innych od tych, które spotykane są w aminokwasach. W tym przypadku wbudowana w cząsteczkę prolina musi w wielu miejscach zostać enzymatycznie hydrolizowana do hydroksyproliny, innymi słowy przyłącza grupy hydroksylowe, stabilizując włókna nowo zsyntetyzowanego kolagenu. W przeciwnym razie wszystkie struktury zbudowane z kolagenu pozbawione zostaną wymaganej stabilności. Do tej reakcji wymagana jest witamina C (kwas L-askorbinowy), stąd jej brak skutkuje skorbutem. Związek pomiędzy jakością kolagenu a witaminą C opisano dopiero w 1747 r. Od tego czasu marynarze Brytyjskiej Marynarki Królewskiej otrzymywali porcję limonek podczas długich rejsów.

Kolagen ma ciekawe właściwości fizyczne. Jest białkiem trudno rozpuszczalnym, charakteryzuje się jednak niską temperaturą denaturacji termicznej, już od 39–40°C dla niektórych jego typów. Podczas takiego procesu następuje rozpad tropokolagenu na wspomniane wcześniej trzy podjednostki. Najbardziej znanym produktem jest właśnie żelatyna pozyskiwana najczęściej z kolagenu zawartego w skórze, chrząstkach i kościach zwierząt domowych. Jej zastosowanie obejmuje również wytwarzanie kapsulek dla środków farmakologicznych, środków zagęszczających lub zwiększających lepkość, a wcześniej również dla błon fotograficznych.

Niejednokrotnie efekt stosowania preparatów kolagenowych jest przeceniany, szczególnie w odniesieniu do preparatów kosmetycznych, suplementacji diety lub odżywek dla sportowców. Właściwości chemiczne kolagenu wskazują na jego ograniczenia już przy próbach bezpośredniego stosowania. W pierwszym przypadku duże cząsteczki nie przejdą przez skórę, w drugim – zostaną rozłożone w przewodzie pokarmowym.

Tabela 1. Zawartość kolagenu w pokarmach zwierzęcych [4]

Produkt żywnościowy	Zawartość kolagenu w pokarmie (mg/g)
pieczony węgorz	55,3
ścięgno wołowe	49,8
chrząstny mostek drobiowy	40,0
flaki wieprzowe	30,8
żółtąki drobiowe	23,2
udka drobiowe	19,9
skrzydełka drobiowe	15,5
kałamarnica	13,8
wieprzowina	11,9
krabki	11,5
szynka	11,2
małże	11,0
makrela	10,4
wątróbka drobiowa	8,6
łosoś	8,2
wołowina	7,5
tuńczyk	5,7

Należy też wziąć pod uwagę, że kolagen nie jest białkiem pełnowartościowym, czyli takim, który zawiera wszystkie niezbędne aminokwasy budujące ludzki organizm. Jest on szczególnie ubogi w tryptofan, cysteinę, tyrozynę i histydynę. Niemniej suplementacja preparatami kolagenu ma na celu dostarczenie aminokwasów niezbędnych do regeneracji tkanki chrząstnej w stawach lub samego kolagenu w skórze.

Kolagen występujący w preparatach dostępnych na rynku wytwarzany jest z żelatyny zwierzęcej. Ta z kolei pozyskiwana w drodze częściowej hydrolizy enzymatycznej (czyli wstępnego procesu trawienia) kolagenu zawartego w skórze, chrząstkach i kościach zwierzęcych. Żelatyna przetworzona do niskocząsteczkowych molekuł jest w przewodzie pokarmowym znacznie łatwiej rozkładana przez stosowne enzymy, a dalej, w postaci wolnych aminokwasów, wchłaniana przez kosmki jelitowe do krwiobiegu. Przeprowadzone w 2005 r. badania [2] wykazały, że po spożyciu hydrolizatu żelatyny koncentracja hydroksyproliny w osoczu krwi zwiększyła się po 1–2 godzin do 20–60 mmol/mL, a następnie, po ok. czterech godzinach obniżyła się do połowy tych wartości. W procesie trawienia niewielka część kolagenu spożytego z pokarmami przedostaje się do krwiobiegu w postaci krótkołańcuchowych oligopeptydów. Substancje te są odporne na występujące we krwi proteazy, przez co

w niezmienionej postaci są transportowane do tkanek. Zdaniem niektórych autorów [3] możliwa jest tam reakcja układu immunologicznego prowadząca do migracji fibroblastów do skóry i nasilenie syntezy kolagenu oraz kwasu hialuronowego. Wbrew zapewnieniom płynącym z reklam elementy rozpadu kolagenu nie są transportowane wyłącznie do tkanki chrząstnej w stawach. Wykorzystywane są one do syntezy wszystkich białek organizmu. Faktem jest, że specyficzny skład aminokwasowy w większym stopniu uzupełni ewentualny deficyt przy resyntezie kolagenu w chrząstce stawów w porównaniu z innym rodzajem białek dostarczanych z dietą. Chcąc w naturalny sposób dostarczyć kolagen do organizmu, należy zatem równolegle spożywać pokarmy bogate w to białko (tabela 1).

Dla człowieka znaczenie mają – w aspekcie dietetycznym – przede wszystkim trzy typy kolagenu. Typ pierwszy (I) obecny jest przede wszystkim w skórze, naczyniach krwionośnych, kościach i więzadłach, drugi (II) w chrząstce stawów, natomiast trzeci (III) w chrząstce, kościach, tkance łącznej i więzadłach. Wszystkie dostępne są na rynku suplementów, przy czym najczęściej spotykane preparaty pozyskane są ze ścięgien, chrząstek lub skór zwierzęcych. Stosując kryterium pochodzenia, można wyróżnić kolagen:

- wieprzowy – zawierający przede wszystkim kolagen typu I i III, wpływający na strukturę skóry [5],
- wołowy – najczęściej dostępny w postaci kolagenu typu I, ale spotykany również typ II i III [6],
- drobiowy – pozyskiwany głównie z chrząstek, jest szczególnie bogaty w kolagen typu II, oddziałujący na regenerację stawów [7],
- rybi – występujący najczęściej w postaci kolagenu typu I, wpływający na strukturę skóry i kości [8].

Wyniki prowadzonych badań nie są w pełni jednoznaczne. Suplementacja preparatami kolagenu wykazała korzystne działanie w przypadku metabolizmu kości [9] i stawów [10] lub zmniejszenia bólu stawowego [11]. Wykazano, że w warunkach prawidłowej podaży kolagenu z dietą suplementacja tej substancji ma niewielki wpływ lub wręcz nie oddziałuje pozytywnie na stan zdrowia. Dlatego też skuteczna dawka substancji odżywczej w badaniach klinicznych może się zmieniać w zależności od nawyków żywieniowych, a także od podłoża genetycznego i stylu życia. Analiza diety Japończyków wykazała, że średnia dobowo podaż kolagenu wynosi tam 1,9 g [4].

Przeprowadzone badania kliniczne, podczas których sprawdzano skutki przyjmowania 5 g suplementu kolagenowego dziennie, wykazały poprawę właściwości skóry twarzy [12]. Dowiedziano również, że stan zdrowia osób ze zdiagnozowanym przewlekłym zmęczeniem uległ poprawie, po wprowadzeniu do dawki dziennej 10 g preparatu kolagenowego przez osiem tygodni [13].

Podsumowanie

Należy zwrócić uwagę na odpowiednią podaż kolagenu z codziennymi pokarmami. Dotychczasowe badania nie wykazują żadnych dodatkowych korzyści w przypadku zbilansowanej diety. Polska kuchnia znana jest z potraw o dużej zawartości kolagenu. Wspomnieć tu trzeba m.in. o gołonkach, galarecie (zimne nóżki) lub galaretkach i żelkach wytwarzanych na bazie żelatyny. Pamiętać należy, że wchłanianie oraz synteza kolagenu w organizmie powiązana jest z odpowiednią podażą witaminy C. Mięsa powinny być podawane z dużą ilością natki pietruszki lub soku z cytryny, a galaretki z owocami. Ma to szczególne znaczenie u palaczy lub osób chorych, które są wyjątkowo narażone na deficyt tej witaminy. ■

Bibliografia:

1. Söderhäll C., Marenholz I., Kersch T. i wsp. Variants in a novel epidermal collagen gene (COL29A1) are associated with atopic dermatitis. *PLoS Biol.* 2007 Sep; 5(9): e242.
2. Iwai K., Hasegawa T., Taguchi Y. i wsp. Identification of food-derived collagen peptides in human blood after oral ingestion of gelatin hydrolysates. *J Agric Food Chem.* 2005; 53(16): 6531–6536.
3. Shigemura Y., Iwai K., Morimatsu F. i wsp. Effect of Prolyl-hydroxyproline (Pro-Hyp), a food-derived collagen peptide in human blood, on growth of fibroblasts from mouse skin. *J Agric Food Chem.* 2009; 57(2): 444–449.
4. Noguchi C., Kobayashi M., Koyama Y. Amount of collagen ingested by Japanese adult women from their diet. *Jpn J Nutr Diet.* 2012; 70: 120–128.
5. Willershausen I., Barbeck M., Boehm N. i wsp. Non-cross-linked collagen type I/III materials enhance cell proliferation: in vitro and in vivo evidence. *J Appl Oral Sci.* 2014; 22(1): 29–37.
6. Balleisen L., Gay S., Marx R., Kühn K. Comparative investigation on the influence of human and bovine collagen types I, II and III on the aggregation of human platelets. *Klin Wochenschr.* 1975; 53(19): 903–905.
7. Bagchi D., Misner B., Bagchi M. i wsp. Effects of orally administered undenatured type II collagen against arthritic inflammatory diseases: a mechanistic exploration. *Int J Clin Pharmacol Res.* 2002; 22(3–4): 101–110.
8. Yamada S., Nagaoka H., Terajima M. i wsp. Effects of fish collagen peptides on collagen post-translational modifications and mineralization in an osteoblastic cell culture system. *Dent Mater J.* 2013; 32(1): 88–95.
9. Moskowitz R.W. Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease. *Semin Arthritis Rheum.* 2000; 30(2): 87–99.
10. Clark K.L., Sebastianelli W., Flachsenhar K.R. i wsp. 24-Week study on the use of collagen hydrolysate as a dietary supplement in athletes with activity-related joint pain. *Curr Med Res Opin.* 2008; 24(5): 1485–1496.
11. Zdzienicka D., Oesser S., Gollhofer A., König D. Improvement of activity-related knee joint discomfort following supplementation of specific collagen peptides. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2017; 42(6): 586–595.
12. Asserin J., Lati E., Shioya T., Prawitt J. The effect of oral collagen peptide supplementation on skin moisture and the dermal collagen network: evidence from an ex vivo model and randomized, placebo-controlled clinical trials. *J Cosmet Dermatol.* 2015; 14(4): 291–301.
13. Koyama Y., Kuwaba K., Kusubata M. i wsp. Supplemental ingestion of collagen peptide improves T-cell-related human immune status. *Jpn Pharmacol Ther.* 2015; 43: 51–56.