

Komitet Mechaniki Polskiej Akademii Nauk

Politechnika Rzeszowska
im. Ignacego Łukasiewicza

Instytut Podstawowych Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk

III KRAJOWA KONFERENCJA

NANO- i MIKROMECHANIKI



ORGANIZATORZY:



KKNM 2012

ISBN 978-83-89687-739

IPPT PAN, WARSZAWA 2012

Komitet Mechaniki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Podstawowych Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk
Politechnika Rzeszowska
im. Ignacego Łukasiewicza

III National Conference of Nano and Micromechanics

Under the auspices of the Ministry of Science and Higher Education
Prof. Barbara Kudrycka

III Krajowa Konferencja Nano i Mikromechaniki

Pod patronatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego
Prof. Barbary Kudryckiej

4–6 July 2012

IPPT PAN, Warszawa

R. WOJNAR

BUDOWA KOLAGENU: GEOMETRIA I FIZYKA
COLLAGEN STRUCTURE: GEOMETRY AND PHYSICS

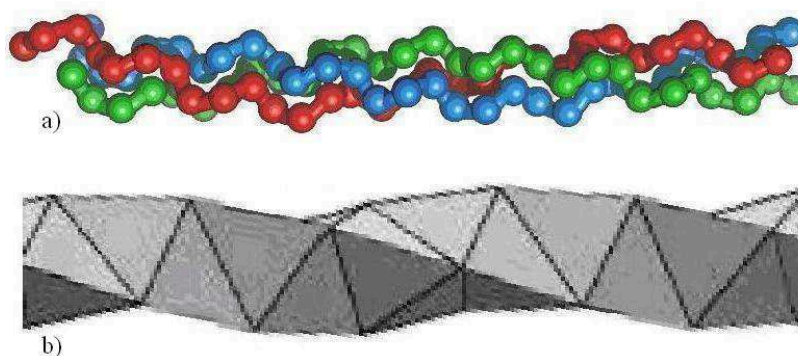
IPPT PAN/ZTOC, Pawińskiego 5b, 02-106 Warszawa, Poland

e-mail: rwojnar@ippt.gov.pl

słowa kluczowe: biocząstka, helisa potrójna, upakowanie, białko, kompleks DNA+RNA, konformacja, dysklinacja, piezoelektryczność

WSTĘP

Wiele ważnych składników komórek i tkanek ma postać cienkich (grubości rzędu 2 nm), bardzo wydłużonych cząstek. Są to białka takie jak kolagen, miozyna, proteina aksonu nerwowego, kwasy nukleinowe, cukry złożone (celuloza, kwas hialuronowy). Wiele z tych substancji jest polimerami, które polimeryzują wielokrotnie tworząc struktury włókniste wyższych rzędów. Tkanka łączna u zwierząt jest ściśle upakowaną wiązką białek, a jej głównym składnikiem jest kolagen. Schmitt *et al.* (w r. 1953) podali, że tropokolagen, makrocząsteczka kolagenu ma wymiary $ca\ 1,4 \times 280\ nm$.



Rys. 1 Potrójna helisa kolagenu (a) i helisa B-C (b)

KOLAGEN

Helisa kolagenu (gr. ἑλιξ – skręt) jest ważnym przykładem struktury drugiego rzędu. Jest to helisa potrójna (superhelisa), zbudowana wg powtarzalnego następstwa aminokwasów: glicyna – X –Y; przy tym X i Y oznaczają najczęściej prolinę lub hydroksyprolinę. Skok helisy wynosi 0,29 nm. Każdy z trzech łańcuchów potrójnej helisy jest stabilizowany dzięki pierścieniom pirolidynowym.

Po tym, jak Linus Pauling ze współpracownikami podali model helisy α wykryto sposoby upakowania tych helis, tzn. reguły powstawania wtórnych struktur łańcuchów polipeptydowych [1]. Wyjaśniono, że układy białek wyższego rzędu tworzą się skutkiem oddziaływania przypadkowego sił przyciągających i przestrzennego odpychania grup białek. Zagadnienie budowy helis biologicznych wiąże się ściśle z zagadnieniem gęstego upakowania i zrozumieniem wtórnej i trzeciorzędowej budowy białek, a także ich klasyfikacji konformacji cząsteczkowych.

Ważną figurą geometryczną dla wyjaśnienia budowy helis biologicznych jest helisa Boerdijka-Coxetera (helisa B-C), powstała przez złożenie czworościanów foremnych w jednym kierunku. Tak powstały łańcuch nie jest okresowy, ponieważ skok potrójnej helisy nie jest współmierny z odległością między środkami sąsiednich czworościanów, rys. 1. Czworoscian można uważać za jednostkę elementarną gęsto upakowanych kul. Upakowanie helisy można rozważać na siatce sześciokątnej nawiniętej na powierzchni walca, podobnej do rozważanej w botanicznych zagadnieniach ulistnienia.

PIEZOELEKTRYCZNOŚĆ KOLAGENU

Struktury biologiczne mają kształt helis. Helisy nie mają środka symetrii i dlatego mogą mieć własności piezoelektryczne. Dwie typowe makrocząsteczki biologiczne, celuloza (u roślin) i kolagen (u zwierząt) są piezoelektrykami.

TEZY REFERATU

1. Powstanie dyslokacji prowadzi do zmiany budowy łańcucha kolagenu. Wskutek ruchu dyslokacji zachodzą zmiany konformacji helisy kolagenu w czasie.
2. Piezoelektryczność kolagenu ułatwia krystalizację hydroksylapatytu w tkance kostnej..

LITERATURA

- [1] Chothia, C., M. Levitt and D. Richardson. Structure of proteins: packing of α -helices and pleated sheets. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1977, vol. 74 (10) 4130-4134.
- [2] Rivier, N., & J. F. Sadoc, The transverse structure of collagen. *Philosophical Magazine*, 2006, vol. 86 (06-08), 1075-1083.
- [3] Monastyrsky, M. I. (ed.), *Topology in molecular biology DNA and proteins*, Springer, Berlin 2007.
- [4] Pasteris, J.D., B. Wopenka, E. Valsami-Jones, Bone and tooth mineralization: Why apatite? *Elements*, 2008, vol. 4 (2) 97-104.
- [5] R. Wojnar, Piezoelectric phenomena in biological tissues, in: *Piezoelectric nanomaterials for biomedical applications*, pp. 173-185, ed. G. Ciofani and A. Menciassi, Springer 2012.