

5. Fibrilární bílkoviny

Fibrilární bílkoviny se vyznačují vláknitou strukturou, jejich funkce je vesměs strukturální. Tvoří součásti opěrného systému organismů, cytoskeletu apod.

Jejich pravidelná struktura umožnila užití rentgenostrukturní analýzy, krystalografie, a tak byly určeny charakteristické rysy výstavby molekul těchto bílkovin, mezi než patří periodické opakování typických skupin ve struktuře – mluvíme o **periodách identity** vyjádřených ve vzdálenosti sousedních pravidelných skupin. Podle hodnot period identity (a též dalších vlastností) se skleroproteiny rozdělují na 3 skupiny:

Skupina fibroinu z hedvábí a β -keratinu s periodou identity 0,65 – 0,70 nm

Skupina α -keratinu, myosinu a fibrinogenu s periodou identity 0,51 – 0,54 nm

Skupina kolagenu s periodou identity 0,28 – 0,29 nm

Skupina fibroinu z hedvábí a β -keratinu

Tyto bílkoviny mají strukturu skládaného listu. Jsou podstatou hedvábných a pavoučích vláken (fibroin), stejnou strukturu má i natažený lidský vlas (β -keratin), který dává rovněž charakteristický RTG diagram. Pro fibroin jsou to antiparalelní, u β -keratinu paralelní struktura.

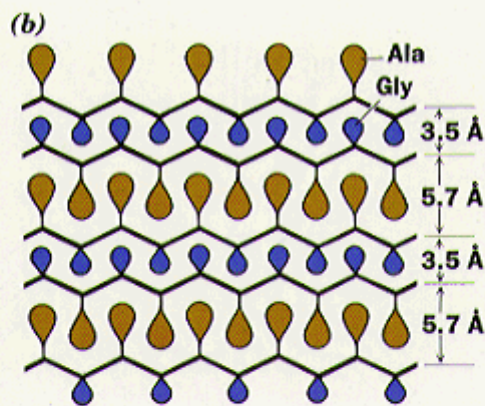
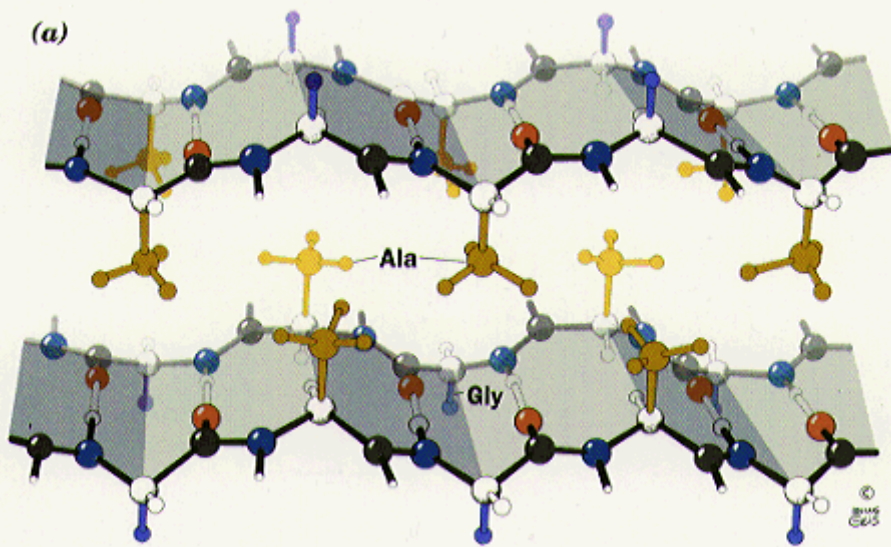
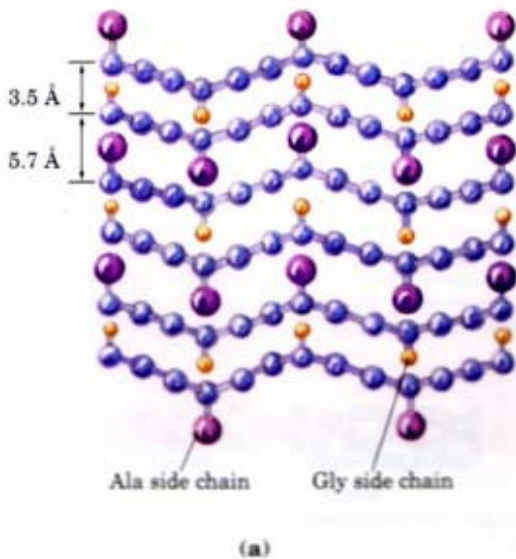


Figure 7-29. Silk fibroin.

Struktura fibroinu z hedvábí

figure 6-14

Structure of silk. The fibers used to make silk cloth or a spider web are made up of the protein fibroin. **(a)** Fibroin consists of layers of antiparallel β sheets rich in Ala (purple) and Gly (yellow) residues. The small side chains interdigitate and allow close packing of each layered sheet, as shown in this side view. **(b)** Strands of fibroin (blue) emerge from the spinnerets of a spider in this colorized electron micrograph.

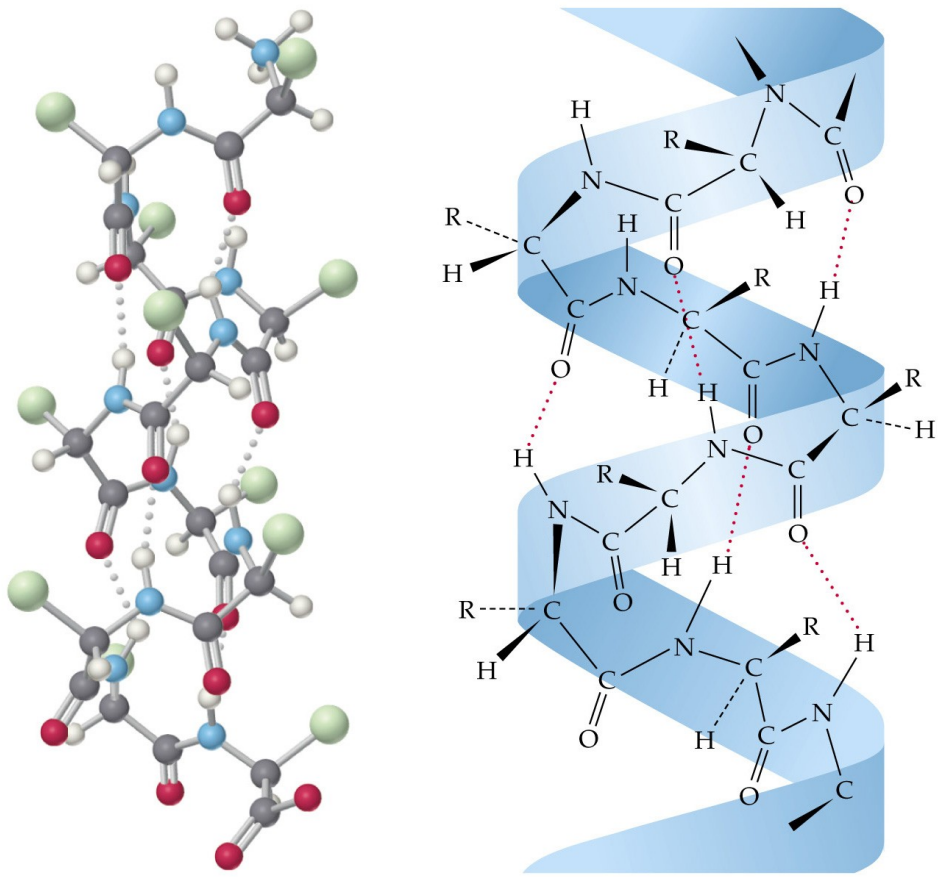


SOURCE: Nelson, D.L. and Cox, M.M. 2003. Lehninger Principles of Biochemistry, 3rd ed. Worth Publishers, New York, NY. p. 174

Struktura fibroinu – a) antiparalelní b-skládaný list s vysokým obsahem Gly a Ala umožňuje těsné nahloučení listů; b) fibroinová vlákna tvořící pavučinu.

Skupina α -keratinu

Tento typ fibrilárních bílkovin nacházíme v lidských vlasech (též kůži a nehtech), ovčí vlně, žíních apod. Základem struktury je pravotočivá α -šroubovice, která se postupně stáčí do superšroubovic o 2-3 podjednotkách. Ty se pak opět skládají do protofibril tvořených 9+2 superšroubovicemi. Struktura je stabilisována meziřetězcovými v. d. Waalsovými silami a disulfidovými můstky.

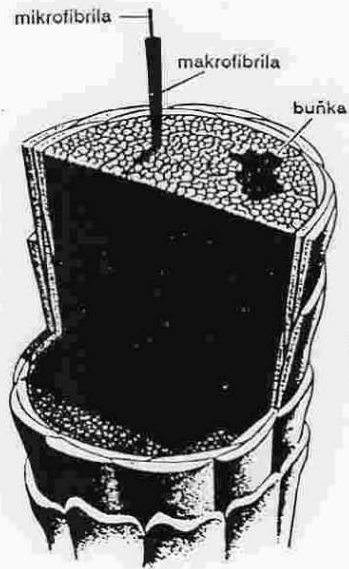


Struktura α -fibroinu, základní jednotka pravotočivé α -šroubovice

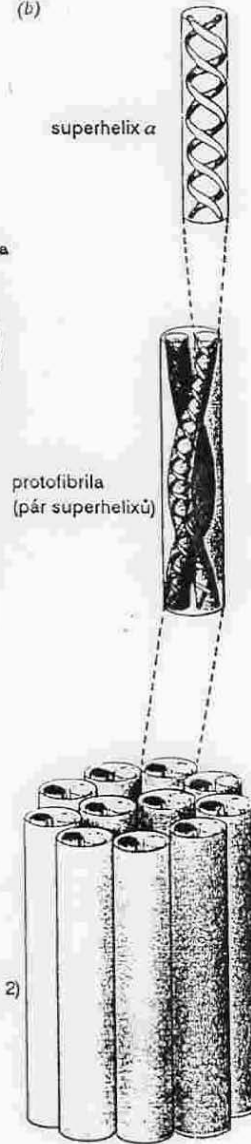
Vlasy se ve vlhkém stavu dají natáhnout až dvojnásobně, přitom přechází struktura šroubovice na skládaný list. Jev je využíván ve vlasových vlhkoměrech (a kadeřnictví).

Struktura α -keratinu – lidský vlas

(a)

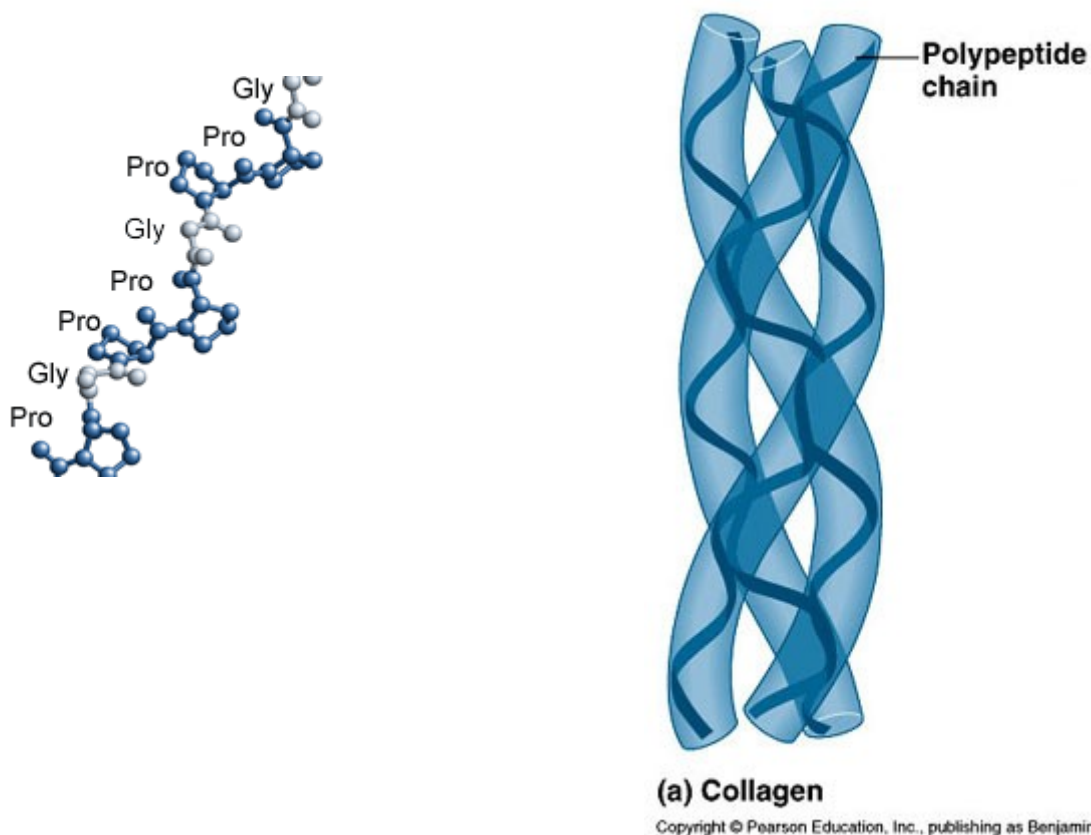


(b)

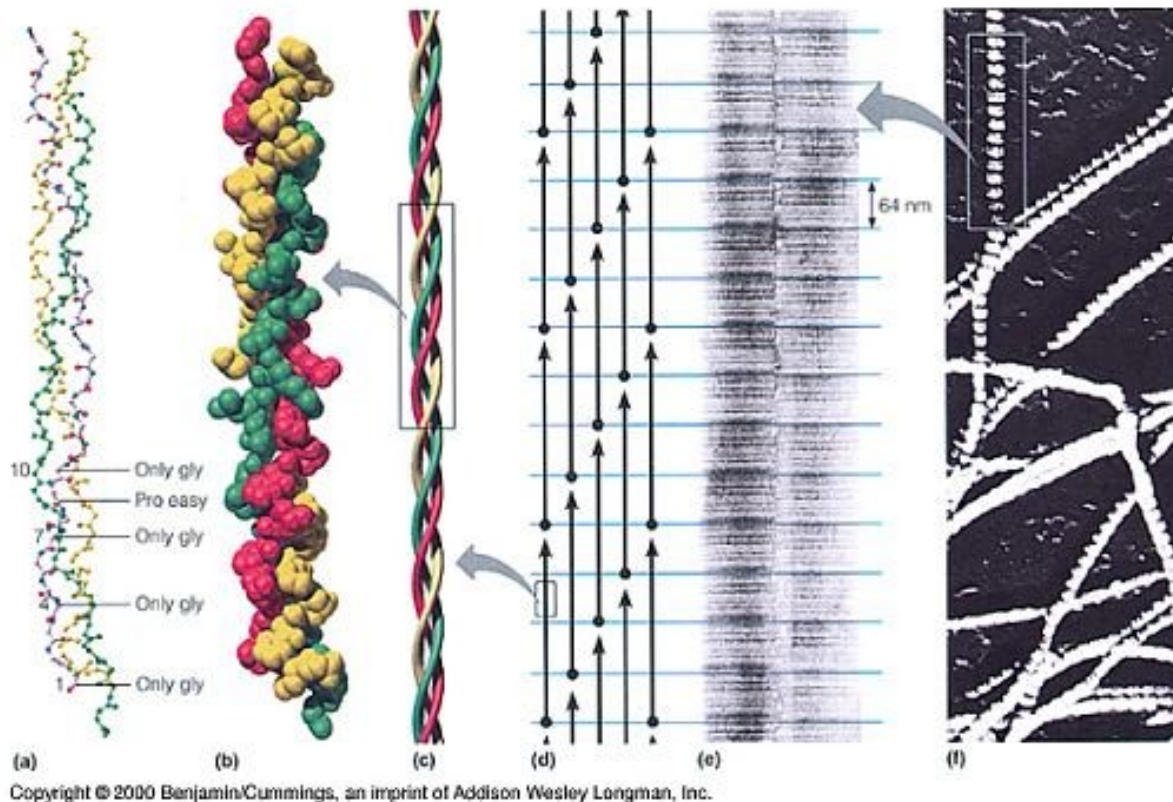


Skupina kolagenu

Tyto skleroproteiny jsou základní součástí pojivových tkání, vaziva, kostí a kůže a z kvantitativního hlediska jsou nejvíce zastoupenými bílkovinami v lidském organismu. Základní stavební jednotkou je levotočivá šroubovice - **prokolagen**, u níž zbytky R jednotlivých aminokyselin směřují dovnitř řetězce. Z tohoto důvodu je tvořena z 2/3 glycinem a prolinem, jejichž málo objemné zbytky lze směstnat do takové struktury.



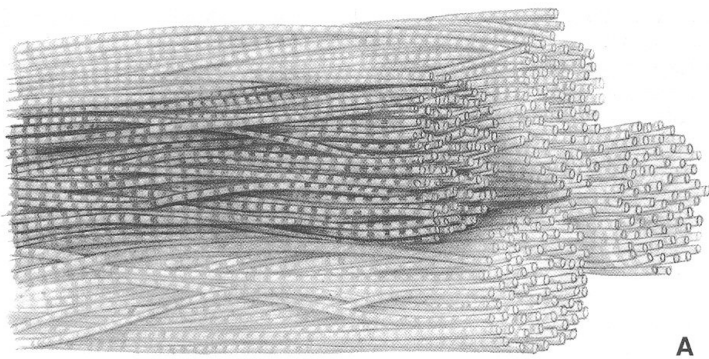
Struktura kolagenu, vlevo základní levotočivá šroubovice, vpravo trimer zvaný tropokolagen



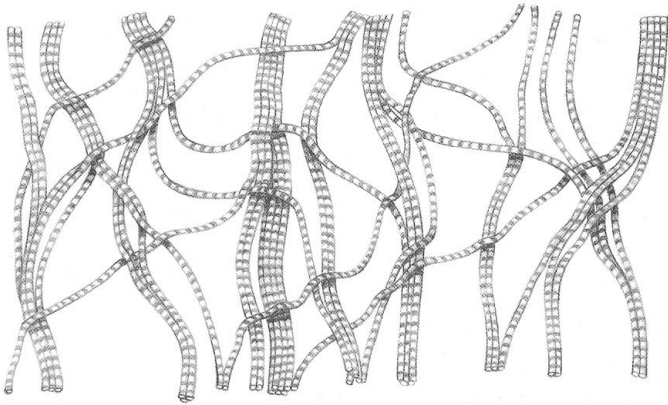
Struktura kolagenu, a – c tropokolagen, d – vlákno - mikrofibrila, e – příčně pruhovaná struktura, f – obraz kolagenových vláken pojiva

Tři levotočivé šroubovice jsou stočeny vzájemně pravotočivě do trimeru zvaného **tropokolagen** ($M_r = 360\,000$, délka 300 nm). Jeho vlákna jsou pak stáčena po způsobu lana tak, že jednotlivá vlákna tropokolagenu přesahují o $\frac{1}{4}$ sousední. Překryvy vláken tropokolagenu a nahloučení kyselých a basických zbytků jsou příčinou pruhování struktury viditelného v elektronovém mikroskopu. Vzniká tak mechanicky velmi odolná mikrofibrila, jejíž struktura je dále stabilisována příčnými vazbami lysinu a jeho derivátů (žádné disulfidové můstky). Jejich počet s věkem vzrůstá a struktura se stává tužší a méně pružnou. Ještě lepších mechanických vlastností struktury se dosahuje kombinací vláken kolagenu a polysacharidu (viz dále).

Charakteristickým znakem struktury kolagenu je modifikace Pro a Lys zbytků, tvorba hydroxyprolinu, hydroxylysinu a allysinu, poslední umožňuje síťování reakcí s Lys, rovněž tak reakce Lys a Glu (charakteristickými reakcemi jsou tvorba amidu, Schiffova, Mannichova, Canizzarova reakce a další).



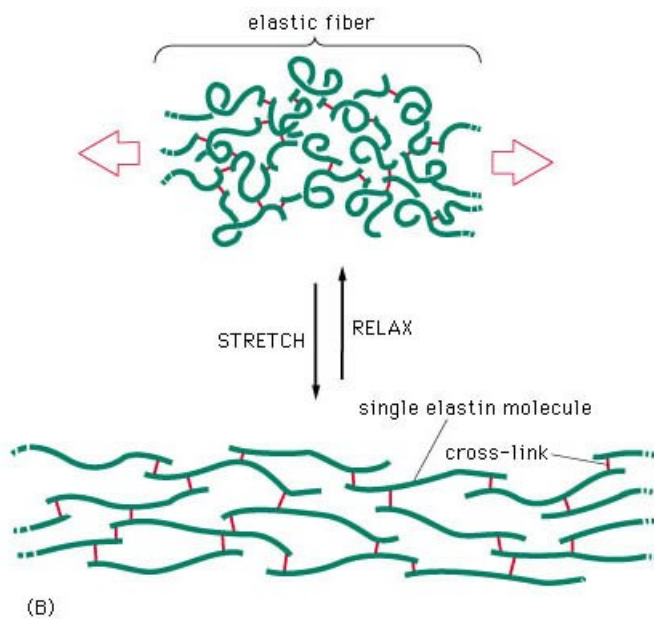
A



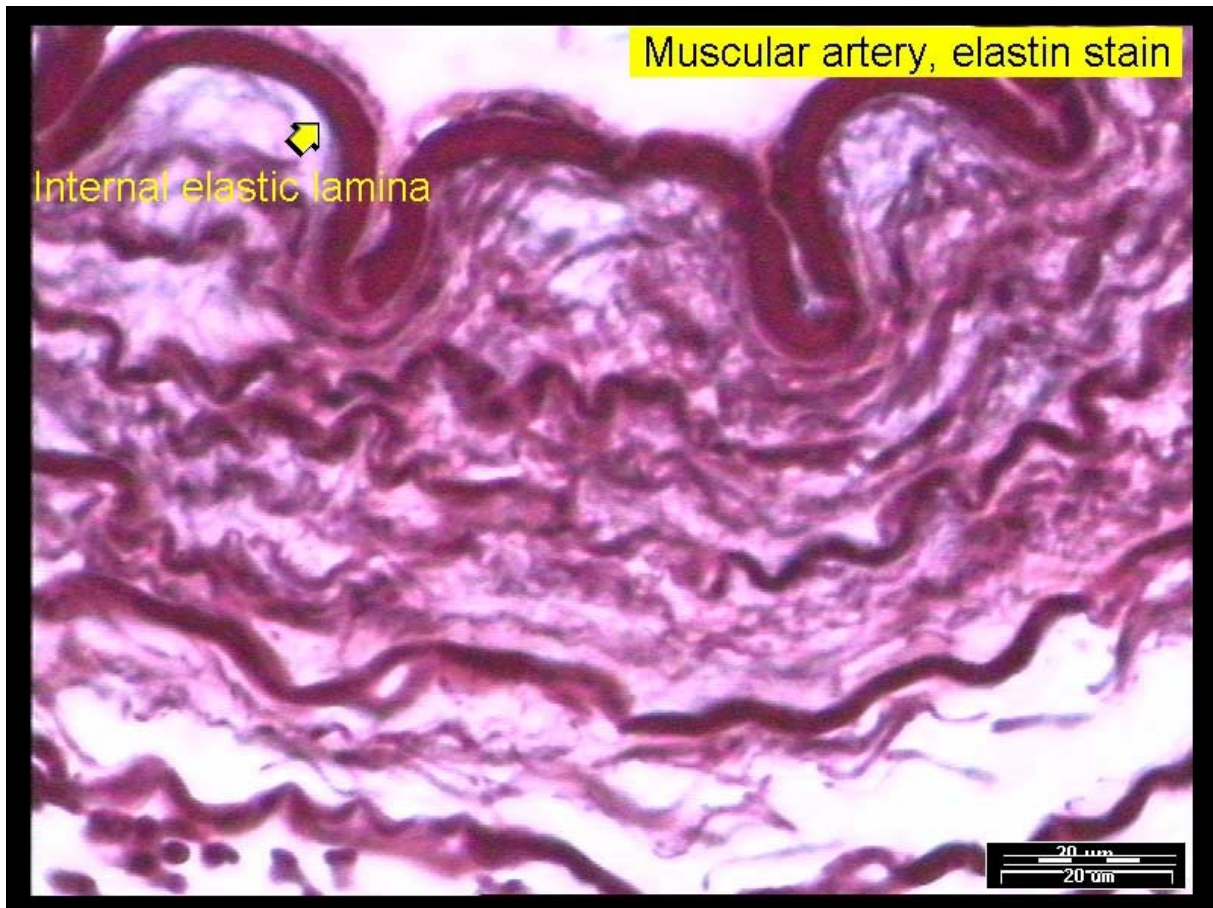
B

Elastin

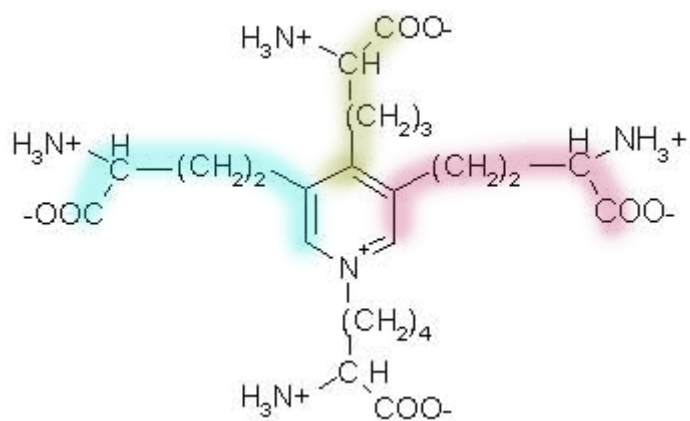
Zvlášť výrazným síťováním vyniká strukturální bílkovina elastin, jejíž šroubovicová struktura je méně uspořádána než u kolagenu, volné zohýbané úseky jsou spojeny příčnými vazbami tak, že výsledné mechanické vlastnosti připomínají pryž. Struktura je pružná – viz obr. níže, stárnutím se tvoří více příčných vazeb a pružnost se zmenšuje. Tvoří podstatnou část materiálu kůže, cév, plicních sklípků apod. tkání. Hydrolýzou peptidových vazeb získáváme směs aminokyselin, obsahující neobvyklé deriváty vzniklé síťovacími reakcemi, např. **desmosin**.



Schema struktury pojivové tkáně obsahující elastin



Mikrofotografie elastinu ve svalové tepně



Struktura desmosinu. Je to výsledek příčného síťování vláken elastinu za účasti 4 lisylových zbytků.

Strukturní bílkoviny cytoskeletu



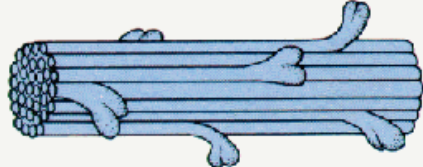
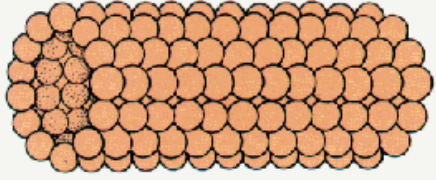
| | <u>CYTOSKELETAL FILAMENTS</u> | <u>DIAMETER, nm</u> | <u>PROTEIN SUBUNIT</u> |
|--|-------------------------------|---------------------|------------------------|
|  | Microfilaments | 7 | Actin |
|  | Intermediate filaments | 10 | Several proteins |
|  | Muscle thick filaments | 15 | Myosin |
|  | Microtubules | 25 | Tubulin |

FIGURE 3-15 Cytoskeletal filaments associated with cell shape and motility.