

BÍLKOVINY

Milé studentky, milí studenti,

stalo se již denním chlebem našich médií, že nás nepřetržitě zásobují apokalyptickými vizemi, co všechno korona virus, klimatická krize a kdovíco dalšího ještě (doplňte si sami) způsobí, až se může zdát, že na problémy jiného druhu se dočista zapomnělo. Kdy jste kupříkladu naposledy slyšeli o podvyživených dětech v chudých regionech Afriky?



Nevypadají moc podvyživeně, že? Ale nenechte se zmást! **Jak vůbec někdo může mít takové břicho a přitom být podvyživený? Odpověď ukrývají bílkoviny — téma dnešní chemie.**

Šílené krávy. Fenomén známý poslední půlstoletí, který se dnes již naštěstí daří eliminovat. **Jak málo stačí k tomu, aby se kráva zbláznila? Odpověď je opět skryta v dnešní chemii.**



Dnes se také ještě podíváme, jak jsou bílkoviny důležité třeba pro **srážení krve** nebo pro náš **imunitní systém**. A bude toho mnohem víc, tedy **směle do toho!** 😊

¹ Zdroje obrázků:

<https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9780123864567020165-f02016-12-9780123864567.jpg>

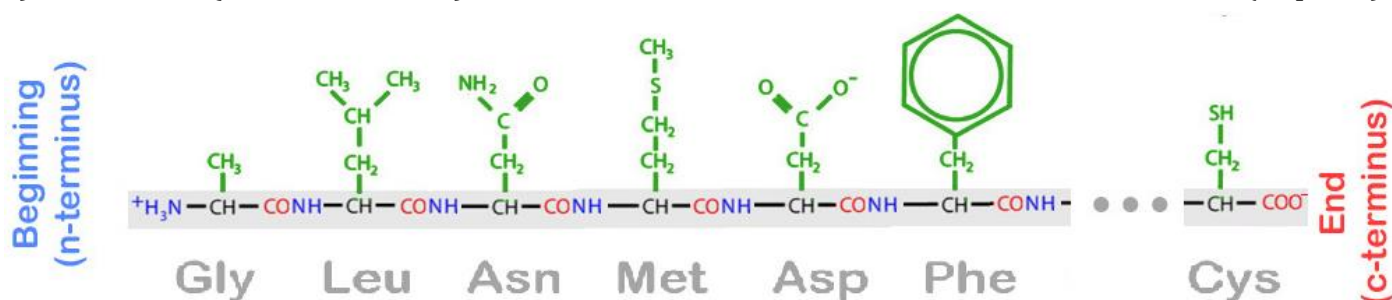
<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTSIKXI2AFZb71JSADmlis-Yn84yl5ArFg8vg&usqp=CAU>

Bílkoviny nebo také **proteiny** (z řeckého *protos* = *prvotní*) literatura popisuje jako makromolekulární polykondenzáty aminokyselin. To znamená, že **abychom získali protein, musíme vzít větší počet² aminokyselin (zkratka „AMK“)** a všechny je **pospojovat**.

Jak se nazývá typ vazby, kterou jsou jednotlivé AMK v rámci proteinu spojené?

Struktura proteinů

1) PRIMÁRNÍ (= KOVALENTNÍ) — určena _____ (doplňte).



* na obrázku je jedna chyba — najdete ji? (třeba s využitím přílohy materiálu o aminokyselinách...) *

2) SEKUNDÁRNÍ — prostorové uspořádání části řetězce; stabilizují ji _____ (doplňte).

— 2 hlavní strukturní motivy: **α -helix** a **β -skládaný list** (viz obrázek na další straně)

3) TERCIÁRNÍ — určuje celkový tvar proteinu (uspořádání α -helixů a β -skládaných listů v prostoru)

— 2 nejčastější tvary: **vláknitý** (=> skleroproteiny) a **kulovitý** (=> sféroproteiny)

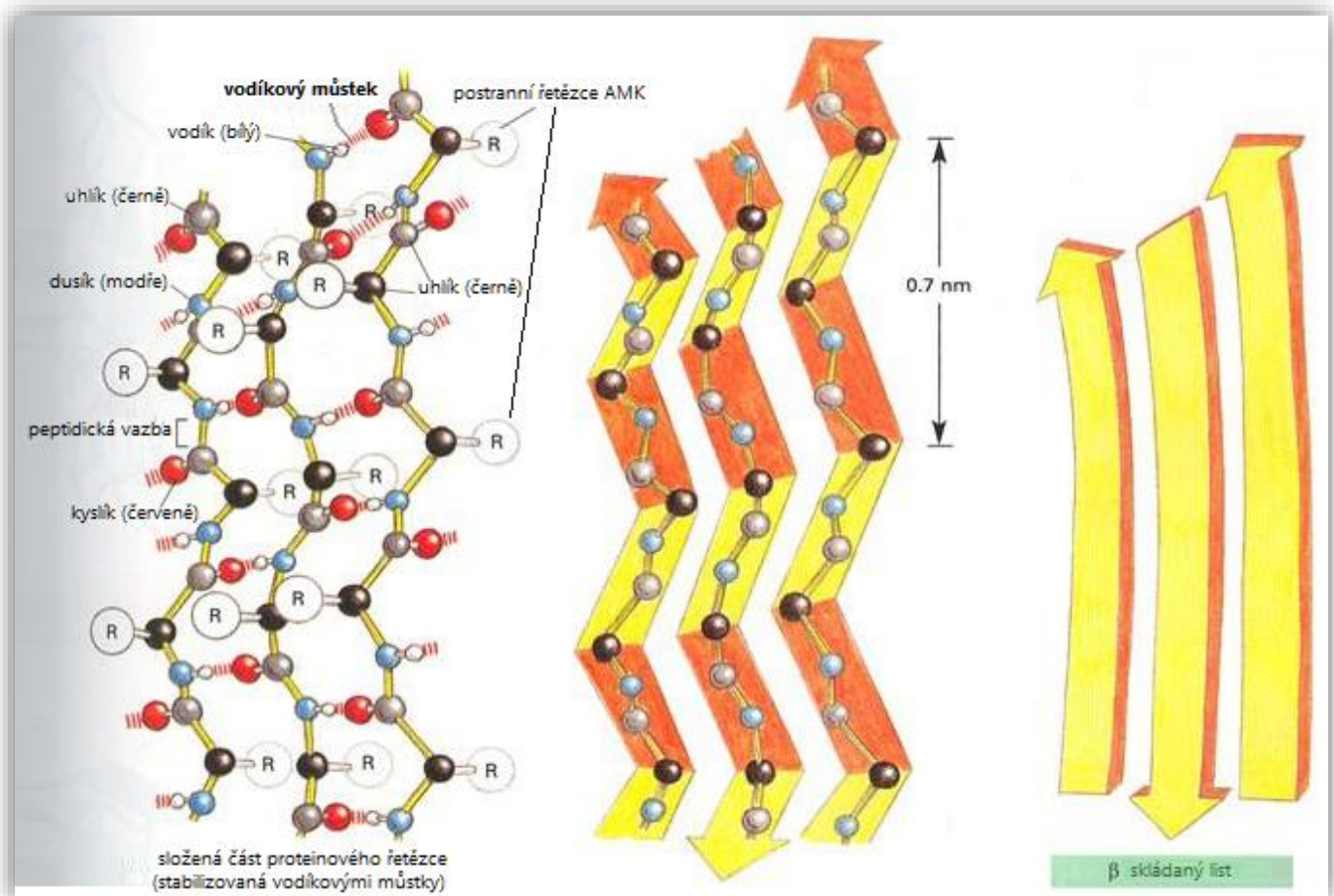
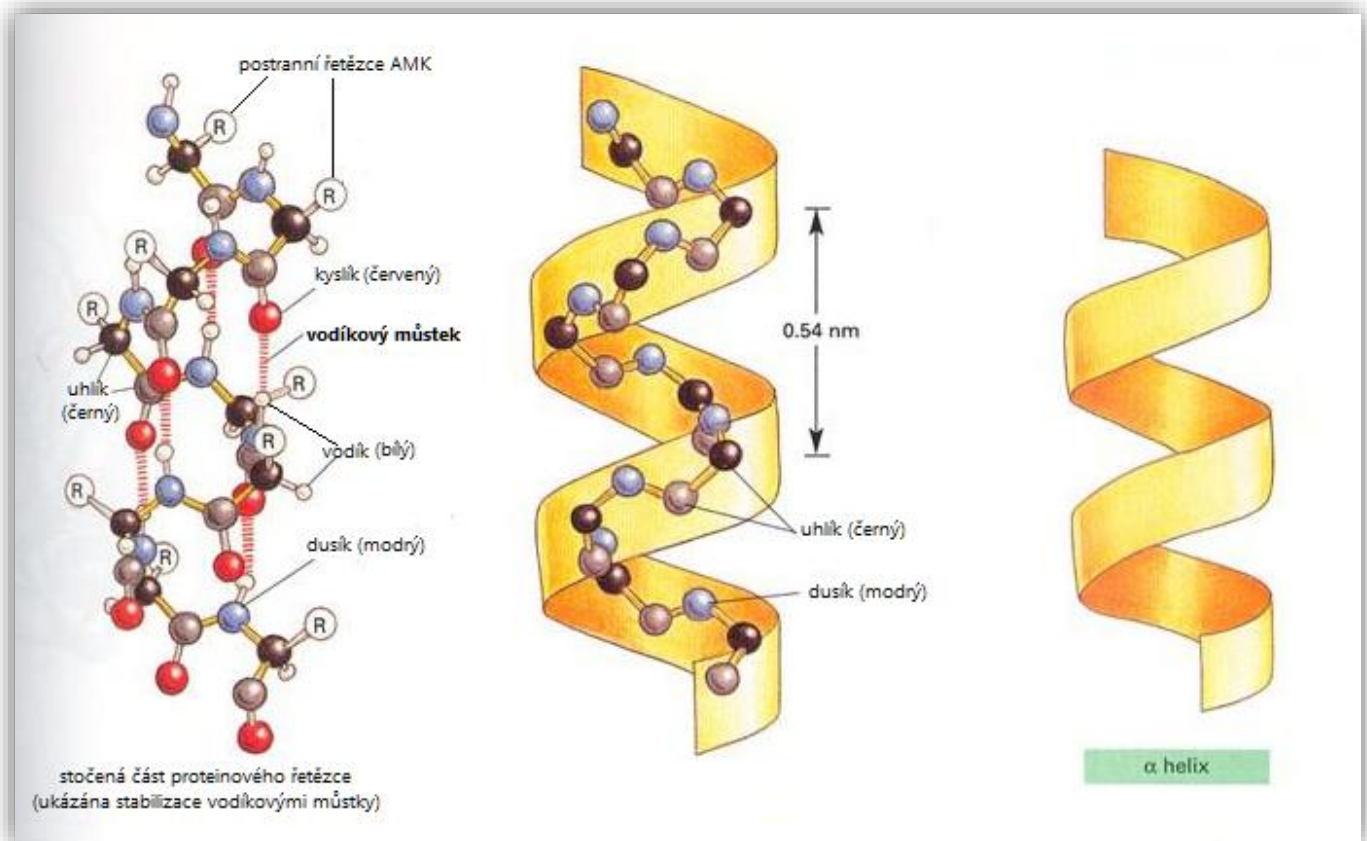
— stabilizace disulfidovými, popř. vodíkovými můstky, iontovými a hydrofobními interakcemi a van der Waalsovými silami

4) KVARTÉRNÍ — složitější proteiny jsou tvořeny větším počtem řetězců (podjednotek), jež nejsou spojeny peptidovou vazbou, ale povětšinou **disulfidovými můstky**.

— **způsob organizace podjednotek v prostoru** = kvartérní struktura proteinu.

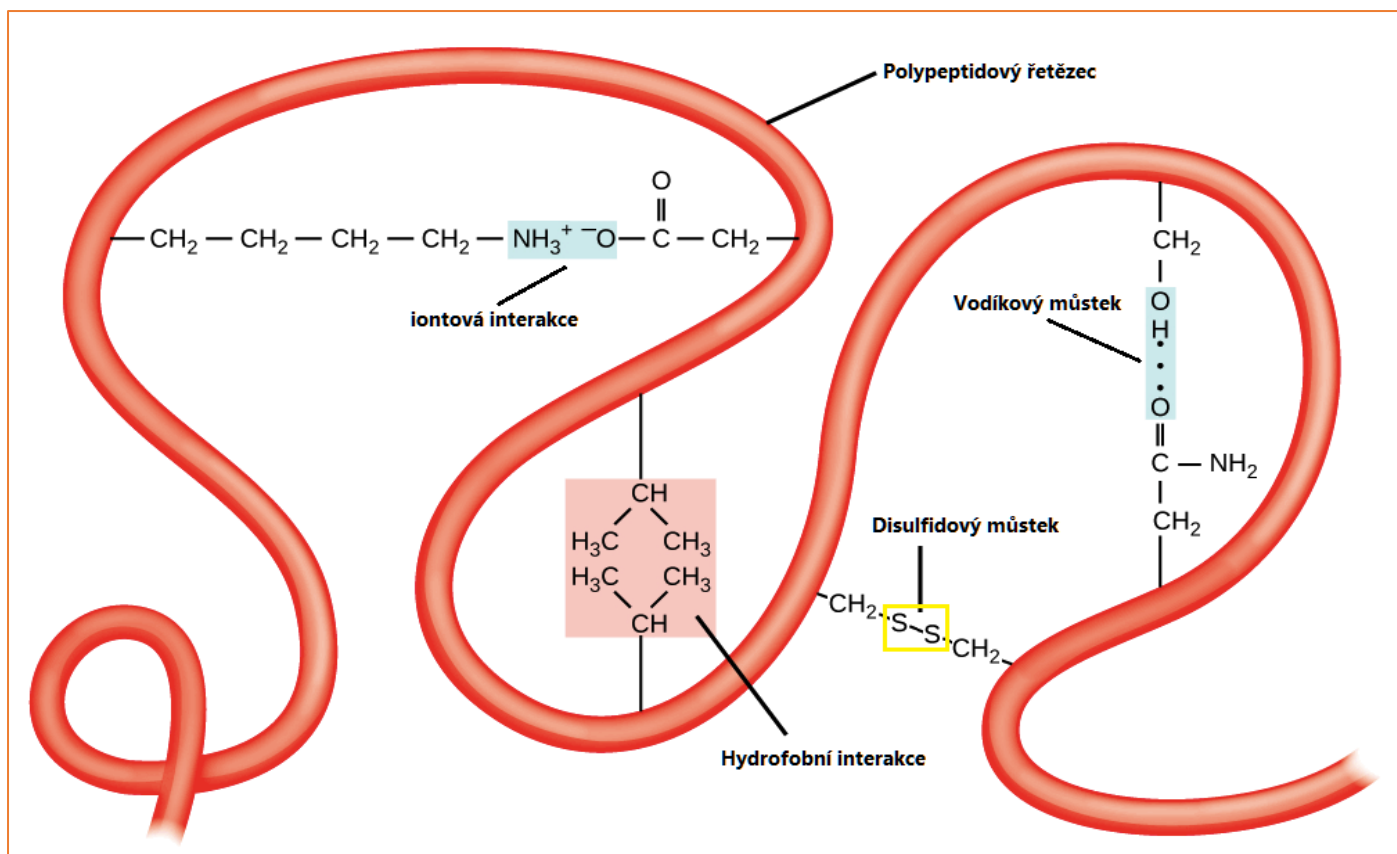
² Názory na to, co míníme „větším počtem“ se různí. Zpravidla se uvádí více jak 50 AMK, avšak někdo za protein považuje teprve až seskupení 100 a více AMK (viz též materiál o aminokyselinách, str. 6)...

Porovnání typů sekundární struktury proteinů³ — α -helix a β -skládaný list:

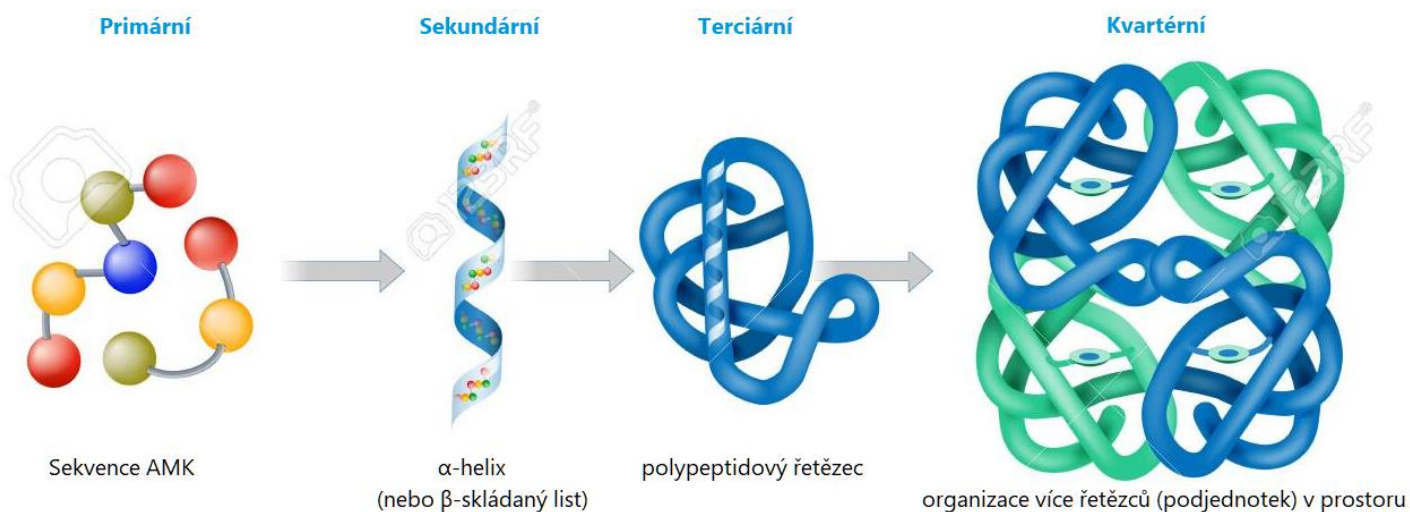


³ Zdroj obrázků: ALBERTS, Bruce et al. *Molecular biology of the cell*. 5th ed. New York: Garland Science, c2008. ISBN 978-0-8153-4105-5, str. 134 (upraveno).

Terciární struktura proteinů a její stabilizace⁴:



Celkové srovnání jednotlivých stupňů struktury proteinů (od primární až ke kvartétní)⁵:



⁴ převzato z <https://www.biochemden.com/wp-content/uploads/2013/04/bonds-in-polypeptide-chains.png> a upraveno.

⁵ převzato z <https://previews.123rf.com/images/designua/designua1906/designua190600023/125585686-levels-of-protein-structure-from-amino-acids-to-complex-of-protein-molecule-protein-is-a-polymer%C3%A2%C2%A0-p.jpg> a upraveno.

Klasifikace proteinů a významní zástupci

Proteiny lze klasifikovat podle mnoha hledisek — např. **podle lokalizace** (v buňce × mimo buňku), **podle funkce** (strukturní, zásobní, transportní, regulační...) nebo také **dle (terciární) struktury**, čehož se zde přidržíme:

1) SKLEROPROTEINY (=fibrilární / vláknité proteiny) — **nerozpustné ve vodě**, často proto zastávají **strukturní funkce**

a) keratin — helikální protein „typu lana“

— výskyt: kůže, vlasy, nehty...



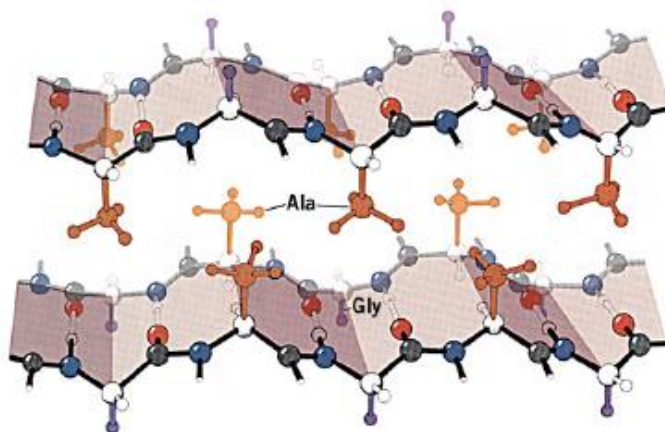
b) kolagen — α -helikální

— výskyt: endotel cév, kůže (zajišťuje pružnost), chrupavky

c) fibroin — tvořen pouze glycinem, alaninem a občas serinem

— sekundární struktura β -skládaného listu

— přítomen v hedvábí

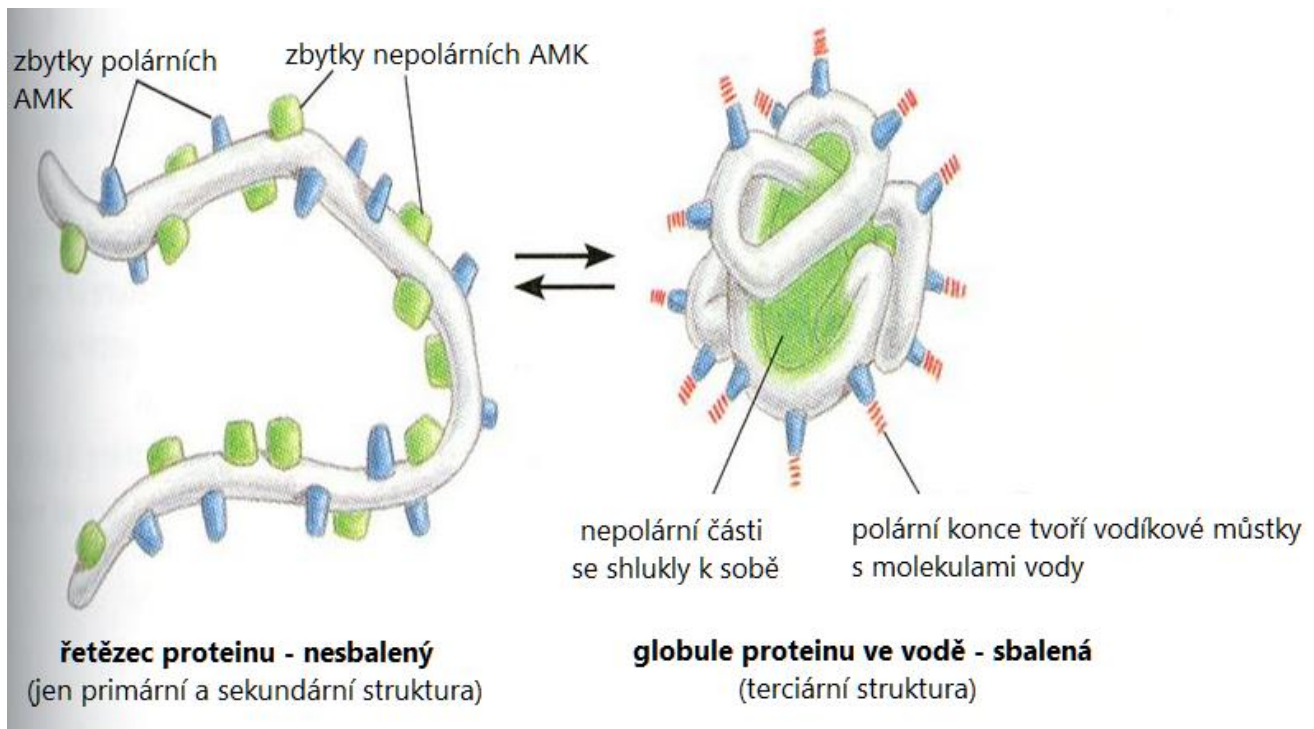


Kontrolní otázka — co vidíte na obrázku⁶ za protein? Kolagen, keratin, nebo fibroin? ☺

⁶ Zdroje obrázků:

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcSsOB9Krg8-ltTNuAAkkUarIOkDlCL9P2n-RQ&usqp=CAU>
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcT0r4t9uNTrmCPrYUGAYzn9C_WzUXXMU4TP_A

2) SFÉROPROTEINY (=globulární / kulové proteiny)⁷ — zpravidla **dobře rozpustné ve vodě**:



a) albumin — nejvýznamnější protein krevní plasmy (koncentrace až 50 g/l)

— **transportní funkce** (najděte si a запиšte alespoň 4 látky, které přenáší):

+

+

+

+

+

— **váže vodu**; nízká koncentrace albuminu v krvi snižuje její osmotický tlak, což způsobuje, že voda z krve pak přechází do lymfy (= mezibuněčné tekutiny obklopující orgány a tkáně). To se projevuje **tvorbou masivních otoků (edémů)**, a to především v oblasti břicha.

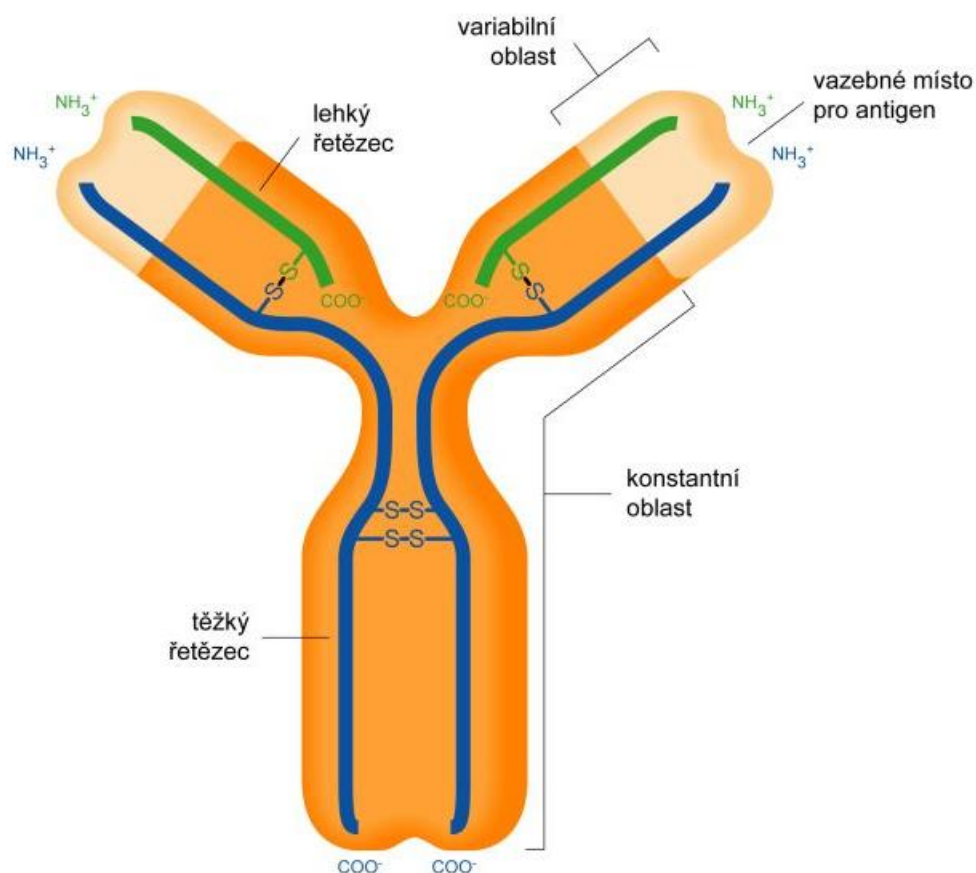
=> **AFRICKÉ DĚTI Z ÚVODNÍ STRÁNKY NEJSOU OBÉZNÍ, ALE ENORMNĚ OTEKLÉ V DŮSLEDKU NEDOSTATEČNÉHO PŘÍJMU BÍLKOVIN ZE STRAVY** (skutečně tak jde o formu podvýživy; případní zájemci více informací najdou pod heslem „[kwashiorkor](#)“).

⁷ obrázek ke sféroproteinům převzat z: ALBERTS, Bruce et al. *Molecular biology of the cell*. 5th ed. New York: Garland Science, c2008. ISBN 978-0-8153-4105-5, str. 130 a upraven.

b) fibrinogen — rozpuštěný v krevní plazmě, účinkem **trombinu** se mění na vláknitý (a ve vodě nerozpustný) **fibrin** => **podstata srážení krve** (abychom nevykrváceli...)
POZOR! Neplést si FIBRIN a FIBROIN, jsou to dva různé proteiny !!!

c) imunoglobuliny — interagují s antigeny => **protilátky**.

— mají specifický tvar připomínající písmeno **Y**:



Na obrázku je schématický náčrt imunoglobulinu typu G (nejběžnější typ protilátek, v krevním séru se vyskytuje v koncentracích kolem 10 g/l).

Variabilní oblast umožňuje přizpůsobit se různě velkým antigenům => **širší specifita**.

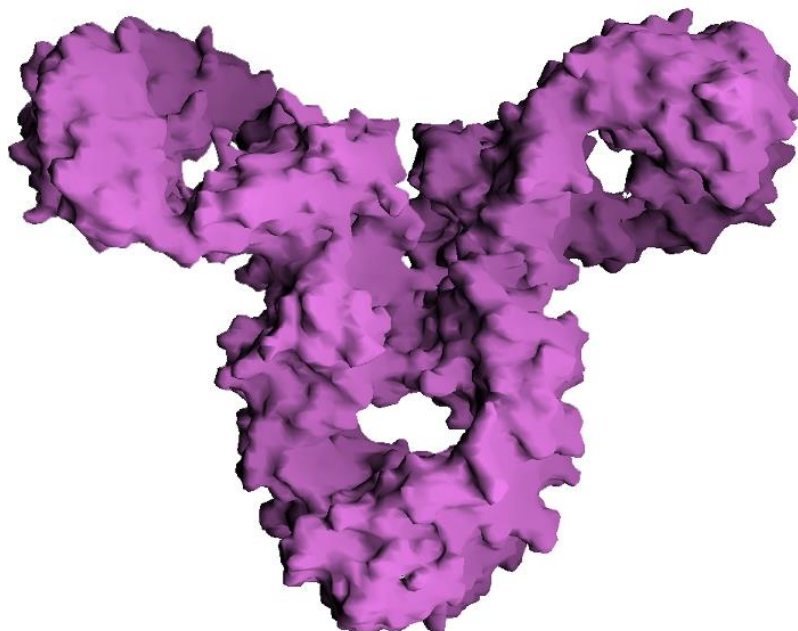
Pokuste se určit, na které části obrázku je znázorněna terciární struktura tohoto imunoglobulinu a která část obrázku vyjadřuje strukturu kvartérní⁸.

⁸ Zdroj obrázku: https://vydavatelstvi-old.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/figures/imunoglobuliny.01.jpg

Terciární struktura = každý ze čtyř řetězců jednotlivě

×

Kvartérní struktura = vzájemné propojení řetězců disulfidovými můstky (-S-S-) do výsledného tvaru písmene Y.

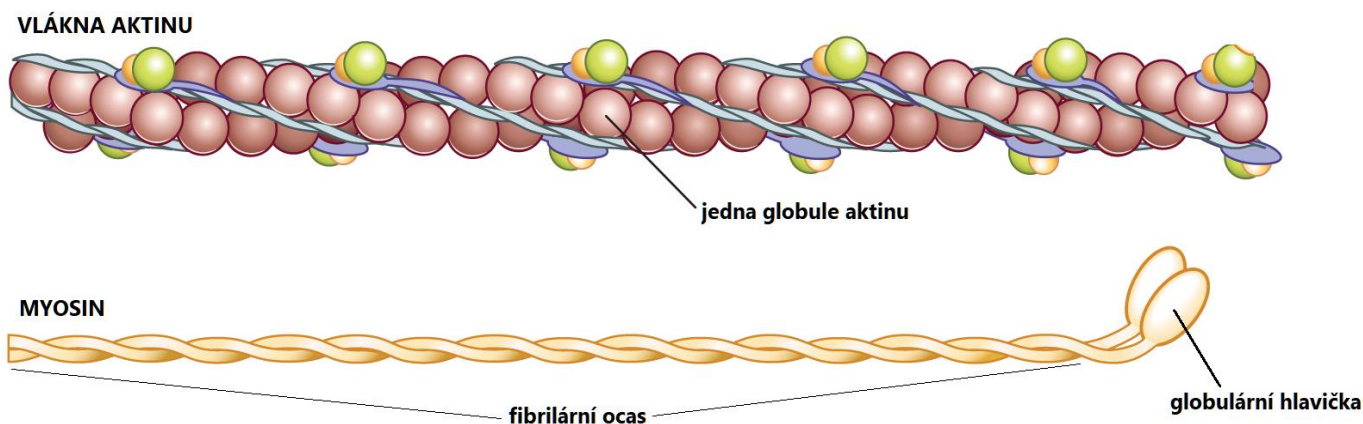


Takto pak vypadá molekula imunoglobulinu typu G v reálu⁹...

3) PROTEINY ZČÁSTI FIBRILÁRNÍ A ZČÁSTI GLOBULÁRNÍ

a) aktin — kuličky (=globule) zřetězené do vlákna

b) myosin — kulatá (=globulární) hlavička + vláknitý (=fibrilární) ocas



Aktin a myosin jsou součástí svalových vláken. Právě díky aktinu a myosinu mohou svaly vykonávat svoji typickou činnost — tedy **stahovat se**. Přesný princip svalového stahu však už patří více do hodin biologie, proto jej na tomto místě podrobně rozebírat nebudeme¹⁰.

4) INTEGRÁLNÍ MEMBRÁNOVÉ PROTEINY — zabudovány v membránách buněk, strukturu mají různou v závislosti na své funkci (jde o nejrůznější receptory, přenašeče, enzymy aj.).

⁹ obrázek stažen z https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/IgG_molecular_surface.jpg.

¹⁰ koho by to ale přesto zajímalo, může se [podívat na video](https://cdn.britannica.com/65/54165-050-C4C8B933/structure-actin-myosin-filaments.jpg), kde je vysvětlení na úrovni vysokoškolské přednášky 😊
obrázek k tématu převzat z <https://cdn.britannica.com/65/54165-050-C4C8B933/structure-actin-myosin-filaments.jpg>
a upraven.

Vliv struktury proteinů na jejich funkce

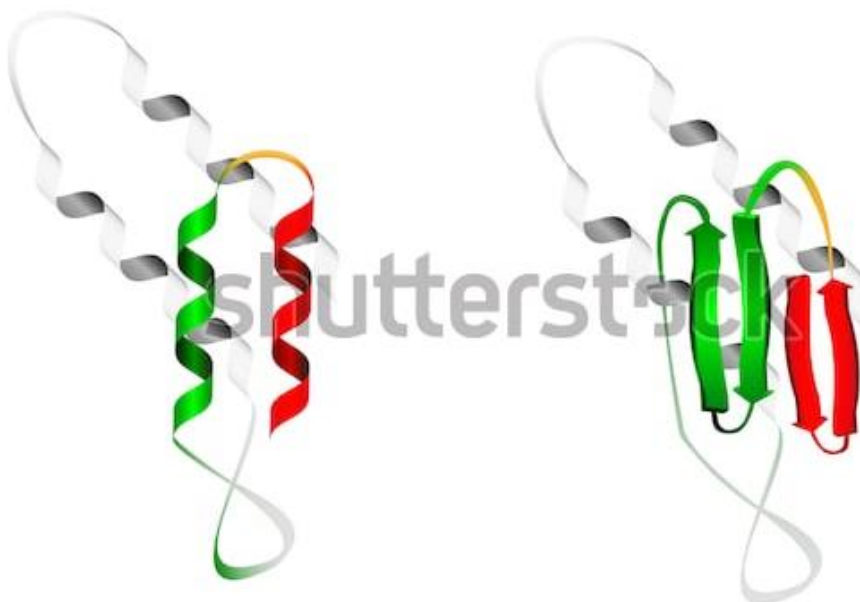
Ukazuje se, že proteiny vznikající v různých tkáních, navzájem se lišící v primární struktuře, si mohou být velmi podobné strukturou prostorovou (=sekundární a vyšší), pakliže zastávají podobné funkce. **Prostorová struktura je tedy pro funkce proteinů zcela klíčová.**

Tuto myšlenku potvrzuje také existence **prionů**, což jsou proteiny, které **mohou tvořit dvě různá prostorová uspořádání** — jedno **fysiologické** (takové priony pak nacházíme nejčastěji v cytoplasmatických membránách buněk, kde úplně normálně fungují jako každý jiný membránový protein) a druhé **patologické**, které není žádných užitečných funkcí schopno, a tak se hromadí v buňkách. **Buňka zcela zaplněná „vadnými“ priony po určité době odumírá.**

Škodlivost patologických konformací prionů je navíc umocněna jejich mimořádnou **odolností** vůči vlivům chemickým i fyzikálním (**takže se jich organismus hodně těžko zbavuje**) a také **infekčností** — tzn. když jeden „vadný“ prion narazí na prion fysiologický, přetvoří jej k obrazu svému...

Odumírání buněk se časem projeví rozvojem různých chorob, jako je např. **nemoc šílených krav (BSE¹¹)** nebo **Creutzfeldt-Jakobova nemoc (CJD)**, jež postihuje lidi a je smrtelná.

Jak vidíte, tak k tomu, aby se kráva zbláznila, stačí jen několik AMK spojených v prion...



*Srovnání dvou konformací prionu¹². Zatímco ta **fysiologická (vlevo)** je tvořena výhradně α -helixy, patologická konformace (vpravo) částečně sestává také z β -skládaných listů.*

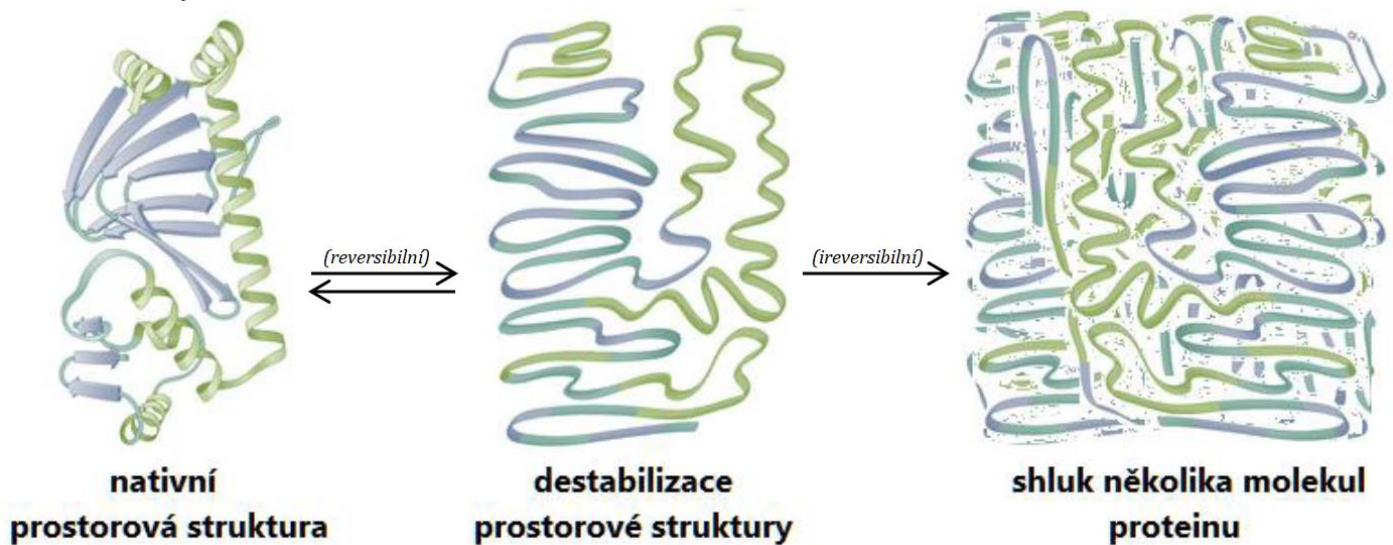
¹¹ odborně **Bovinní Spongioformní Encefalopatie**.

¹² převzato z <https://image.shutterstock.com/image-vector/prion-composed-protein-misfolded-form-600w-126252041.jpg>.

Poškození prostorové struktury však není pouze výsadou prionů. Účinkem vysokých teplot, silných kyselin nebo naopak zásad, vysokými koncentracemi solí (především pak iontů těžkých kovů) nebo působením některých organických rozpouštědel dochází **k narušení interakcí, které udržují prostorovou strukturu proteinu pohromadě.**

V důsledku destabilizace prostorové struktury se na povrch proteinu dostává více jeho hydrofobních částí, jež se vzájemně přitahují (hydrofobní interakce) a jednotlivé molekuly proteinu pak mohou vytvářet **pevné a poměrně stabilní agregáty (viz obrázek)**, které již nelze znovu rozpustit v nadbytku H_2O .

Plní-li protein např. funkci enzymu (biokatalyzátoru), pak **o tuto funkci řečenou změnou struktury přichází** (jako enzym je protein schopen pracovat jen tehdy, když zaujímá **nativní konformaci**).



Jak se výše popsáný jev nazývá?

[Námět na pokus k tématu zde...](#)

Opakovací test:

- 1) Kondenzací dvou AMK vznikl dipeptid **arginylcystein**. Která tvrzení o tomto peptidu jsou správná (může jich být i více)?
- a) arginylcystein obsahuje síru
 - b) vzájemné propojení obou AMK zprostředkovává disulfidový můstek
 - c) molekula arginylcysteinu obsahuje právě 4 atomy dusíku
 - d) v molekule arginylcysteinu jsou přítomny kyselé i bazické funkční skupiny
- 2) Hormon vyvolávající zánětlivé procesy nadměrně se uvolňující při alergických reakcích se nazývá:
- a) pyruvát a vzniká z aminokyseliny alaninu (transaminací)
 - b) sarkosin a vzniká z aminokyseliny glycinu
 - c) histamin a vzniká z aminokyseliny histidinu
 - d) kadaverin a vzniká z aminokyseliny lysinu
- 3) Aspartam (používaný jako umělé sladidlo E951) je v podstatě:
- a) hormon
 - b) dipeptid
 - c) sůl kyseliny asparagové
 - d) lék pro nemocné fenylketonurií
- 4) Globulárním proteinem krevní plasmy s významnou transportní funkcí je:
- a) globulin
 - b) fibroin
 - c) albumin
 - d) aktin

- 5) Terciární struktura proteinu (vyberte všechny správné odpovědi, může jich být více):
- a) se dělí na 2 hlavní strukturní motivy — α -helix a β -skládaný list
 - b) je stabilizována mj. vodíkovými můstky, iontovými interakcemi a van der Waalsovými silami
 - c) dává tvar polypeptidovému řetězci
 - d) souvisí s rozpustností proteinů ve vodě
- 6) V důsledku působení vysokých teplot, silných kyselin nebo silných zásad na proteiny (vyberte všechny správné odpovědi, může jich být více):
- a) může dojít k rozpadu nativní struktury (=denaturaci)
 - b) se proteiny přemění na priony, což povede k rozvoji chorob jako např. BSE (nemoc šílených krav) nebo CJD (Creutzfeldt-Jakobova nemoc)
 - c) dochází k přeměně globulárních proteinů na proteiny fibrilární, které jsou vůči výkyvům pH a vyšším teplotám odolnější
 - d) se proteiny štěpí na jednotlivé aminokyseliny
- 7) Popište, jakými symptomy se projeví předávkování insulinem:

Opakovací otázky můžete řešit přímo zde v materiálu nebo také online na www.exp.er.cz, kde je vám k dispozici i správné řešení. 😊

Funkce proteinů

— téma je zpracováno ve [výukových prezentacích](#)