

## 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  $\beta$ -keratinu s periodou identity 0,65 – 0,70 nm

Skupina  $\alpha$ -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 $\beta$ -keratinu

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

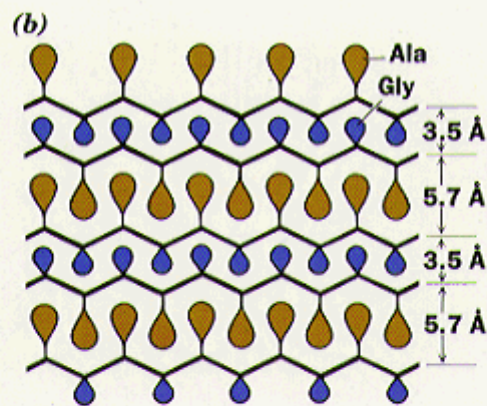
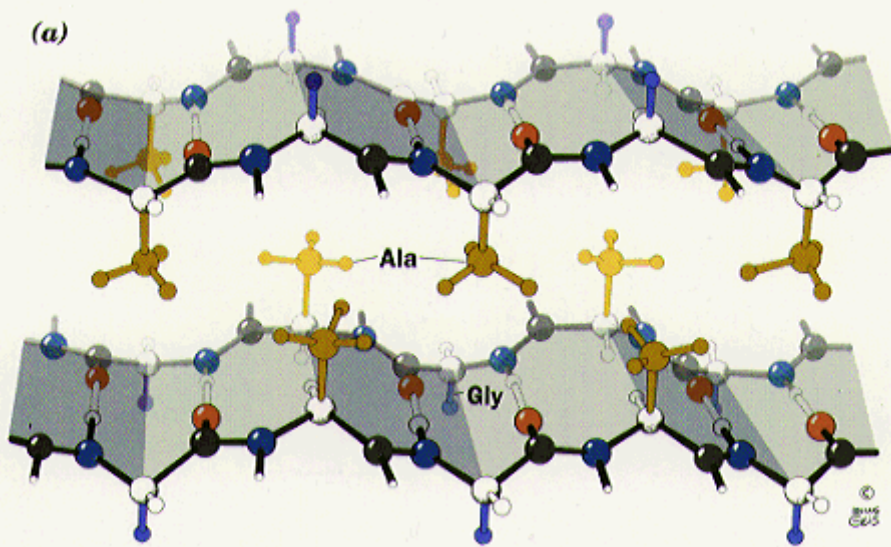
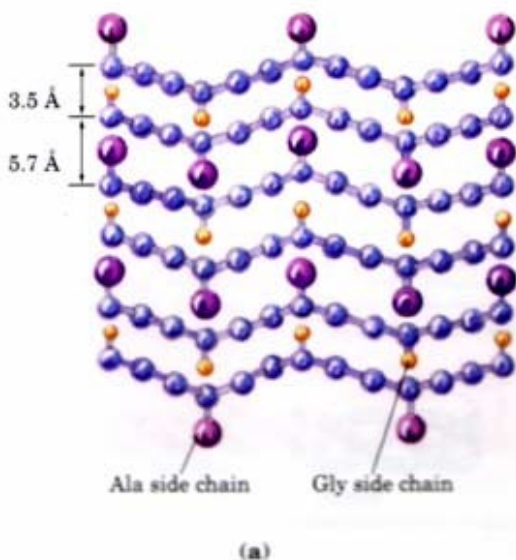


Figure 7-29. Silk fibroin.

*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  $\beta$  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.

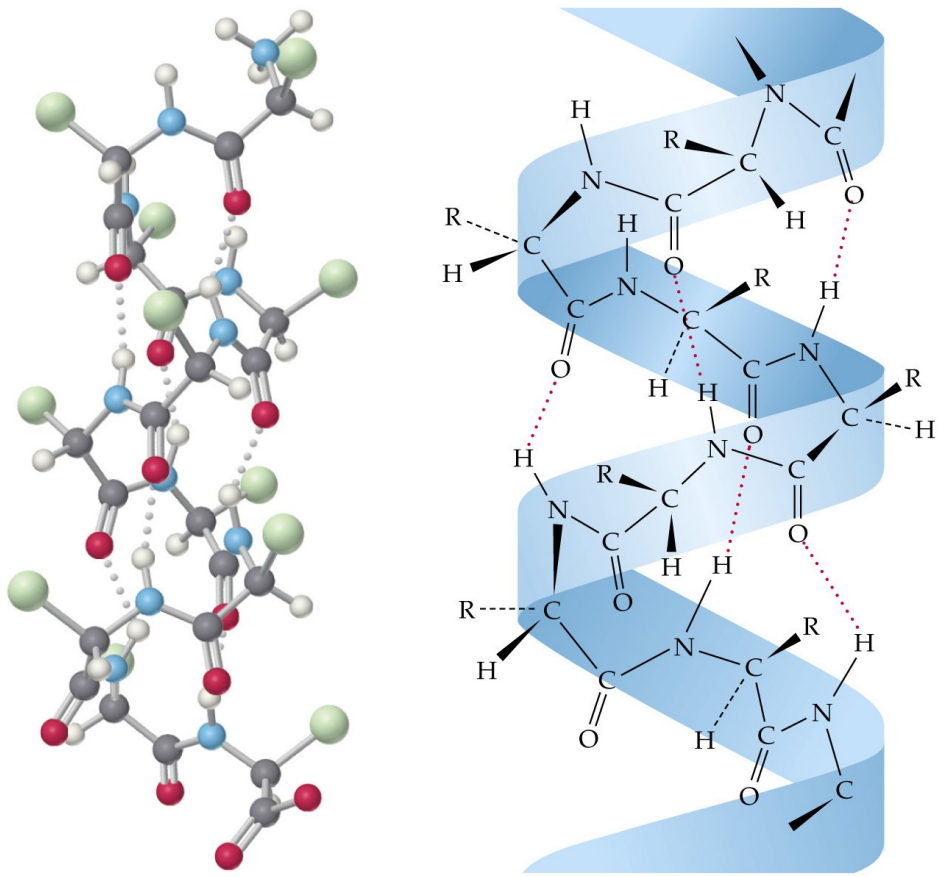


**SOURCE:** Nelson, D.L. and Cox, M.M. 2003. Lehninger Principles of Biochemistry, 3rd ed. Worth Publishers, New York, NY. p. 174

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

### Skupina $\alpha$ -keratinu

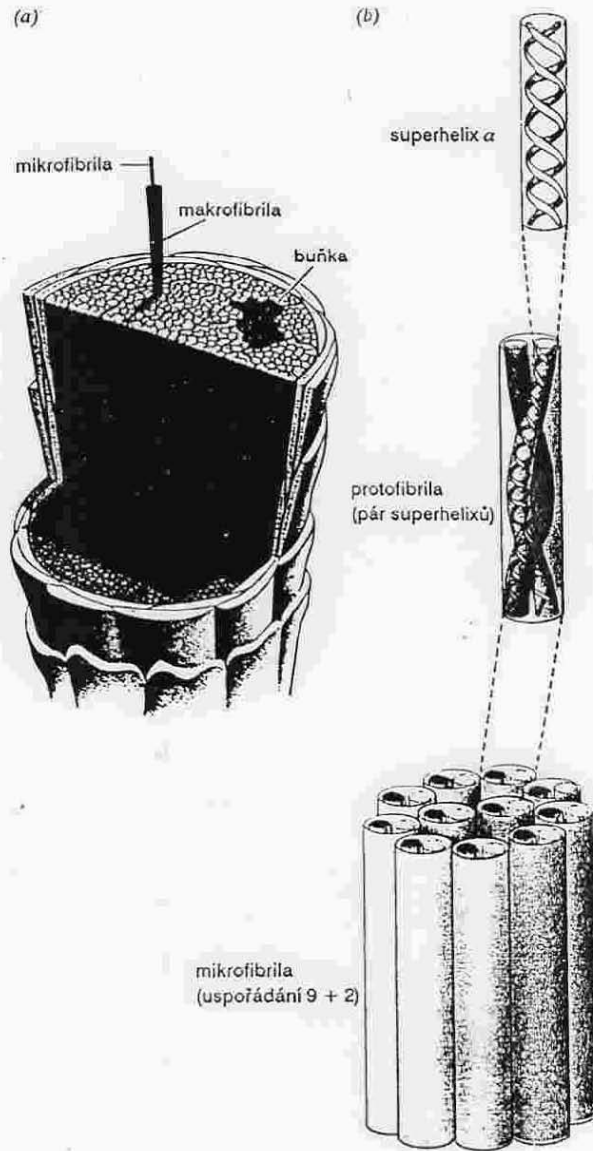
Tento typ fibrilárních bílkovin nacházíme v lidských vlasech (též kůži a nehtech), ovčí vlně, žíních apod. Základem struktury je pravotočivá  $\alpha$ -šroubovice, která se postupně stáčí do superšroubovic o 2-3 podjednotkách. Ty se pak opět skládají do protofibril tvořených 9+2 superšroubovicemi. Struktura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



***Struktura  $\alpha$ -fibroinu, základní jednotka pravotočivé  $\alpha$ -šroubovice***

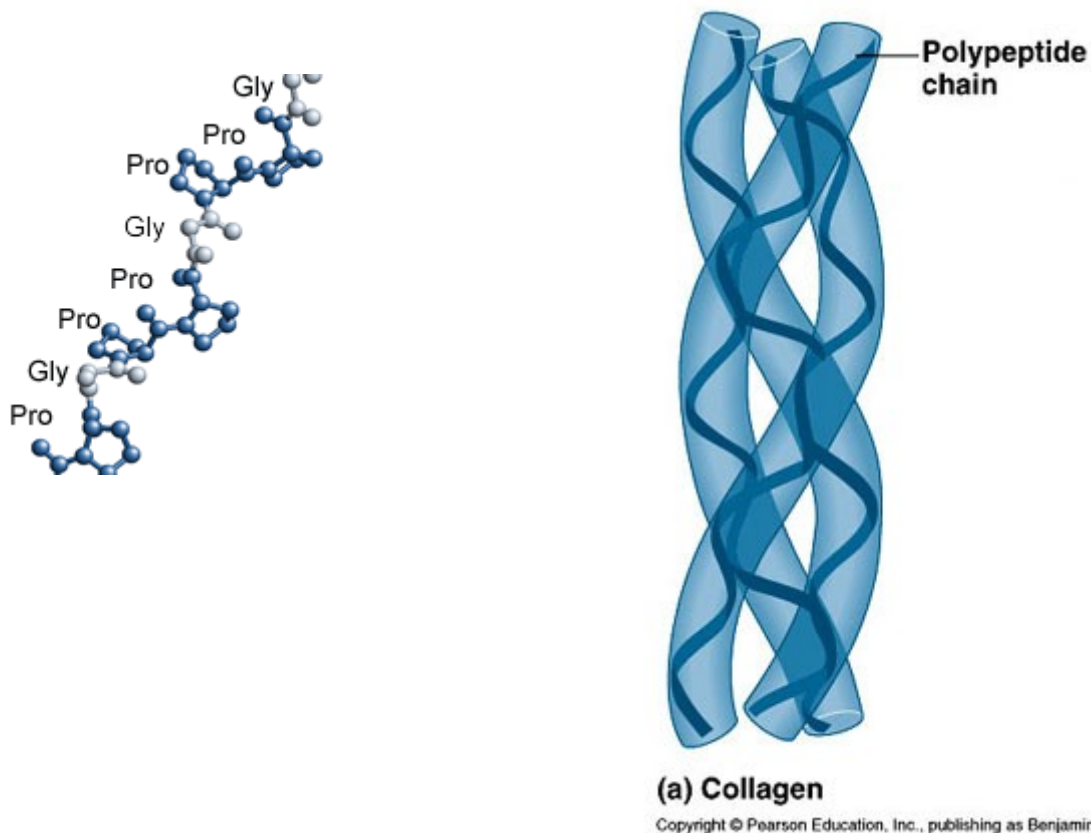
Vlasy se ve vlhkém stavu dají natáhnout až dvojnásobně, přitom přechází struktura šroubovice na skládaný list. Jev je využíván ve vlasových vlhkoměrech (a kadeřnictví).

# Struktura $\alpha$ -keratinu – lidský vlas

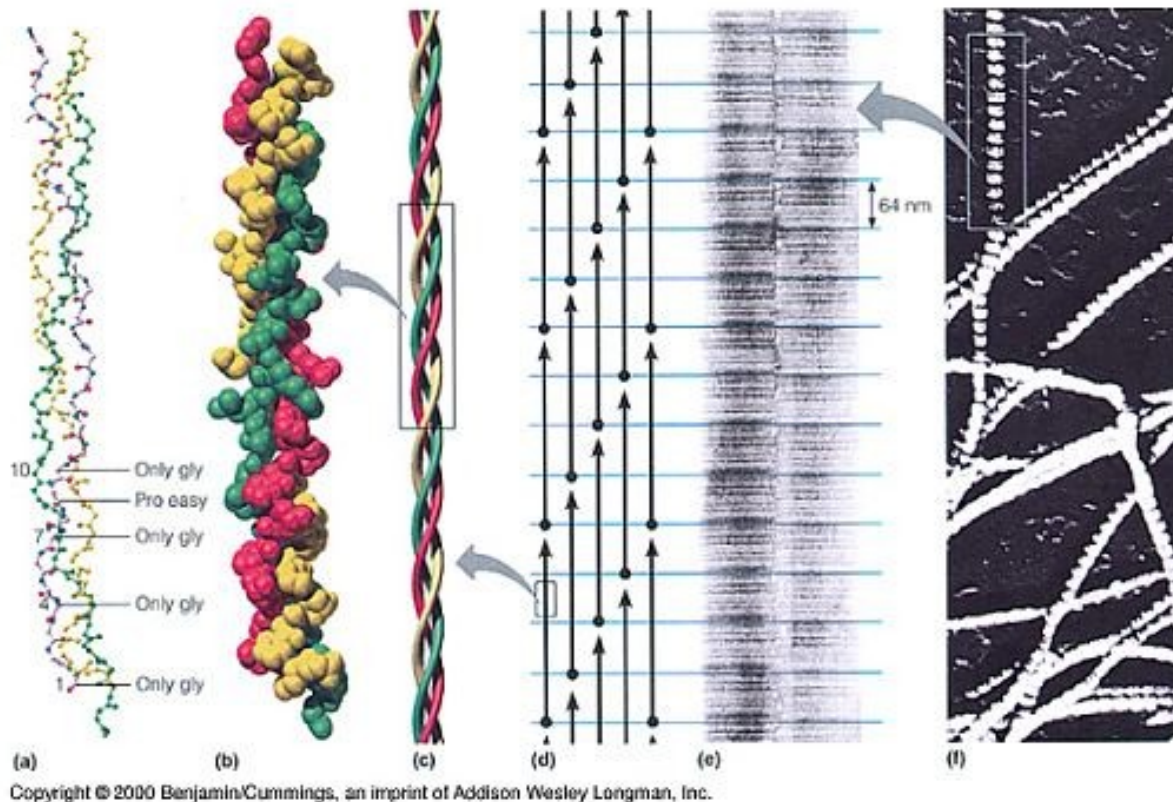


## Skupina kolagenu

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.



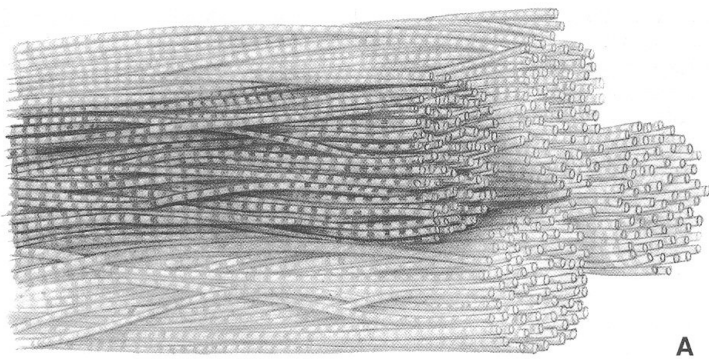
*Struktura kolagenu, vlevo základní levotočivá šroubovice, vpravo trimer zvaný tropokolagen*



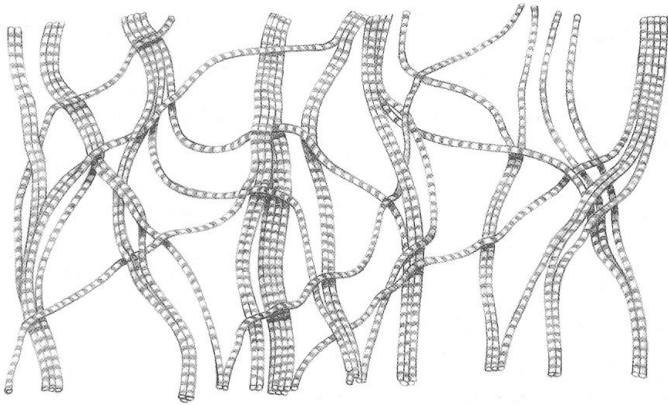
***Struktura kolagenu, a – c tropokolagen, d – vlákno - mikrofibrila, e – příčně pruhovaná struktura, f – obraz kolagenových vláken pojiva***

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

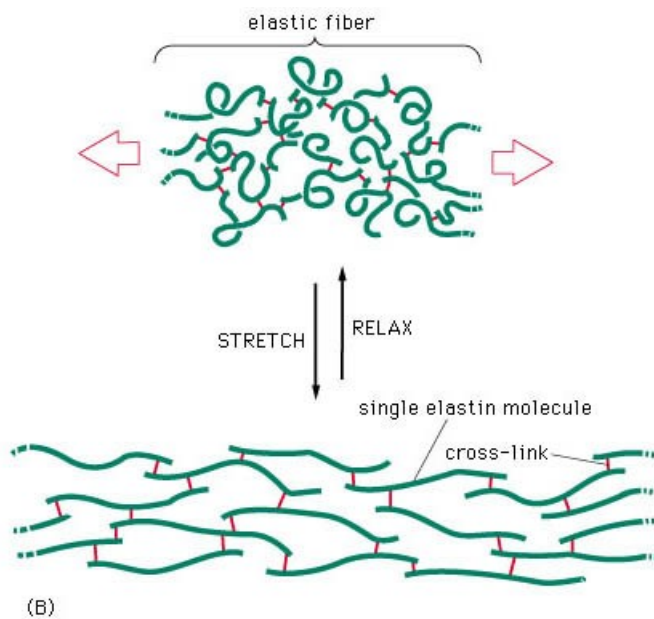


B

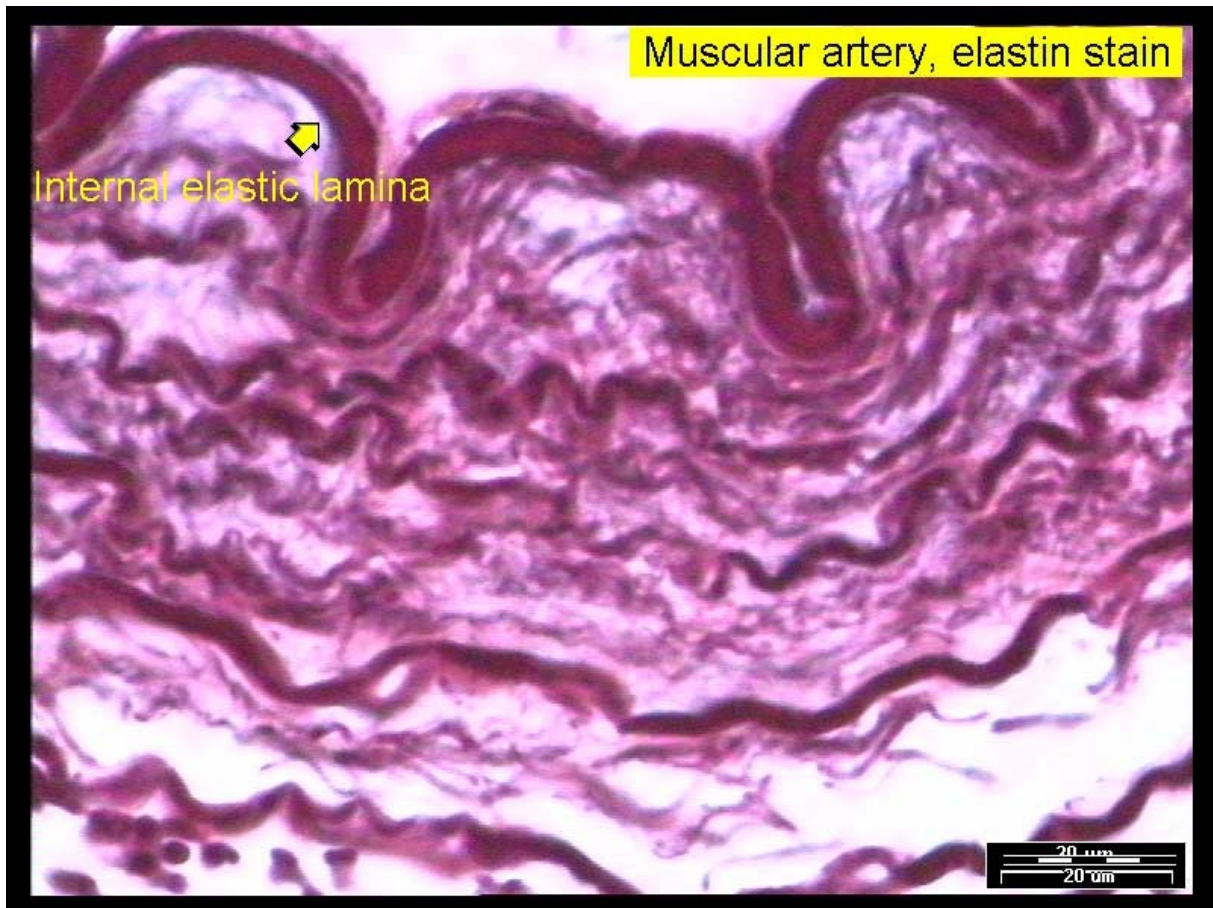


## Elastin

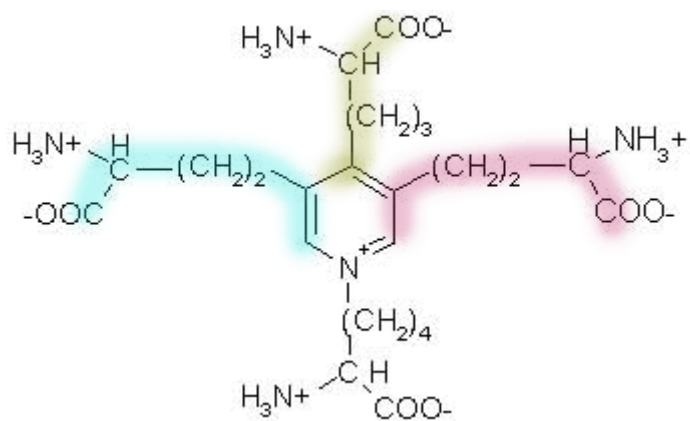
Zvlášť výrazným síťováním vyniká strukturální bílkovina elastin, jejíž šroubovicová struktura je méně uspořádána než u kolagenu, volné zohýbané úseky jsou spojeny příčnými vazbami tak, že výsledné mechanické vlastnosti připomínají pryž. Struktura je pružná – viz obr. níže, stárnutím se tvoří více příčných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



*Schema struktury pojivové tkáně obsahující elastin*



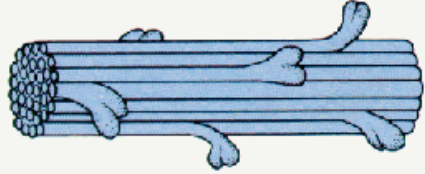
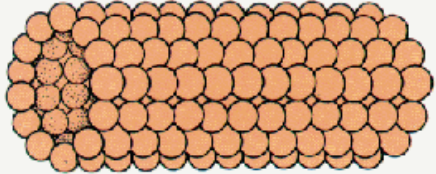


*Mikrofotografie elastinu ve svalové tepně*



**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.