

## Kůže člověka

pokrývá tělo a zabraňuje vstupu infekce dovnitř. Pomáhá též regulovat tělesnou teplotu. Chrání organismus před vysušením. Obsahuje smyslové receptory pro tlak, dotek, teplotu a bolest. Kůže má vnější epidermální (pokožka) vrstvu a vnitřní dermální (škára) vrstvu. Pod dermis leží vazivová vrstva, která připevňuje pokožku k tělním orgánům. Pokud se spálíme, může to zachytit všechny tyto vrstvy. Popálení prvního stupně postihuje jen epidermis a je provázeno zčervenáním, bolestí a otokem např. sluneční spálení. Hojí se několik dní. Popálení druhého stupně postihuje jak pokožku tak škáru, obvykle vznikají puchýře. Popáleniny třetího stupně je nejvážnější, protože postihuje všechny vrstvy a nechává tělo bez ochrany. Když někdo je spálen na velké části povrchu těla, je těžké nalézt dostatek kůže pro autotransplantaci. V takovém případě musí lékaři přistoupit k transplantaci kůže umělé, která je složená ze dvou vrstev. Vnitřní vrstvu tvoří mřížka vytvořená z žraločí chrupavky a kolagenních vláken z hovězí kůže. Vnější vrstva je umělohmotná ze silikonu. Jakmile je umělá kůže transplantována, vnitřní vrstva je pomalu vstřebána a nahrazena parientovými vlastními buňkami. Nyní může být vnější silikonová vrstva odstraněna.

## Pokožka

Tvoří ji vícevrstevný dlaždicový epitel, který neustále produkuje nejspodnější vrstva pokožky. Neustálé dělení bazální vrstvy produkuje nové buňky, které se postupně dostávají až na povrch kůže, když horní vrstvy pokožky jsou otřené. Nejspodnější vrstva se jmenuje stratum germinativum a připojuje epidermis ke škáře. V této spodní vrstvě se nacházejí specializované buňky zvané melanocyty, které produkují melanin (jejich organely melanosomy), pigmentové granule, které barví naši pokožku. Nacházejí se roztroušené po všech vrstvách epidermis. Právě v důsledku jejich přítomnosti můžeme na kůži pozorovat opálení. Nad ní se nachází stratum granulosum. Buňky lokalizované v této vrstvě produkují keratin. Nejvyššími vrstvami jsou stratum lucidum a corneum, které jsou složeny z oploštělých keratinizovaných buněk. Ultrafialové záření ve slunečním svitu může způsobit nekontrolované dělení buněk pokožky a tak rakovinu kůže. V současné době narůstá riziko rakoviny kůže v důsledku přílišného opalování. Nejnebezpečnějším typem rakoviny kůže je zhoubný melanom, který způsobuje tmavě hnědé nebo černé skvrny. Běžnějším typem rakoviny kůže je rakovina bazálních buněk a rakovina dlaždicových buněk, které se objevují jako hrubé skvrny. Buňky pokožky se neustále oplošťují a hrubnou až jsou vytlačeny na povrch pokožky. Tvrdnutí je způsobeno keratinizací, k čemuž dochází tak, že buňky produkují vláknitý, vodovzdorný protein - keratin. Keratinizace je po celém těle pouze minimální. Naopak dlaně rukou a plosky nohou jsou obvykle pokryté silnou vrstvou mrtvých keratinizovaných buněk, které vytvářejí spirálovité, koncentrické obrazce. Tyto obrazce má každý člověk jiné a nazýváme je otisky prstů a otisky nohou. Tam kde se nachází ochlupení je kůže méně keratinizovaná. Ovšem nehty a vlasy jsou složeny z tlusté vrstvy keratinizovaných buněk .

## Škára

skládá se z největší části z volné pojivové tkáně. K procesu stárnutí škáry přispívá sluneční záření, které způsobuje ztrátu elasticity tkáně a vznik vrásek.

Škára se zesponu připojuje na pokožku. Nacházejí se v ní potní žlázy a vlasové cibulky, které jsou spojeny s mazovými žlázami. Potní žlázy pomáhají regulovat tělesnou teplotu. Když teplota těla stoupá začínají vylučovat pot. Pot potom ochlazuje tělo. Mazové žlázy mastí vlasy a chlupy v kůži. V období puberty jejich zvýšená aktivita způsobuje akné.

Ve škáře se též nacházejí krevní vlasečnice a nervová zakončení. Nervová zakončení se nacházejí ve svalu, který je připojen ke každé vlasové cibulce. Když se sval stáhne, chlup se postaví a vznikne jev, který nazýváme „husí kůže“. Nervová zakončení, která jsou obalena membránou se nacházejí v mikroskopických smyslových čidlech hmatu Vater Pacciniho,

tepla Ruffiniho, Merckelovy disky a Meisnerova tělíska dotyku, Krauseho tělíska chladu. Stimulace volných nervových zakončení způsobuje bolest. K regulaci konstantní tělesné teploty přispívá regulace velikosti cév v kůži. Když zvětší svůj průměr, pod povrch kůže se dostane větší množství krve a ochladí ji. V tomto okamžiku začnou potní žlázy produkovat pot a člověk se začne potit.

#### Vazivová vrstva

skládá se z volného pojiva, které obsahuje tukové buňky. Dobře vytvořená vazivová vrstva dodává tělu oblý charakter. Její abnormální vytvoření způsobuje obezitu.

Kůže není po celém těle stejně silná, ale její tloušťka se liší. Nejsilnější je pokožka na ploskách nohou a rukou. Naopak nejtenčí kůži máme na očních víčkách. Kromě ochranné funkce má kůže množství dalších funkcí. Např. je zásobárnou chloridů; termoregulačním orgánem; nese smyslové buňky, produkuje melanin a vitamín D.

Barva kůže člověka je nejspíše viditelný znak, proto byla po mnoho let užívána jako nejdůležitější kritérium pro třídění člověka do skupin. Termíny jako černí, bílí, hnědí, žlutí byly nejrozšířenější typy na základě kterých se lidé řadili do skupin. Obecně panuje názor, že lidé existují jen v těchto čtyřech odstínech, stejně jako názor, že podobná barva ukazuje na společný původ. Skutečnost je ovšem jiná. Snad žádný jiný znak lidského těla není tak proměnlivý jako právě barva kůže. Odstínů lidské pokožky existuje nekonečné množství od velmi světlých Laponců, po tmavě hnědé obyvatel tropických deštných pralesů jako třeba Pygmejové nebo jejich sousedé, Bantuové. Také uvnitř jednotlivých populací se barva kůže liší mezi muži a ženami.

Barvu kůže ovlivňuje několik faktorů. Např. průtok krve pokožkou, který dává světlé kůži její typické růžové zabarvení. Červená barva hemoglobinu prosvítá světlou kůží a proto má růžové zabarvení. Keratin, který se nachází ve vnějších vrstvách pokožky jak už jsem se tu zmínila, má žlutavý nádech a také se podílí na zabarvení kůže. Ovšem tmavá nebo světlá barva pokožky je především způsobena přítomností melaninu a to v různém množství. Na zabarvení pokožky se také podílí karoten, nažloutlý pigment, který za normálních okolností se na barvě kůže podílí velice málo, kromě lidí, kteří trpí nemocí karotenemia která způsobuje žlutý nádech pokožky.

Melanin produkují melanosomy, což jsou organely, které se nacházejí uvnitř melanocytů, situovaných ve stratum germinativum pokožky.

Protože se lidé od sebe barvou kůže liší, také se od sebe liší doba, po kterou mohou svou kůži vystavit slunečním paprskům, aniž by se spálili. Koncentrace melaninu působí jako filtr a brání slunečním paprskům proniknutí skrze epidermis do škáry, kde se nacházejí krevní cévy, nervy nebo smyslová čidla. Některé práce ukázaly, že silně pigmentovaná pokožka odfiltruje přes 95% ultrafialového záření, zatímco světlá jen 50%. Také silně ztluštění stratum corneum může bránit průchodu ultrafialového záření. Můžeme ji nalézt u málo pigmentovaných populací. Např. kůže lidí mongoloidního původu má ztluštělou vrstvu stratum corneum a toto ztluštění dává jejich kůži žlutavý nádech. U velmi tmavých afrických populací je stratum corneum napěchovaná melaninovými granulemi a odfiltruje většinu ultrafialového záření. Co je ovšem nejdůležitější z hlediska studia variability člověka je velká variabilita ve schopnosti filtrovat ultrafialové záření.

Původně se předpokládalo, že i když barva kůže je vysoce variabilním znakem, počet melanocytů v jedné buňce je u všech lidských populací přibližně stejný, včetně albinů a že rozdíly v množství melaninu jsou dány potom v závislosti na aktivitě těchto buněk. U lidí s tmavou kůží pracují melanocyty na maximum svého výkonu a tak syntetizují velké množství

melaninu, zatímco u obyvatel severní Evropy, kteří mají světlou pokožkou, tvoří melanocyty minimum melaninu. Pokud je pokožka vystavena silnějšímu ultrafialovému záření než obvykle, melanocyty jsou tímto zářením stimulovány k větší aktivitě a vytvářejí více melaninu než obvykle. Tato fotosenzitivita melanocytů vysvětluje opálení pokožky lidí se světlým zbarvením kůže.

Výzkumy z roku 2000 prokázaly, že přece jen existují rozdíly v množství melanocytů u lidí s tmavou a světlou pokožkou. Lidé světlí mají melanocytů méně než lidé s pokožkou tmavou. Jinak ostatní zjištění platí (že u černých lidí produkuje melanin více buněk a ve větším množství).

Množství melaninu v kůži je také ovlivněno pohlavím a věkem člověka. Novorozenci rodičů tmavě barvy pleti mají mnohem světlejší kůži než v dospělosti. Postupně jak rostou jejich kůže tmavne až dosáhne tmavosti pleti jejich rodičů. Také ženy jsou většinou světlejší než muži.

Lidi neschopné syntetizovat melanin nazýváme albíny. Chybí jim totiž enzym tyrosináza, který způsobuje oxidaci tyrosinu na melanin.

### Měření barvy kůže

Většina lidí si myslí, že posouzení barvy kůže je jednoduché a že stačí rozdělit lidstvo na dvě kategorie na bílé a černé. To je samozřejmě nesmysl a jedná se o silně subjektivní hodnocení. Pokud bychom se podívali na barvu kůže různých lidí zjistíme, že u některých si nejsme jisti jestli je máme zařadit mezi bílé nebo černé, protože mají pleť kávovou, čokoládovou, olivovou, béžovou a podobně, protože existuje mnoho výrazů pro popis barvy pleti. Všechny jsou vysoce subjektivní. Proto bylo nutné do hodnocení barvy kůže vnést objektivní, standardizované metody.

Původně a s tím jste se setkali patrně i Vy při studiu metody výzkumu živého člověka se pro určování barvy kůže užívaly barevné standardy, které se porovnávaly s barvou kůže probanda. Barva byla natištěna na kartonu s dírkou uprostřed a tyto kartičky se přikládaly na pleť a podle toho která se nejvíce blížila (podle názoru výzkumníka) barvě pleti probanda, ta určovala jakou barvu pleti zkoumaný proband má. Tento způsob posuzování barvy kůže byl nejen zatížen vysokou mírou subjektivity, ale také byl silně ovlivněn silou osvětlení.

Dnes je barva kůže posuzována mnohem objektivněji prostřednictvím přístrojů, které jsou založeny na principu reflexní spektrofotometre. První takový přístroj byl vyroben v roce 1939. Spektrofotometrické hodnocení odrazu světla z pokožky nám umožňuje mnohem přesnější hodnocení barvy kůže a navíc hodnoty jsou získány objektivní cestou bez ovlivnění názorem výzkumníka. A je zcela vyloučen interobserver error, který vždy vznikal když byly různé skupiny lidí zkoumány různými výzkumnými týmy. Takovéto výsledky byly navzájem nesrovnatelné. Metodika měření barvy kůže prostřednictvím reflexní spektrometrie je založena na principu, kdy se paprsky viditelného spektra světla o různých vlnových délkách (od modré po červenou) osvětluje kůže člověka. Světlá pokožka odráží více světla než pokožka tmavá. Tato skutečnost umožňuje zjistit procentuální množství odraženého světla a toto množství odraženého světla určuje barvu kůže. Přístroje, které byly pro měření barvy kůže užívány asi do 50. let 20. stol. byly velké a tedy nepřenosné, navíc jejich princip vyžadoval měření při několika vlnových délkách, což snižovalo objektivitu výzkumu. V roce 1951 byl konečně vytvořen přístroj, který umožnil mnohem snadnější a objektivnější měření barvy kůže. Zajímavé je, že tento přístroj byl původně užíván v textilním průmyslu k zjišťování barvy látek u různých šarží aby bylo dosaženo vždy stejného odstínu. Tento přístroj byl lehký, tedy přenosný a pro měření barvy potřeboval jen několik vlnových délek viditelného spektra. V roce 1954 byl poprvé využit k antropologickému výzkumu. Tento přístroj promítá světlo skrze skleněné filtry určité barvy, které umožní průchod jen určité

barvy světla na kůži. Světlo je odraženo od kůže zpět a měřeno fotočlánkem (opět světlá pleť odrazí více světla než tmavá). Tento přístroj je dodáván se sadou standardizovaných filtrů. Takovéto měření barvy kůže je sice objektivní, ale nese s sebou také nevýhody.

Spektrometrických přístrojů, které jsou užívány k výzkumu barvy kůže je více a mezi sebou se liší a jejich výsledky nelze porovnávat. Existují však převáděcí rovnice, které umožňují porovnat výsledky obou typů přístrojů. Ovšem konverze výsledků přístrojů mezi sebou je problematická. Proto je lepší před výzkumem zjistit jaký přístroj byl užít na srovnávací soubory a ve svém výzkumu je nutné užít ten samý. Jedná se o přístroje nazvané E.E.L. (nazvaný podle výrobce Evans Electroselenium Limited dnes se firma nazývá Diffusion Systems Limited), tyto přístroje užívají 9 filtrů, které jsou označeny čísly 601-609. Barva filtrů je zelená až červená. Další přístroj se nazývá Photovolt reflektometr, který užívá 6 filtrů po dvou pro modrou, zelenou a červenou vlnovou délku viditelného spektra.

Po roce 2000 byly vytvořeny další spektrometry, které byly v antropologickém výzkumu použity. Pro ty však zatím žádné převodní rovnice neexistují a tak je srovnání výsledků problematické.

Barvu kůže měříme zpravidla na vnitřní straně paže nad loketním kloubem. Jedná se o standardizované místo, snadno dostupné a akceptovatelné většinou probandů (nemusí se svlékat a odhalovat choulostivé partie těla. Také je toto místo velmi málo ovlivněno okolním prostředím jako je např. opálení. Proto na tomto místě uvažujeme změřit vrozenou barvu kůže nijak neovlivněnou vnějším prostředím. Dříve někteří autoři měřili barvu kůže na čele nebo na zadní straně paže, což jsou místa silně ovlivněná prostředím a dnes se nedoporučují užívat. Také byl v minulosti zkoumán rozdíl v barvě kůže v místech nevystavených slunci a vystavených slunci, protože nepředpokládalo, že nám ukazují míru do jaké pokožka jedince dokáže ztmavnou po expozici slunci. Takovéto výzkumy skončily v roce 1977, kdy bylo zjištěno, že novorozenci, jejichž pokožka nebyla nikdy vystavena slunečnímu záření vykazovali při měření reflektometrem různý odraz světla na různých místech těla. Tyto děti měly čelo o 10 – 12% tmavší než vnitřní stranu paže nad loktem a podobné výsledky byly zjištěny i na dalších částech těla. Tato skutečnost jasně ukázala že rozdíly v pigmentaci nemusí vždy ukazovat míru tmavnutí v důsledku expozice slunečnímu záření.

Možná se vám zdá divné, že barva kůže je měřena na základě několika vlnových délek. To má několik důvodů: 1. světlá kůže ukazuje velkou reflektanci při všech vlnových délkách. Ukazuje se ovšem, že nejlépe rozdíly ukazuje červená část viditelného spektra a pokud měříme pouze jednu vlnovou délku je nejlepší užít práce tu pro červené světlo. Obecně můžeme říci, že reflektance vzrůstá s vlnovou délkou. Je zajímavé, že populace s velmi světlou pokožkou jako např. Holanďané, vykazují při vlnové délce 545 nm sníženou reflektanci, tuto anomálii označujeme jako hemoglobínový pokles, který vidíme jen a pouze u světlých populací. U nich totiž nedostatek melaninu v kůži způsobuje, že zelená část spektra není blokována melaninem v pokožce, ale je absorbována červenou barvou hemoglobinu (která je tmavá) a tedy u takovýchto lidí se v této vlnové délce objevují hodnoty pro tmavou pokožku, kterou nemají. U tmavších populací nic podobného nepozorujeme.

Rozdíly v reflektaci pokožky uvnitř populací závisí na původu probandů. Dítě rozdílně pigmentovaných rodičů (jeden světlý a jeden tmavý) bude mít tendenci ke středně pigmentované pokožce. Toto bylo zjištěno při výzkumu anglických rodin, kde žena byla světlá a muž afrického původu velice tmavý. Křivka reflektance jejich dětí se blížila předpokládaným průměrným hodnotám (50:50 barva otce a matky). To se ovšem týkalo celého vzorku, jednotlivé děti se v barvě kůže lišily. Některé byly tmavší jiné světlejší. Jinak variabilita v barvě kůže uvnitř populací je předpokládaná a je ovlivněná velkým množstvím faktorů.

## Dědičnost barvy kůže

Poměrně dost studií prokázalo vysoké hodnoty dědivosti barvy kůže u člověka (0,5-0,8). Tyto studie prokazují že variabilita v barvě kůže je do vysoké míry dědičná. Dřívější studie předpokládaly polygenní model dědičnosti který obsahoval tři nebo čtyři lokusy, které ovlivňovaly barvu kůže stejnou měrou. Práce z 80. a 90. let tvrdily, že existuje mnohem více lokusů, které ovlivňují barvu kůže člověka, Současné práce z konce 90. let a roku 2000 hovoří tom, že existují tři hlavní geny, které ovlivňují barvu kůže prostřednictvím produkce melaninu. Největším úspěchem je identifikace genu pro melanocortin 1 receptor (MC1R), který se nachází na chromozomu 16 a je spojen s variabilitou barvy kůže.

## Variabilita v barvě kůže

Variabilitu v barvě kůže pozorujeme mezi jednotlivými populacemi i uvnitř populací samotných. Intrapopulační variabilita v barvě kůže je zapříčiněna pohlavím a věkem a dále spojena s hormonálními vlivy. Jak se ukazuje interpopulační variabilita koreluje silně s nadmořskou výškou.

## Pohlavní rozdíly

Obecně lze říci, že muži mají tmavší pleť než ženy, což je dáno patrně rozdílným množstvím melaninu v pokožce a také rozdíly v pohlavních hormonech. Zajímavé je, že sice většina prací uvádí skutečnost, že muži mají obecně tmavší kůži než ženy, ale existují studie, které mluví o opaku nebo tvrdí, že rozdíly v barvě kůže nejsou a tato svá zjištění vysvětlují kulturními rozdíly – rozdělení činností a rozdílná délka pobytu na slunci u obou pohlaví. Všechny tyto poznatky lze shrnout následovně. Rozdíly v barvě kůže u mužů a žen jsou velmi malé. U žen je tendence ke světlejší pokožce, asi o 3-4% než u mužů. Příčinou světlejší kůže žen má být větší potřeba vápníku a to především v těhotenství a během kojení. Poslední práce z roku 2002 tento názor potvrzuje a prokazuje, že ženy tvoří mnohem více vitamínu D.

## Věkové rozdíly

Děvčatům pleť během růstu a vývoje (a stárnutí) tmavne a to poměrně hodně. U mužů není zcela jasné jestli je to stejné. Práci, které by se jimi zabývaly je málo a docházejí k odlišným závěrům (buď tmavnou také a nebo netmavnou). Proto se ve většině učebnic variability člověka hovoří o barvě kůže v souvislosti s věkem pouze o ženách, že u nich je tmavnutí kůže během stárnutí zaznamenatelné. A vysvětlují tento jev změnou hormonální hladiny během stárnutí, která ovlivňuje množství melaninu v pokožce. V souvislosti s barvou kůže a věkem je jen velmi těžké nějak generalizovat.

## Geografická distribuce barvy kůže

Geografická distribuce barvy kůže je v lidské populaci studována od nepaměti. Je známo, že barva kůže je jednak závislá na zemské šířce - populace žijící blíže rovníku mají tendenci k tmavší pleti než populace žijící od rovníku dále. Tedy existuje prokázaná korelace mezi barvou kůže a vzdáleností od rovníku.

Co mohlo způsobit toto rozložení? Ukazuje se zde působení více faktorů. Jako odraz geografického rozložení intenzity UV záření na zemi. UV záření je nejsilnější na rovníku a zeslabuje se se vzdáleností od rovníku. Práce z roku 2000 prokázala silnou korelaci mezi barvou kůže a intenzitou UV záření. Všechny tyto vztahy jsou však mnohem komplikovanější. UV záření je silnější na jižní polokouli (tedy pod rovníkem) než ve stejné nadmořské výšce na severní polokouli. To způsobuje opět soubor faktorů, které zahrnují rozdíly ve tvaru zemských polokoulí a postavení kontinentů na nich, rozdíly v množství ozónu na polokoulích, a nepravidelnost dráhy oběhu země kolem slunce, díky čemuž je jižní polokoule v létě mnohem blíže slunci než severní polokoule. Pokud bychom vzali v potaz

všechny tyto faktory, předpokládali bychom že na obou polokoulích se budou vyskytovat rozdíly v barvě kůže u populací žijících ve stejné zemské šířce. Výzkumy ukazují, že lidé z jižní polokoule mají mnohem nižší reflektanci (jsou tedy tmavší) než lidé ze stejné zeměpisné šířky na severní polokouli. Což je pochopitelné, pokud na jižní polokouli uvažujeme vyšší intenzitu UV záření. Podle matematického modelu založeného na výše uvedených předpokladech se ukazuje, že reflektance kůže se zvyšuje směrem od rovníku na obou polokoulích, ale ne na obou polokoulích stejně. Na severní polokouli se zvyšuje každých 10 stupňů o 8,2%, kdežto na jižní polokouli to bude jen o 3,3% každých 10 stupňů.

Nejtmavší lidé žijí na afrických savanách asi po severní hranici rovníkových deštných pralesů. Obyvatelé těchto pralesů jsou světlejší, stejně jako Křováci a Hottentoti, kteří mají dokonce žlutohnědé zbarvení podobně jako Mongolové nebo indiáni. Mimo Afriku žijí lidé s tmavou pletí v Melanézii, na Nové Guinei a v některých oblastech jižní Indie, velmi tmavou až černou kůži mají také australští domorodci.

Nejsvětější obyvatelstvo žije v severní Evropě, v oblasti s chladným podnebím, kde je malá intenzita slunečního záření.

Je tedy jednoznačné, že lidé málo pigmentovaní, se světlými vlasy a očima žijí v chladných oblastech s malou intenzitou ultrafialového záření, kdežto v oblastech teplých s intenzivním slunečním svitem, budou žít lidé s tmavou pletí a tmavými vlasy i očima.

V dnešním světě ovšem dochází k míšení populací velmi intenzivně, proto tato pravidla jsou obecně porušována. Např. v severní Indii můžeme potkat lidi s tmavou kůží a vlasy, ale modrými očima, kdežto v severní Evropě zase lidi se světlými vlasy a kůží, ale černými očima.

### Evoluce barvy kůže

Jaké události vedly působení přírodního výběru v takové míře, že barva kůže lidské populace dosahuje tak velké variability?

Diskuse o vlivu slunečního záření ukazuje, že barva kůže má některé přímé vlivy na přežití člověka v některých přírodních prostředích. Všechny tyto faktory spojené se složením skeletu metabolismus vápníku, pigmentace kůže a vliv ultrafialového záření vyvolávají otázku. Jak tyto faktory ovlivnily vývoj člověka. Je původní barva člověka tmavá nebo byla světlá jako u nepigmentovaných Evropanů?

Porovnání barvy kůže obyvatel různých zeměpisných šířek a také primátů ukazuje, že za posledních 6 milionů let, došlo k několika hlavním změnám v barvě kůže. Tedy v průběhu lidské evoluce. Většina kůže recentních lidoopů je nepigmentovaná, kromě oblastí bez srsti, které jsou vystaveny slunci. Tento stav je považován za primitivní znak, který byl vlastní našemu společnému předku, ze kterého jsme se vyvinuli a který prošel změnami. Za modelový stav, který měl náš předek, který se podobal recentním primátům považujeme pokožku recentních šimpanzů, kteří mají pokožku lehce pigmentovanou a pokrytou tmavou srstí. Když se hominidé adaptovali na prostředí tropické savany, začali pomalu ztrácet srst, která pomalu řídla a naopak se jim začaly množovat potní žlázy. Oba procesy vedly ke vzniku holé kůže člověka, která je považována za dobrou adaptaci na horké africké podnebí. Od chvíle, kdy srst přestala chránit jejich kůži proti účinkům ultrafialového záření, musela se objevit pigmentace pokožky, kterou považujeme za evolučně výhodný znak. Předpokládáme, že v průběhu 2 milionů let, po které žili hominidé pouze v Africe, měli tmavou plet'

Odchodem z Afriky se dostali do severnějších oblastí s nižší intenzitou ultrafialového záření. Předpokládáme, že v této době měli tmavou plet' a trpěli nemocemi podobnými jako trpí dnes pigmentovaní lidé v oblastech s nízkou intenzitou UV záření. Podle kosterních nálezů můžeme dokumentovat, především u Neandertálců, že tito trpěli nerovnoměrnou kalcifikací kostí, pravděpodobně v důsledku nedostatku vitamínu D. Za takových podmínek s nízkou

intenzitou UV záření, a nedostatkem vitamínu D v potravě, upřednostňoval přírodní výběr méně pigmentované jedince.

Selekce jedinců, kteří mohli zdravě žít za těchto podmínek, to znamená nepigmentovaných lidí trvá až do našeho století. Máme důkazy, že přizpůsobení se těmto selektivním silám trvá tisíce let. Ještě v mezolitu někdy mezi 10 000 a 15 000 lety B.P. trpěla severoevropská civilizace špatnou mineralizací kostí. Kosterní pozůstatky ze Švédska a jiných oblastí severní Evropy nesou mnoho znaků špatné kalcifikace a to jak na kostech tak na zubech.

Dvě věci umožnily přežití druhu *Homo sapiens sapiens* v severních oblastech. Zaprvé to bylo postupné ubývání kožního pigmentu po generace, kdy přírodní výběr zvýhodňoval lidi se světlejší kůží. Zadruhé vyšší spotřeba rybiho masa, které je bohaté na vitamín D za uplynulých 6000 let. Také nevíme kde se vzal prostředek domácí medicíny proti křivici: podávání rybiho tuku dětem, aby se křivice vyléčila. Také vznikl obyčej nechávat děti venku na slunci a to i v těch nejchladnějších měsících roku aby bylo trochu na vzduchu a na sluníčku. Oba tyto zvyky měly jediný účel pomoci druhu přežít a vytvořit velké populace a to v severní Evropě.

Rozložení barvy kůže v recentní světové populaci tedy ukazuje, že za dobu kterou obývají lidské populace teritoria vzdálená od rovníku jejich kůže zesvětlala.

### **Zvýhodnění tmavě pigmentovaných populací**

Už jsme se bavili o rozšíření tmavě pigmentovaných lidí po světě. Tuto zónu můžeme zhruba ohraničit jako tropy. V této oblasti je velmi intenzivní sluneční záření a to po celý rok. Jednotlivé oblasti se od sebe liší ve slunečním svitu jen nepatrně a to v závislosti na nadmořské výšce. S nadmořskou výškou se zintenzivňuje složka krátkovlnného záření (UV od 290 do 320 mikrometrů). Právě tato složka slunečního záření může způsobovat spálení kůže a opálení a stimuluje syntézu vitamínu D3 ze 7 - dehydrocholesterolu. Sezónní změny přinášení změny v intenzitě ultrafialového záření dopadajícího na zemský povrch ovšem jen v některých teplotních zónách. V blízkosti rovníku nějaké kolísání v intenzitě slunečního záření neexistuje. Jedná se jen o malou změnu z 290 na 320 mikrometrů.

Rozšíření lidí tmavé pleti se shoduje s oblastmi se zvýšeným slunečním svitem. Tato skutečnost vedla mnoho badatelů k domněnce, že barva kůže má význam pro adaptaci a tito lidé proto tito lidé žijí v těchto klimatických oblastech. Ovšem tento argument byl často napadán zjištěními, že populace obývající vlhké tropické pralesy s malou intenzitou slunečního světla dosáhli v barvě kůže bezkonkurenčně nejtmašších odstínů. Ovšem kdyby platila první hypotéza, podmínky bránící průniku ostrého slunečního záření by se staly silnými selektivními silami. Obě tyto teorie byly založeny na studiu stupně pigmentace pokožky a nepochopení některých významných vlivů: druh slunečního záření, jeho vlivu na kůži, jednoduchá fyzická geografie a podmínky k životu lidí v tropických oblastech. Diskuse o pigmentaci lidské kůže je ve skutečnosti pouhou spekulací, jen málo podloženou tvrdými daty. Pokusíme se zde pojednat o tom, zda obsah melaninu v kůži je ve skutečnosti v určitých přírodních podmínkách výhodou nebo nevýhodou.

### **Sluneční záření**

Na obrázku 6-4 je zobrazeno spektrum slunečního záření a intenzita jeho složek. Viditelné záření od 400 do 800 mikrometrů je ovlivněno podmínkami v atmosféře a vodní páry ovlivňují objem infračervené složky dopadající na zemský povrch. Infračervená část slunečního spektra zvedá teplotu kůže a způsobuje pocit tepla, když se vystavíme slunci. Ultrafialové záření mezi 290 až 320 mikrometrů je absorbována ozónem, ale není ovlivňována vodními parami, proto se můžeme spálit i když je zataženo. Energie

ultrafialového záření je ovlivněna částí dne jak vidíme na obr 6-5 část A. Křivka 1 ukazuje intenzitu slunečního záření v poledne a křivka 2 jeho intenzitu ve 4 hodiny odpoledne –to je intenzita UV záření téměř nulová.

### Lidská kůže a sluneční záření

Vliv sluneční energie na lidskou kůži se liší v závislosti na vlnové délce (obr. 6-5 c). Nehluběji do kůže proniká infračervené záření a krátké ultrafialové záření proniká jen povrchovými částmi pokožky (stratum germinativum). Do silně pigmentované kůže sluneční záření proniká mnohem méně než do kůže světlé jak vidíte na obrázku, kde písmeno W znamená bílou pleť a N pleť pigmentovanou. Rozdíly v průniku slunečního záření jsou důležitými faktory při adaptaci na sluneční záření.

Protože posuzujeme barvu kůže podle viditelné složky slunečního spektra, vidíme rozdíly v jejích v reflektivních schopnostech. Obr. 6-6 ukazuje schopnost odrazu záření kůže černých a bílých Američanů. Křivky ukazují, že mnohem více odráží sluneční paprsky pleť světlá. Ovšem tyto křivky byly vytvořeny na základě průměrných hodnot. Obr. 6-7 ilustruje rozsah odrazu slunečního záření u některých populací s rozdílnou kožní pigmentací. Odraz byl měřen na horní hranici viditelné složky spektra. Lidé s nejbělejší pokožkou odráželi 50% světla, zatímco australští domorodci jen 10%. Ostatní skupiny odrážely světlo v rozmezí těchto extrémních hodnot. Obě skupiny zahrnovaly muže i ženy. Jak se ukázalo, muži odráželi paprsky méně než ženy.

Když dáme dohromady všechny tyto faktory, měli bychom se dobrat k následujícímu zjištění: zaprvé intenzita ultrafialového záření v tropech je ovlivněna sezónními změnami, ale ultrafialové záření do kůže proniká jen velmi málo. Dále vodní páry neredukují ultrafialovou složku slunečního spektra. Zadruhé schopnosti kůže odrážet sluneční paprsky jsou takové, že viditelná složka slunečního spektra je odrážena více světlou kůží než tmavou, ale infračervené záření prostupuje kůží až do nejhlubších částí. To by znamenalo, že lidé s tmavou kůží by měli mít mnohem menší pocity tepla a naopak lidé s kůží světlou by měli cítit mnohem více teplo z infračerveného slunečního záření, v důsledku jeho vyšší prostupnosti kůží.

Ultrafialové záření v pokožce může napáchat velké škody. Nejvíce je ohrožena spálením. Kromě toho že je bolestivé, může mít mnohem hlubší důsledky. Může poškodit potní žlázy, což má negativní dopad na adaptaci a odolávání horkému podnebí a tedy stresu z přehřátí. Dalším důsledkem spálení je ohrožení organismu infekcí, což opět ovlivňuje schopnost přežít v teplém klimatu a dává nevýhodu lidem se světlou pleť.

S několika výjimkami nomádů, lovců a sběračů, kteří obývají tropické deštné pralesy (je jich jen málo), většina populací v tropické oblasti žije zemědělským nebo pasteveckým způsobem života. Zemědělci museli zničit les a tak si zničili ochranu před intenzivním slunečním zářením. Pastevci misí žít v otevřené krajině, protože pasou a sledují svá stáda. Potom argument, že lidé s nejtmaší pleť žijí v tropických stinných pralesích není správný. Ve skutečnosti většina těchto lidí žije v podmínkách silného slunečního záření.

### Rakovina kůže

Na sever od rovníku mají populace světlejší kůži a tuto skutečnost podporuje také argument o vztahu intenzity slunečního záření a barvy kůže. Pro tuto skutečnost existuje několik možných vysvětlení. Zaprvé pokud se díváme na epidermis jako na filtr, který redukuje množství ultrafialového záření pronikajícího do kůže, můžeme vytvořit teorii o výhodách a nevýhodách vysoké koncentrace melaninu v kůži v různých přírodních podmínkách. Melanin brání většině slunečního záření vstoupit do kůže, to znamená, že tmavě pigmentovaní lidé nejsou vystaveni silnému vlivu ultrafialového záření a s tím spojenému slunečnímu spálení a rakovině kůže.



Spálení závisí na stupni poškození buněk a krevních kapilár, a otoku (shromáždění se mezibuněčné tekutiny pod kůží). Mimo to, že spálení je bolestivé, je také velice nebezpečné, protože otevírá cestu pro další poškození organismu jako je infekce a ztráta tepelné energie. Velmi dlouhý pobyt na slunci může v organismu napáchat nenapravitelné škody. Např. předčasné zvrásnění kůže je důsledkem poškození elastických a kolagenových vláken v kůži. Tmavě pigmentovaní lidé jsou mnohem více chráněni před těmito poškozeními a to v důsledku filtračního efektu melaninu a proto se nám může na první pohled zdát, že tito lidé stárnou mnohem pomaleji než my.

Byl prokázán vztah mezi zemskou šířkou a rakovinou kůže. Bylo zjištěno, že ultrafialové záření může za určitých podmínek způsobit rakovinu kůže. UV záření může poškodit gen, který normálně inhibuje rakovinné bujení. Nebezpečí vzniku rakoviny kůže je u světových populací různé a liší se až o 100 procent. Tyto rozdíly jsou dány především barvou kůže. Bylo prokázáno, že barva kůže, síla UV záření a počet onemocnění rakovinou kůže jsou úzce propojeny. Existuje silná korelace mezi výskytem rakoviny kůže a úmrtí na ni a zemskou šířkou, přičemž jak výskyt rakoviny tak mortalita na ni klesá se vzdáleností od rovníku. Dále množství výskytu rakoviny kůže je mnohem menší u tmavě pigmentovaných populací než u světle pigmentovaných lidí obývajících stejnou zemskou šířku. Podle americké studie z Texasu se rakovina kůže vyskytuje u 5 ze 100 000 obyvatel Texasu černé pleti, kdežto mezi bílými obyvateli se vyskytuje v poměru 113 na 100 000. Tyto údaje opět mluví ve prospěch teorie o evoluci tmavé pleti u populací žijících blízko rovníku. Bílí lidé mají v těchto zeměpisných šířkách nevýhodu a budou selektováni z populace pryč prostřednictvím zvýšené pravděpodobnosti onemocnění rakovinou kůže. Někteří badatelé argumentují, že ačkoliv náchylnost k rakovině kůže je u bílých populací v tropech nezpochybnitelná, nelze právě rakovinu kůže považovat ze zásadní faktor, který ovlivnil evoluci barvy kůže, protože rakovina se vyskytuje spíše v pozdních fázích života a právě velmi často až po ukončení reprodukční schopnosti člověka. Pokud přírodní výběr skutečně působí na lidskou populaci prostřednictvím délky života a různé plodnosti žádná z nemocí, které postihují organismus až po ukončení reprodukční periody nemůže být prostředkem přírodního výběru. Další badatelé argumentují tím, že výskyt rakoviny kůže u mladých lidí je malý a proto ji považují pouze za přídatný selekční tlak. V roce 1991 byl proveden výzkum výskytu rakoviny kůže v jižní africe a byli zkoumáni albíni a normálně pigmentovaní lidé. Bylo prokázáno, že u albínů se rakovina kůže nebo alespoň premaligní léze začaly vyskytovat už ve 20 letech, což je velmi časný nástup rakoviny kůže.

Když všechny dosud získané poznatky shrneme, lze říci, že rakovinu kůže můžeme považovat za jeden z faktorů, který u našich předků vedl k vývoji tmavé pokožky. Nelze ji však považovat za faktor jediný a hlavní. Za hlavní faktor vedoucí k vývoji tmavé kůže je považováno nebezpečí spálení kůže slunečním zářením.

### Toxicita vitamínu D

Jak všichni víme, vitamín D je základním vitamínem, které náš organismus potřebuje k správnému chodu. Vitamín D je nezbytný pro metabolismus vápníku. Ve stravě ho nepřijímáme, kromě rybího tuku. Je syntetizován působením ultrafialového záření – přesně jeho složky UV-B (vlnová délka 280-320 nm) na sterolovou složku 7 – dehydrocholesterolu, která se nachází v nižších vrstvách epidermis a vytváří látku nazvanou previtamín D, který je v konečném kroku konvertován na vitamín D. Jeho množství potřebné pro udržení chodu metabolismu vápníku je malé (asi 400 jednotek denně).

Nedostatek vitamínu D člověku způsobuje problémy, ale tomu se budeme věnovat s souvislostí se selekcí světlé kůže. Teď hovoříme o zvýhodnění tmavě pigmentovaných jedinců. Výhodu opět vidíme u lidí s tmavou pokožkou v oblastech, kde je velmi silná intenzita slunečního a tedy i UV záření, protože melanin v kůži brání tvorbě nadměrného

množství vitamínu D fotochemickou cestou a tedy tmavá kůže chrání člověka před hypervitaminóze D. Nadměrné množství vitamínu D v organismu je pro člověka toxické a může vést až ke kalcifikaci měkkých tkání v těle a postihuje funkci ledvin a může způsobit smrt. Toxických hodnot by dosáhla asi při 40 000 jednotkách u dětí a 100 000 jednotkách u dospělých (normální jedinec potřebuje mezi 400 až 1000 jednotek denně). Pokud vystavujeme slunci celé tělo, zvedá se produkce na 120 000 jednotek kalciferolu za hodinu, což je hodně nad toxickou hladinou (10 000 – 100 000 jednotek denně). Ovšem oblečením se plocha exponované kůže redukuje. Měli bychom si ale všimnout, že lidé v tropech se mnoho neoblékají. Kromě toho v průběhu prvních několika let se děti neoblékají vůbec a na slunci se pohybují mnohem více než dospělí. To může přispět k hypervitaminóze D.

Již od počátku studia variability barvy lidské kůže tvrdili autoři, že tmavá kůže se vyvinula v evoluci člověka jako ochrana před hypervitaminózou D, protože tmavá kůže zabraňuje až 95% UV záření vstoupit do hlubších vrstev pokožky, kde je vitamín D syntetizován. Pozdější výzkumy však ukázaly že člověk nikdy nesyntetizuje tolik vitamínu D, aby dosáhl toxického množství. Tato skutečnost byla prokázána již v roce 1981, kdy byl zkoumán vliv umělého UV záření v laboratoři na kůži vzorku tmavě pigmentovaných lidí za účelem zjistit množství syntetizovaného provitamínu D. Bylo zjištěno, že syntéza provitamínu D stoupá jen do určité hodnoty a tu nikdy nepřekročí. Jakmile je dosaženo hraniční hodnoty, 7-dehydrocholesterol je přeměňován na dvě inertní substance a ne na vitamín D. Tento výzkum jasně prokázal, že hypotéza ohledně vývoje tmavé kůže člověka v souvislosti s nebezpečím hypervitaminózy D je špatná.

#### Fotolýza vitamínu M

Diskuse o ochranných funkcích melaninu musí počítat s efektem fotolýzy, tedy s chemickým rozkladem prostřednictvím viditelného spektra světla.

Jedním z vitamínů, které jsou postiženy rozkladem při expozici slunečnímu světlu je vitamín M – kyselina listová (vitamín, který je složkou komplexu vitamínu B) a právě ohrožení fotolýzou vedlo k evoluci tmavé pokožky. Již v roce 1978 bylo prokázáno, že koncentrace vitamínu M v lidské plasmě statisticky významně klesne po krátkém vystavení UV záření. Stejný efekt byl pozorován u živé populace kdy bylo zkoumáno 10 pacientů se světlou kůží, kteří prodělali terapii UV zářením a 64 probandů také světle pigmentovaných, zdravých. Pacienti, kteří byli léčeni UV zářením měli v krevním séru statisticky významně nižší hladinu vitamínu M, než skupina zdravých lidí nevystavených UV záření. Podle autorů této studie lidé s bílou pletí, kteří obývají tropické oblasti s vysokou intenzitou UV záření, trpí nedostatkem vitamínu M. Výzkumy z poslední doby 2000 a 2002 ukazují spojení fotolýzy vitamínu M a působení přírodního výběru. Bylo prokázáno, že nedostatek vitamínu M způsobuje poškození míchy hřbetní, vrozené defekty, které postihují vývoj nervové soustavy. Dvě z těchto malformací - anencephalie a spina bifida postihují mnohem častěji světle pigmentované jedince a zapříčínují poměrně hodně úmrtí v dětském věku. Bylo jasně prokázáno na vzorků Američanů černé pleti, že u nich se vyskytuje mnohem méně snížení hladiny vitamínu M a mnohem méně postižení míchy hřbetní než u bílých. Normální hladina kyseliny listové v organismu snižuje nebezpečí defektu míchy hřbetní až o 70% a proto teorie, že nízká hladina vitamínu D může způsobit vznik defektu míchy již v embryonálním stádiu je vysoce pravděpodobná. Dále několik prací prokázalo, že nedostatek vitamínu M vede také ke snížení plodnosti. Jedná se především o muže, u nichž snížená hladina vitamínu M vede k problémům v produkci spermatu a tedy ke snížení plodnosti.

Podle některých autorů byla právě fotolýza vitamínu M hlavním faktorem v evoluci člověka, který, který vedl k vývoji tmavé pokožky již u raných hominidů v Africe. Ti, kteří měli světlou pleť trpěli fotolýzou a tedy i nedostatkem vitamínu M a to vedlo ke zvýšené mortalitě zapříčiněné zvýšeným množstvím defektů míchy hřbetní a zároveň ke snížení fertility

především u mužů. Z těchto důvodů byli lidé se světlou kůží vyselektováni pryč z populace a selektivní výhoda byla na straně lidí s tmavou kůží. Tuto hypotézu podporují také epidemiologické a fyziologické studie. To však neznamená, že jiné faktory spojené s výhodou tmavé barvy kůže jako je nebezpečí spálení nebo rakovina kůže neovlivňovaly reprodukční zdatnost populací. Obecně lze říci, že tmavá kůže chrání svého nositele před fotolýzou důležitých látek, poškození kůže a tedy organismu a poškození potních žláz, tedy zásahem do termoregulace.

### **Zvýhodnění lidí se světlou pokožkou**

Většina výzkumů se shoduje na tom, že tmavá pokožka je nejvýhodnější pro obyvatele oblastí blízko rovníku, kde je chrání před poškozením organismu UV zářením. Rozložení barvy kůže v recentní populaci ukazuje, že lidé se stěhovali dál od rovníku. Čím více se dostali severně, tím světlejší pokožku mají. Možné poškození organismu UV zářením v severních oblastech klesá. Toto však vysvětluje pouze že se mohla v těchto oblastech vyvinout populace se světlou kůží, ale nevysvětluje proč se vyvinula. Abychom mohli uspokojivě vysvětlit rozložení barvy kůže v současné populaci, musíme vysvětlit proč oblasti vzdálené od rovníku obývají populace se světlou kůží.

### **Deficience vitamínu D**

Nejrozšířenější a nejakceptovanější model pro vysvětlení vzniku světlé pokožky je založen na faktu, že v oblastech dále od rovníku je slabší UV záření, jehož intenzita klesá se vzdáleností od rovníku. To znamená, že se vzdáleností od rovníku klesá nebezpečí poškození organismu UV zářením. Tato skutečnost je nad vší pochybnost prokázána např. studiemi, které se zbývaly výskytem rakoviny kůže. Lidé se světlou kůží mají selektivní výhodu v takovém prostředí, kde je slabé UV záření. Nejčastějším vysvětlením selektivní výhody světlých populací v oblasti s nízkou intenzitou UV záření je, že slabší intenzita UV záření vede u tmavě pigmentovaných lidí k nedostatku vitamínu D.

Jak jsem se zmínila dříve vitamín D je nezbytný pro metabolismus vápníku. Ve stravě ho nepřijímáme, kromě rybího tuku. Je syntetizován působením ultrafialového záření na sterolovou složku 7 – dehydrocholesterolu a nachází se ve v nižších vrstvách epidermis. Protože jeho množství potřebné pro udržení chodu metabolismu vápníku je malé (asi 400 jednotek denně) vystavení jen malé oblasti pokrývající tělo slunci na krátkou dobu stačí k jeho syntéze. Bylo zjištěno, že 20 cm<sup>2</sup> jedná se asi o oblast velikou jako dětský obličej je dostačující pro syntézu množství vitamínu D. Snížení velikosti exponované pokožky snižuje odpovídajícím způsobem množství syntetizovaného vitamínu D. Nedostatek vitamínu D a jeho efekt se liší od jedince k jedinci a také závisí na věku člověka. U dětí vzniká křivice. Jejich rychle rostoucí kosti se mnohem pomaleji mineralizují a dochází k deformaci zatížených částí skeletu jako páteře, pánve nebo končetin. Začíná se projevovat především když dítě začíná chodit. Některé akutní formy mohou vést až ke smrti.

Dospělí potřebují vitamín D také, aby si zachovali zdravý kosterní systém. Kostí jsou kontinuálně obnovovány po celý náš život. Pokud máme nedostatek vitamínu D nově vytvořená kost není dostatečně mineralizována. zatížené partie skeletu se začnou deformovat stejně jako u dětí, ale tato choroba u dospělých zvaná osteomalacie probíhá jinak než u dětí. První nese známky nedostatku vápníku páteř. Dochází k propadu těl obratlů. V extrémních případech dojde k ohnutí nohou stejně jako u dětské rachitis. Předpokládáme, že v evoluci člověka byl nedostatek vitamínu D fatální, protože omezoval členy loveckosběračské populace, protože postižení členové nebyli schopni se podílet na zaopatřování potravy. Křivice a osteoporóza jsou velmi silnými faktory přírodního výběru, především u ženské části populace, kde může křivice způsobit změnu tvaru pánve. Obr. 6-8 ukazuje normální a křivický pánevní vchod. Už jen malá deformace pánve redukuje porodní kanál a brání

normálnímu porodu. Zvětšuje se riziko při porodu jak pro matku tak pro plod. Důsledky této choroby byly pozorovány na deformovaných pánevích žen. Pouze 2% bílých žen měly deformovanou pánev, ve srovnání s 15% žen s černou pletí. V případě deformace pánevního vchodu však nemůžeme hovořit pouze o deficienci vitamínu D, ale musíme vzít v potaz také další faktory jako jsou dědičnost a adaptace na přírodní prostředí.

Od té doby co je ve většině zemí přidáván do mléka syntetický vitamín D<sub>2</sub> byla téměř vymícena dětská rachitis.

Tmavá kůže redukuje množství vitamínu D syntetizovaného v organismu, protože syntéza previtamínu D je mnohem delší. V roce 1981 měřili badatelé rychlost a množství previtamínu D, které se vytvoří v různě pigmentované pokožce při stejném množství UV záření jako na rovníku. Zjistili že u slabě pigmentované populace dosáhne hladina previtamínu D maximálních hodnot za 30-35 minut, kdežto u silně pigmentovaných osob za 3-3,5 hodiny. Tato zjištění jednoznačně potvrzují teorii o nedostatku vitamínu D u silně pigmentovaných populací v oblastech s nízkou intenzitou UV záření a tedy o jejich selektivní nevýhodě. Ne všichni autoři však s touto teorií souhlasí. Existují také odpůrci této hypotézy, kteří argumentují tím, že křivice je nemoc, která se objevila relativně teprve nedávno, teprve se vznikem prvních měst a civilizace vůbec. Je koncentrována na městskou populaci, kdežto mezi obyvatelstvem venkova lidí s křivicí nenajdeme. Dále argumentují tím, že vitamín D může být skladován v tělesných tkáních, takže si tělo udělá zásobu v období silné UV radiace (v létě) a tato skutečnost dovoluje snížit syntézu vitamínu D v některých oblastech roku, kdy je intenzita UV záření slabá (v zimě). Dalším argumentem je skutečnost, že i když tmavě pigmentované populace mají v severních oblastech nevýhodu a syntéza vitamínu D jim trvá mnohem delší dobu, pořád ho dokáží vytvořit dostatek ke zdravému životu. To je právě hlavní argument proti teorii s nedostatkem vitamínu D. Rozdílná rychlost tvorby vitamínu D a rozdílné množství vyprodukovaného vitamínu D různě pigmentovanými populacemi sice existuje, ale nebrání tmavé populaci v normálním životě a uvažování o jejich selektivní nevýhodě v severních zeměpisných šířkách je nesmysl. Většina autorů však tyto argumenty považuje za nesprávné, prokazují to na případech výskytu křivice, které byly vždy v souvislosti s nedostatkem vitamínu D. Jiní autoři zase zkoumali intenzitu UV záření na celém světě aby odhadli kolik previtamínu D může člověk syntetizovat v různých zeměpisných šířkách. Jejich výsledky hovoří pro hypotézu deficiencie vitamínu D, protože objevili skutečně nevýhodu (málo previtamínu) u pigmentovaných lidí v severních zeměpisných šířkách, kteří nebyli schopni syntetizovat dostatek vitamínu D.

Nedostatek vitamínu D se objevuje v mnoha prostředích a také v tropických oblastech. Mnohem častěji jsou těmito chorobami postiženy ženy a většinou se jedná o ženy postižené od dětství. Většinou se jedná o osoby pracující uvnitř, šaty neposkytují dostatek volné kůže pro expozici slunce. Např. beduínské ženy v severní Africe a na středním východě většinu dne jsou uvnitř stanu a když jdou ven musí být zahaleny od hlavy až k patě. Slunečnímu světlu je vystavena jen malá oblast okolo jejich očí. tato izolace žen uvnitř stanů má za následek postižení zdraví také dětí. Děti v muslimských kulturách a také u nejvyšších indických kast mají často křivici od dětství, u mnoha z nich se jejich zdravotní stav zlepšuje, když je jim dovoleno hrát si venku. Děvčata se často vdávají ve 12 letech a poté jsou ovšem opět zavřena v domě a tak se choroba u nich obnovuje.

Křivici můžeme také nalézt u moderní industriální populace. Např. u lidí pocházejících z východní Indie nebo Pákistánu, kteří se usadili na Britských ostrovech. za posledních 40 let. Kombinace malého množství slunečního záření v těchto zeměpisných šířkách, více pigmentovaná pleť a stravovací návyky významně redukuje možnosti syntézy potřebného množství vitamínu D. Patologickými následky jsou malformace skeletu. Podobná situace byla pozorována u amerických černochů asi před 70 lety. Před rozsáhlou kampaní pro podávání

rybího tuku byla křivice mezi těmito obyvateli amerických měst velice rozšířená. Dnes je v USA do mléka přidáván vitamín D a tím se předchází nedostatku vitamínu D a to především u tmavé části obyvatelstva USA.

Nehledě na nevýhodu tmavé pleti v chladných oblastech. Má jednoznačnou výhodu v tropických oblastech, kde přílišná expozice slunečnímu UV záření nevede jen ke spálení a rakovině kůže, ale také k hypervitaminóze D.

### Vliv chladu

I když většina antropologů akceptuje vysvětlení vzniku světlé kůže jako adaptaci k nedostatku vitamínu D, existují teorie o tom, že na vznik světlé kůže mohly mít vliv i další faktory jako je např. kolísání teplot. Byla vytvořena tzv. hypotéza poškození chladem (cold injury), která tvrdí že silně pigmentovaná pokožka je mnohem více náchylná k poškození chladem např. omrzlinami a tedy bude mít v chladném prostředí selektivní nevýhodu. Většinou jsou průměrné roční teploty ve vztahu k zeměpisné šířce (nejvyšší na rovníku), tento model vyžaduje aby předpokládaná korelace barvy kůže a zeměpisné šířky korelovala také s teplotou. Máme v několika případech potvrzenou statistickou významnost vlivu teploty na barvu kůže. Pro tuto teorii hovoří výsledky lékařského výzkumu vojáků z války v Koreji, kde v zimě byly nízké teploty. Ukázalo se, že oddíly etiopských vojáků, kteří jsou velmi silně pigmentovaní měli nejvíce omrzlin ze všech národností, které se této operace účastnily. Např. 3x více než američtí vojáci (ti zahrnovali jak bělochy tak černochoy), což toto srovnání mírně znevěhodňuje. Další práce na vojácích tentokrát amerických ukázala dokonce 6x více omrzlin u černochoů než u bělochoů. Pro vliv chladu na distribuci barvy pleti hovoří také fyziologické studie, které pracovaly s flekatými morčaty, kde jejich pokožku ochlazovali. Ukázalo se, že mnohem větší škody napáchal chlad na tmavých částech kůže. Teorii o vlivu chladu na vznik bílé pokožky neakceptovalo poměrně hodně badatelů, kteří argumentují tím že výsledky výzkumů jsou zavádějící a pokusy metodicky špatně provedené. Když všechny poznatky shrneme, lze říci že nelze určit jediný faktor, který vedl ke vzniku světlé kůže a že k tomu s největší pravděpodobností přispělo faktorů více, mezi které může patřit deficiencie vitamínu D a také poškození chladem. Je však jednoznačné, že deficiencie vitamínu D je lépe podložena argumenty.

### Pohlavní výběr a barva kůže

Další model předpokládá, že bílá pokožka se vyvinula jako důsledek působení pohlavního výběru. Tato teorie předpokládá, že muži preferují ženy se světlejší pletí. Pokud je tato hypotéza správná, tak současné rozložení barvy kůže ve světové populaci by šlo vysvětlit působením směsi přírodního výběru a pohlavního výběru. Tento model předpokládá, že přírodní výběr preferuje tmavou pokožku, ale síla selekce snižuje se vzdáleností od rovníku. Kdežto pohlavní výběr preferuje světlou kůži. Jaké je spojení mezi upřednostňováním žen se světlou kůží a působením přírodního výběru? Někteří autoři tvrdí, že pokud skutečně ženám kůže v průběhu stárnutí tmavne, měla by být světlá pokožka pro muže signálem, že žena je v reprodukčním věku. Ale vztah mezi barvou kůže je velmi problematický jak jsme si již řekli a málo prokázáný.

Přes to se zdá tento model smysluplný. Ještě než byla tato hypotéza vytvořena (2002) v roce 1986 byl proveden výzkum na etnografické úrovni, který prokázal u mužů preferenci žen se světlou pletí. Můžeme si tedy položit otázku je preference žen se světlou pletí evolučně starým znakem nebo se jedná o kulturní záležitost vzniklou v souvislosti s kolonizací? I když většina zastánců teorie pohlavního výběru tvrdí, že se jedná o evolučně starý znak, nelze to dokázat. Další badatelé včleňují tuto hypotézu mezi ostatní faktory, které považujeme za důležité ve vývoji světlé kůže jako např. intenzitu UV záření a další.

Žádná selekce nepůsobila

Posledním modelem, který zastávají další autoři je názor, že neexistuje selekční výhoda pro světlou pleť a to ani v působení přírodního výběru ani v působení pohlavního výběru. Zastánci této teorie tvrdí, že jak se lidé stěhovali na sever, oslabovalo se působení přírodního výběru pro tmavou pleť a zanedlouho se objevily mutace které vedly ke světlé pleti, bez působení selekce ať už proti nebo pro ni. Jednalo se o neutrální mutaci, která se brzy rychle rozšířila.

Tato teorie však ve vědeckém světě nepožívá velké podpory a to, že rozšíření světlé kůže neodráží žádnou selekční výhodu odporuje některým výzkumům.

Barva vlasů

I když barva vlasů je velice variabilním znakem a velmi dobře pozorovatelným v dnešní době, protože si většina lidí barví vlasy jsou výzkumy tohoto znaku sporadické.

Barva vlasů je také způsobena množstvím melaninu, který je rozptýlen ve vlasu z vlasové cibulky. a obecně bývá ve vztahu k barvě kůže.

Existují dva typy melaninu: eumelanin, černohnědý pigment, který nacházíme ve všech tkáních, které obsahují melanocyty a druhým typem je pheomelanin, barvivo červenohnědé barvy, který se nachází v savčích chlupcích, lidských vlasech ale také třeba ve slepičím perí (červená slepice – taková barva). Barva kůže je dána pouze eumelaninem, ale barva vlasů je určena poměrem eumelaninu a pheomelaninu, kdy u lidí s tmavými vlasy eumelanin dominuje a překrývá pheomelanin. Ostatní barvy vlasů jsou dány poměrem obou pigmentů v rozsahu od hnědé po blond. Zrzavé vlasy vznikají, když převažuje pheomelanin, ale odstín zrzavé je dán příměsí množství eumelaninu.

Barvu vlasů stejně jako barvu kůže můžeme měřit několika způsoby. Můžeme využít vzorníků nebo užít reflexní spektrofotometrii jako v případě barvy kůže. Barvu vlasů měříme na temeni hlavy a ne horní vlasy, které jsou vyšisované sluncem.

Dědičnost barvy vlasů zatím není dobře prostudovaná. Zdá se, že se jedná o polygenně děděný znak, kdy tmavé odstíny jsou dominantní. V současné době jsou zkoumány varianty MC1R genu, který produkuje eumelanin a pheomelanin. Byly objeveny tři různé mutace Arg151Cys, Arg160Trp a Asp294His), které produkují zrzavé vlasy. Ukazuje se, že lidé se zrzavými vlasy mají vždy dvě z těchto tří mutací nebo byli pro jednu z těchto mutací homozygotní.

Variabilita barvy vlasů

Většina lidí má tmavé vlasy. Tmavé vlasy jsou spojeny také s tmavou kůží. Základní charakteristikou barvy vlasů je skutečnost, že se mění s věkem. Obecně barva vlasů s přibývajícím věkem člověka tmavne a toto ztmavnutí je nejvýraznější v období puberty, kdy se projeví zvýšení hladiny hormonů v krvi. Zajímavé je zjištění, že u některých populací, které jsou tmavovlasé, jejich děti mají vlasy světlé. Příkladem jsou australští domorodci, u nichž se u dětí někdy vyskytují blond vlasy, i když jejich pleť je velmi tmavá, jak jsme viděli na obrázku. Jak dospějí, vlasy jim ztmavnou. Důvody proč mají Australci blond vlasy neznáme a jen se o nich spekuluje. např. některé teorie říkají, že se jedná o příměs genů kódujících světlé vlasy a dostaly se do jejich populace v důsledku přimíšení evropských genů, ovšem australští domorodci mají jinak všechny jejich typické znaky.

Barva vlasů může také zesvětlat v důsledku stáří. Kdy u některých vlasů se přestává tvořit barvivo a potom jsou vlasy bezbarvé, tedy bílé. Šedá barva vlasů starých lidí je výsledkem přítomnosti nepigmentovaných a pigmentovaných vlasů.

Kromě Evropy mají ostatní světové populace tendenci k tmavovlasosti. Světlé vlasy u lidí najdeme v nejvyšší koncentraci především v severovýchodní Evropě. Samozřejmě existují mnohem menší oblasti v jiných částech Evropy, kde se vyskytují mezi tmavovlasou populací

světlovlasí lidé. Např. v severní Itálii. Také rezavé vlasy jsou typické pro Evropany. Nejvyšší frekvence dosahují ve Skotsku a Walesu a jejich výskyt je zde spojen s výskytem mutace MC1R genu, která způsobuje změnu v produkci eumelaninu na pheomelanin, oranžové barvivo.

Příčiny této geografické distribuce barvy vlasů nejsou jasné. Předpokládá se, že tmavé vlasy mají opět adaptivní hodnotu v horkém klimatu, protože stejně jako tmavá kůže mají schopnost absorbovat teplo. Předpokládá se, že tmavé vlasy slouží jako izolant, protože tmavé vlasy mohou absorbovat více tepla a také jej více vyzařovat do okolí.

### Tvar vlasů

Když srovnáme kůži člověka s kůží jiných savců, první rozdíl na který narazíme je její lysost (nemáme srst jako oni). Ovšem při bližším pohledu vidíme, že kůže naše není holá; dokonce zcela lysé oblasti mají stejné množství vlasových cibulek v kůži jako ochlupená kůže našich savčích příbuzných. Tyto chlupy jsou mnohem tenčí, v průměru slabší, kratší a téměř bezbarvé. Tělesné ochlupení podléhá u člověka ohromné variabilitě. Některé etnické skupiny mají ochlupení slabší než jiné. Např. mnoho asijských národů a také mnoho kmenů amerických indiánů téměř postrádá ochlupení v obličeji (vousy) i na těle. Lidé obývající Evropu přes střední východ po Afghánistán a Pákistán mají mohutné vousy a dobře vytvořené tělesné ochlupení. U Evropanů se může výjimečně vyskytovat hirtuismus (nadměrné ochlupení trupu a končetin), tento je běžný u Papuánců na Nové Guinei, také u Australských domorodců a Ainů ze Sachalinu.

Také plešatění mužů je geneticky podmíněný znak, který se liší od populace k populaci.

Plešatění můžeme vidět vzácně u mongoloidních populací, Indiánů a Afričanů. Zato u Evropanů a obyvatel středního východu je běžnou záležitostí. Plešatost může být spojena s hirtuismem, ale bylo zjištěno, že geneticky jsou tyto dva znaky naprosto nezávislé.

Také vlasy se velmi liší ve své délce, a tvaru. Můžeme nalézt vlasy od rovných po kudrnaté až spirální. Mongoloidní populace mají rovné silné vlasy s průměrem okolo 100 mikrometrů, na průřezu okrouhlé. Kdežto Evropané rovné až vlnité a mnohem tenčí a jemnější. Zase Afričané mají vlasy velmi kadeřavé, drobně kudrnaté, na průřezu ledvinovité. A nesmíme zapomenout na Křováky a Hottentoty, kteří mají vlasy krátké a spirálovitě stočené až 1 cm široké. Nevíme k čemu se vlasy přizpůsobily, na co podmiňuje jejich tvar, ale některé jejich tvary jako např. kadeřavé a spirální nechávají mezi pokožkou hlavy volný prostor, což zmírňuje intenzitu slunečních paprsků dopadajících na hlavu, což je výhodné zejména v tropických oblastech. Podobnou výhodu můžeme pozorovat u Australských domorodců nebo Melanézanů na Nové Guineji. Jako v případě ostatních polygenně děděných znaků neznáme počet genů, které kódují tento znak. Ovšem někteří lidé nositelé vlnitých až kadeřavých vlasů v Norsku měli také vrozené vady. Jednalo se o příslušníky izolované populace. Předpokládá se, že tyto defekty byly způsobeny autosomálně dominantní alelou právě pro kadeřavou formu vlasů. Černí Afričané mají podobnou formu vlasů, ale jejich vlasy mají jinou kvalitu a jsou kódovány jinou kombinací genů.

### Barva očí

Měření barvy očí je prováděno prostřednictvím vzorníků barvy očí. Proto je opět zatíženo velkou dávkou subjektivity. Ovšem měření barvy očí jiným způsobem, tedy např.

reflektometricky je velmi problematické, protože melanin je v očích určitým způsobem rozptýlen a barva očí je ovlivňována ještě mnoha dalšími faktory.

Barva očí je dána množstvím melaninu který je přítomen ve vrchní vrstvě a pojivu duhovky.

Tmavé – hnědé oči obsahují velké množství melaninu. Modré oči indikují velmi málo, až

žádný melanin ve struktuře duhovky, a modrá barva je způsobena jednak absencí melaninu a jeho způsobem rozptýlení světla v duhovce. Nedostatek melaninu způsobuje, že světlo odražené od relativně málo pigmentované horní vrstvy duhovky dosahuje vlnové délky pro modrou barvu (krátká vlnová délka). Další barvy očí jako např. oříšková nebo zelená jsou způsobeny poměrem množství melaninu a rozptylu světla v duhovce. Sice zřídka, ale můžeme se setkat také s lidmi, jejichž oči nemají stejnou barvu – mají každé oko jiné barvy. Ukazuje se, že více se jich nachází v ženské části populace a tedy se zdá, že se může jednat o znak vázaný na pohlaví.

Ukazuje se jasně korelace mezi barvou očí a barvou pleti a vlasů což ukazuje na pleiotropní efekt spojený s pigmentací (pigmentace ovlivňuje barvu kůže, očí a vlasů). Bylo prokázáno, že rudovlasé ženy, které mají světlé oči mají také světlejší barvu kůže a světlejší barvu vlasů. Barva očí je dědičná. I když existují studie, které tento závěr nepotvrzují. Např. studie z Německa, kde bylo zkoumáno 100 rodin byla objevena frekvence dědivosti jen 0,8, což prokazuje, že u 20% zkoumaných jedinců neodrážela barva očí dědičnost. Jiní autoři tvrdí, že výsledky výzkumu byly ovlivněny subjektivitou metodiky.

Hnědá barva očí je považována za dominantní nad modrou barvou očí. To se můžete dočíst v literatuře. Jedná se však o velké zobecnění, protože dědičnost barvy očí je zatím poměrně málo prozkoumána. Ovšem je jasné, že tmavé oči jsou dominantní nad světlými. To je jasné prokázáno. A proto je nutné brát název hnědé a modré oči s rezervou ve smyslu tmavé a světlé oči.

#### Variabilita v barvě očí

Novorozenci mají obvykle fialové nebo modré oči, které jim poměrně rychle změni barvu jak rostou. U dětí, které mají fialové oči, je tendence k hnědým očím v dospělosti (tomu nevěřím, protože jsem měla sama fialové oči velmi dlouho a teď mám modré). Jiné studie mluví spíše o ztmavnutí očí v dalším růstu.

Světlé oči se ve světové populaci vyskytují v menší míře a nejčastější jsou v evropské populaci. Proč tomu tak je není jasné. Předpokládá se však spojení světlých očí a světlé barvy kůže. Existují však názory, že barva kůže a barva očí neprošly stejným vývojem, že na barvu očí působily jiné selekční faktory. Jedna z hypotéz hovoří o tom, že lidé se světlými očima mají schopnost vnímat kratší délky světelného záření (a tedy lépe vidět za šera), což se pokládá za adaptaci k lovu a sběru v severních zemských šířkách a v období dob ledových, kdy bylo počasí špatné a tedy mlhavé a zatažená obloha. Tuto hypotézu se pokusili testovat v roce 1991 Robins se svým kolektivem a nenašli žádnou z předpokládaných adaptací. Jiní autoři tvrdí, že se jedná o náhodnou mutaci a nikoliv na adaptaci k životnímu prostředí.

V současnosti neexistuje jednotný názor na vznik světlé barvy očí a její rozšíření.

#### Faktory ovlivňující růst a vývoj

Polygeny také řídí růst a vývoj tělních orgánů. Výživa, podnebí a nemoci, to všechno také ovlivňuje růst a vývoj lidského těla. Už jsme si říkali, že existují rozdíly v proporcích těl a u různých etnických skupin. Např. Japonci narození v Americe jsou vyšší a těžší než jejich příbuzní žijící v Japonsku. Je ovšem obtížné od sebe oddělit vlivy genetické, hormonální, výživové a vlivy prostředí i když se zdá, že nejvíce ovlivňují růst a vývoj právě faktory prostředí. Příkladem může být podvýživa v raném dětství, která způsobuje retardaci růstu, ale pokud se později v dětství výživa dostane do normálu, tělo tuto retardaci dožene, tím že akceleruje svůj růst. Z historie víme, že různé populace se živily určitým druhem stravy po celé generace. Je tudíž možné, že přírodní výběr vyseletoval jedince vhodné pro přežití za daných podmínek. Tito lidé lépe odolávali podvýživě a lépe reagovali na následnou fázi



zrychleného růstu. Genetické faktory, které se na této selekci podílely však dosud nebyly přesně určeny.

Co ale bylo precizně definováno jsou určité znaky, užívané při studiu kvality vývoje lidského organismu. Všichni lidé rostou ve vlnách. jedná se o fáze pomalého nebo akcelerovaného růstu (první proměna postavy 5. – 6. rok a pak s nástupem puberty). Doba nástupu těchto period (do příchodu puberty) je u lidských skupin různá. Průběh těchto období je u všech lidí přibližně stejný. Všichni lidé se asi 1/3 svého života připravují na prožití těch zbylých 2/3. Tyto periody jsou vypsány v tab. 3-9. Všimněte si, že tyto periody jsou u chlapců a dívek téměř shodné až do nástupu puberty u děvčat.

Srovnáním s jinými savci zjistíme, že doba, kterou, každá z těchto růstových period trvá se liší od jednoho druhu ke druhému. (tab. 3-10). Lidé žijí nejdéle, i když délka jejich intrauterinního vývoje se od lidoopů liší jen minimálně, ovšem člověk má delší vývoj v dětství (později dospívá než lidoopi). Prodloužené dětství je hlavním znakem pro druh Homo sapiens. Tento čas využíváme k prodloužení období učení, což je důležité pro sladění našeho velkého mozku a vývoje tělesného. V průběhu evoluce člověka se z prodlouženého období učení stala evoluční výhoda, která vyústila ve vznik materiální kultury člověka.

Růst a vývoj lidského organismu můžeme rozdělit na dvě fáze, na vývoj prenatální a postnatální.

#### Fetální růst

Váha průměrného novorozence je asi 3,5 kg. Tuto hmotnost dosáhnou novorozenci během svého intrauterinního vývoje (260 – 280 dnů), to znamená, že jejich váha od oplodnění se musí několika milionkrát znásobit.

Na začátku je tu jediná buňka, která se v průběhu individuálního vývoje člověka rozmnoží ve složitý mnohobuněčný organismus, který se skládá z milionů buněk dávajících dohromady mnoho specializovaných tkání. Růst a vývoj děje postupně, ne vždy stejným tempem a to tak, aby každá část organismu dosáhla plné funkčnosti při narození. Embryo roste do délky ve druhém měsíci asi 1,5 mm za den, to je enormně rychlý růst. Pokud by člověk takto rychle rostl i po narození, v dospělosti by měřil asi 9 metrů. V průběhu 6. a 7. měsíce se růst plodu zpomaluje poté opět začíná nabírat na rychlosti. Po této fázi zrychleného růstu a vývoje dosahuje další zrychlené fáze růstu až v pozdním dětství.

Z těla je v intrauterinním vývoji největší hlava (obr- 3-8). Právě důraz na vývoj hlavy je jedním ze znaků našeho druhu. V následující tabulce vidíte procentuální vyjádření velikosti mozku vzhledem k tělesné váze a rozměrům dítěte v průběhu vývoje. (tab 3 –11).

V posledních čtyřech měsících intrauterinního vývoje mozek zaujímá 93% váhy embrya.

V této době začíná prudký rozvoj ostatních částí těla a mozek nakonec dosahuje jen 10% váhy při narození. Od narození se mozek neustále zvětšuje velkou rychlostí, mnohem rychleji než ostatní části těla a to do 7. roku (s výjimkou lymfatické tkáně). V sedmi letech dosáhne mozek dítěte asi 95% své váhy v dospělosti a jeho vývoj je téměř dokončen.

Pro srovnání po prvním roce života, ostatní tkáně postupně zpomalují svůj růst a tak to jde až do puberty, kdy se tělo opět dostává do fáze zrychleného růstu a dozrávají pohlavní orgány.

Váha orgánů v různých stádiích vývoje ukazuje od narození po dospělost na lineární růst. (tab. 3-12). Jakmile člověk dosáhne puberty mozek již dosáhl své váhy jako v dospělosti.

Zmenšuje se brzlík a lymfatické uzliny v krku, snižuje se funkce imunitního systému. Mění se velikost a proporce hlavy, trupu a nohou.

#### Růstová rychlost

Některé růstové procesy probíhají v několika fázích, pod vlivem některých faktorů o kterých jsem se zmínila před chvílkou. Souhra těchto faktorů vede buďto ke zrychlenému nebo

retardovanému růstu. V každém okamžiku se nacházíme v určité fázi svého životního cyklu, ale mnoho z nás se ve vývoji odlišuje od normy. Můžeme být menší nebo větší než naši spolužáci ve škole, můžeme dosáhnout puberty dříve nebo později, nebo se naše kostra může rozvíjet jinak než je u většiny lidí normální. Jinými slovy náš kalendářní věk se nemusí shodovat s naším biologickým věkem. Dobrým měřítkem stupně vývoje skeletu je tzv. kostní věk.

### Zrání kostí

Většina kostí se začíná vyvíjet v embryonálním stádiu z chrupavek. Výjimkou jsou kosti lebeční a kost klíční, která se vyvíjí osifikací desmogenní z vaziva (ostatní osifikací chondrogenní z chrupavky). Na konci embryonálního vývoje začíná mineralizace chrupavek v osifikačních centrech a šíří se tak dlouho, dokud není většina kosti zmineralizována. Takto kosti rostou v průběhu dětství až do dospělosti, kdy dochází k nahrazování měkkých pružných chrupavek tvrdou kostní tkání. obr 3-9 ukazuje růst a vývoj femuru, počínaje chrupavčítým základem ve druhém měsíci embryonálního vývoje. Primární osifikace začíná ve čtvrtém měsíci ve středu diafýz směrem k epifýzám. Při narození je již téměř celá diafýza osifikována a začíná probíhat sekundární osifikace; vznikají další osifikační centra a kost začíná růst.

V průběhu dětství se vytvoří dokonale sekundární osifikační centra a začínají se podílet na růstu kosti. Epifýzy dlouhých kostí jsou zatím ještě pořád oddělené chrupavkou od diafýzy. Uzavírají se až v dospělosti, kdy přirůstají k diafýze. Proces růstu kosti je tedy závislý na vývoji chrupavky a její přeměny v kostní tkáň. Aktivní formace epifýz na konci dlouhých kostí je prodlužuje do délky. Každá kost lidského skeletu roste určitým pro ni typickým způsobem. a právě kostní věk je založen na stupni uzavření osifikačních center (obr. 3-10). U zcela malých dětí je většina kostí ještě rozdělena chrupavkami a některé se dosud nezaložily (viz kosti zápěstí). Rentgenové snímky zápěstí ruky od 4. do 7. roku ukazuje vývoj zápěstních kostí. Tyto kůstky se začínají vyvíjet v raném dětství (ne najednou). Jejich velikost a stupeň osifikace je poměrně dobře patrný (na rentgenech). (obr. 3-11). Phalangy a metacarpy, rostou podobným způsobem jako dlouhé kosti paží a nohou. Je vidět že diafýzy a jejich nepřirostlé epifýzy se nacházejí na různých stupních vývoje. Pro studium kostního věku byly vytvořeny atlasy kostního věku na základě stupně vývoje skeletu ruky (carpálních kostí). Tyto atlasy byly dělány na základě výzkumu tisíce osob. Tímto způsobem lze rozeznat jedince s retardovaným růstem relativně brzy a lze podniknout kroky ke korekci růstu.

### Lebka

Při narození jsou lebeční kosti od sebe odděleny neosifikovanou membránou (lupínky fontikuli anterior, posterior, sphenoidalis, mastoideus), která jim dává velký prostor pro zmenšení hlavičky při průchodu porodním kanálem. od narození se zvyšuje rychlost osifikace v osifikačních centrech lebky a lupínky zarostou (do dvou let života), také lebeční švy se začínají uzavírat a ty ovšem zarůstají až v pozdním stáří, někdy vůbec ne. Některé kosti lebeční ovšem srůstají velmi brzy po narození. Jsou to např. obě poloviny mandibuly, které srůstají v mandibulární symfýze v průběhu prvního roku, také pravá a levá frontální kost se spojují v jednu srůstem sutura frontalis. Ostatní lebeční kosti zůstávají po mnoho let oddělené a jsou spojeny jen nepravidelně tvarovanými švy. Se stárnutím švy také postupně obliterují až se kosti dokonale spojí. každý šev se uzavírá v jinou dobu, protože lebeční kosti nerostou všechny rovnoměrně.

### Vývoj zubů

Při narození má dítě v dásních založený kompletní mléčný chrup, připravený k prořezání. Pod jejich kořeny, zatím hluboko v čelistech se začínají tvořit základy trvalého chrupu, které

mléčný chrup postupně nahradí. Tento proces zakládání vývoje zubů je dlouhodobým procesem a je složitý. Začíná okolo 6. týdne embryonálního vývoje a pokračuje do 16. roku, kdy jsou některé zuby již zcela vyvinuty a jiné ještě ve stadiu vývoje (ale jsou již všechny založeny).

Mléčné zuby se začínají prořezávat od 6. do 9. měsíce. V této době se začínají formovat už korunky trvalého chrupu. Proces vývoje a prořezávání zubů pokračuje asi do 18. - 21. roku člověka kdy by se měl prořezat třetí molár. tento zub ovšem podléhá z evolučního hlediska redukci a tak pokud se založí, ještě se nemusí prořezat, nebo musí být chirurgicky extrahován, pro špatnou polohu v dásni. Důležité je, že korunky se prořezávají ještě před dokončením vývoje kořenů.

Kalcifikace zubů je pravidelný proces, který je dobrým indikátorem kostního věku stejně jako je tomu u osifikace karpálních kůstek. Ovšem čas prořezávání zubů je vysoce variabilní a je ovlivňován mnoha faktory. Především se jedná o silné vlivy prostředí to znamená potravu a nemoci. Také existují rozdíly v prořezávání zubů mezi pohlavími. V průměru se dříve prořezávají zuby u děvčat než u chlapců. Neexistuje nějaký dědičný způsob prořezávání zubů, i když byly pozorovány rozdíly v prořezávání zubů u jednotlivých etnických skupin. Zuby se evropským a americkým dětem (běloši) prořezávají později než dětem amerických indiánů, Asiatů, nebo amerických černochů. Úplně nejdříve se ale prořezávají zuby australským domorodcům, zejména třetí stoličky.

#### Pohlavní dozrávání

Na konci dětství (od osm až devíti let u dívek a od 10 do 11 let u chlapců) začíná série biologických změn, která se táhne po několik let. a jejím cílem je přetvořit dítě v dospělého člověka. Toto období nazýváme puberta nebo adolescence. Po zvýšeném růstu v 7. fetálním měsíci tělo postupně zpomaluje růst až do nástupu puberty. Objevují se změny ochlupení, proporcích postavy a dozrávání pohlavních orgánů. Asi po dvou letech po nástupu puberty začíná tzv. zrychlený růst. U chlapců se prohlubuje hlas, dívkám rostou prsa a objevují se další pohlavní znaky. Změna v ukládání tuku – vývoj boků u dívek nebo rozšíření ramen u chlapců. Roste pubické a axiální ochlupení a chlapcům rostou vousy.

V časovém harmonogramu těchto změn existuje velmi široká variabilita, ovlivněná pohlavím, výživou, zdravím, a snad i genetickými faktory. U chlapců se fáze zrychleného růstu objevuje mezi 12 – 16 lety a to asi o dva roky později než u děvčat (od 10 – 14 let). Po roce se rychlost růstu zpomaluje a pokračuje u chlapců do asi 20 let a dívek asi do 18 let. Pokud bychom takovou osobu (pubertální) pravidelně měřili, viděli bychom názorně rychlost růstu. Jako je tomu na grafu 3-14, který ukazuje přírůstek výšky postavy v letech zvýšeného růstu u chlapců a děvčat s dřívějším a pozdějším nástupem puberty. Někteří z nich vyrostli za jeden rok dokonce o 10 cm. Podobné změny se dějí i ve váze a rozložení tuku a celkově v proporcích těla. Tyto procesy jsou mnohem pozvolnější a probíhají delší dobu.

U chlapců neexistuje jednoznačný znak dosažení dospělosti. Zvětšování pohlavních orgánů a vylučování pohlavních hormonů jsou graduální procesy a trvají dlouhou dobu. U žen je znak jednoznačný, jedná se o nástup menstruace, menarché, která se objevuje jeden rok po nástupu fáze zrychleného růstu. V rozvíjejících se zemích je dlouhodobým trendem snižování věku nástupu menarché. Např. v roce 1840 v Norsku nastupovala menarche u děvčat ve 17 letech, kdežto v roce 1950 v 13 letech dnes se uvádí interval mezi 12 a 13 lety a není pozorováno další snížení věku.

Etnická příslušnost není faktorem jak se zdá neovlivňuje nástup menarché u dívek. Je jasné, že nástup menarché je spojen s velikostí těla, zvláště s váhou. Mechanismus dospívání u žen závisí na poměru tukové a svalové hmoty. Brzké zvýšení tělesné váhy pozorované u dívek z dobře situovaných socioekonomických skupin v rozvinutých zemích je spouštěčem menarche. Kritickou hodnotou váhy těla je 40 kg. Jak bylo zjištěno u dívek s opožděnou

menarche. Tyto dívky rostly pomaleji a jejich váha se zvyšovala pomaleji. Např. v Evropě v průběhu obou světových válek se průměrný věk při nástupu menarche zvýšil na 16 let. Jednalo se o populace zdecimované hladomorem. Z toho plyne, že u rozvojových zemí třetího světa je věk dívek při nástupu menarche vyšší než dívek z rozvinutých zemí.

#### Trendy délkového růstu

Dnešní děti se nedostávají do puberty dříve než děti minulých generací, ale jejich vzrůst je vyšší. V minulém století zaznamenáváme významný přírůstek ve výšce postavy a to ve všech věkových kategoriích. Údaje získané z některých evropských zemí a ze severní Ameriky ukázali přírůstek o centimetr za deset let. To můžeme považovat za signál rychlejšího dospívání, protože lidé dosáhnou své konečné výšky mnohem dříve. Chlapci ve spojených státech dorůstají své konečné výšky v 16 letech, zatímco jejich pradědečci dorostli své konečné výšky kolo 26 let. Zlepšení životních podmínek umožnilo dětem rozvinout svůj veškerý genetický potenciál; toto zvyšování postavy v průběhu času nazýváme sekulární trend

#### Etnické a environmentální vlivy

Chlapci a děvčata z rozvinutých zemí jsou vyšší a těžší než jejich rodiče. Sekulární trend způsobil že výškové a váhové tabulky vypracované pro minulé generace jsou nepoužitelné a je třeba vytvářet pořád nové a nové standardy. Důvody pro působení sekulárního trendu jsou spatřovány v ve zlepšené a výživné stravě a lepší zdravotní péči a mnohem rozvinutějšího komfortu našich domů zvláště hygienu.

Sekulární trend se objevuje ve všech skupinách, které dovolí svým dětem díky dobrým socioekonomickým podmínkám se rozvinout v celé šíři jejich genetického potenciálu. Sekulární trend nerespektuje etnické hranice. Např. u amerických černochů se projevuje zvýšení postavy po několik generací také, ale přírůstek výšky je mnohem menší než u amerických bělochů. Např. srovnáním výšky Evropanů, Afričanů, Asiatů, kteří vyrostli za obdobných podmínek se ukázaly jen malé rozdíly. Vzrůst Evropanů a Afričanů se velmi podobal, ale Číňané byli menší a jejich růst začínal dříve. Naproti tomu skupiny podobně etnicky složené, ale s velkými sociálními rozdíly se od sebe výškou postavy značně lišily. Děti rodičů žijících se jako manažeři dospívali dříve a byli o 2 cm vyšší než děti jejichž rodiče se živili prací svých rukou. V pubertě byl rozdíl ve výšce postavy u těchto dvou skupin 5 cm. Srovnáním 7 letých dětí seskupených podle socioekonomických podmínek na základě tatínkova zaměstnání a počtu dětí v rodině vidíte, že nejvyšší výšky dorůstali jedináčci z dobře situovaných rodin. graf. 3-16.

Mnoho studií zabývajících se růstem člověka ukázalo vliv prostředí je na všechny skupiny podobný. Variabilita v tempu osifikace mezi populacemi je dána především prostředím. Rozdíly můžeme pozorovat ve tvaru těla a jeho proporcích, které jak se zdají jsou mnohem více řízeny geneticky velikost těla. Špatně živení Evropané porostou méně a budou menší, ale zachovávají si stejné proporce těla. Tak že pokud rozdělíme identická dvojčata a necháme je vyrůst v různých rodinách dorostou různé velikosti, ale proporce těla si zachovají. Je tedy jasné, že vlivy vnějšího prostředí v kombinaci s genetickou složkou organismu se podílejí na proporcích lidského těla mnohem větší měrou než nějaké etnické rozdíly.

#### Pohlavní dimorfismus

Pohlavní dimorfismus se projevuje rozdíly ve velikosti těla a dalších znacích u mužů a žen. U nám blízkých lidoopů např. u gorily se pohlavní dimorfismus projevuje velmi silně, kdežto u jiných opičích druhů jako např. u gibbonů je minimální. Člověk vykazuje střední míru pohlavního dimorfismu.

Obecně lze říci, že díky přítomnosti pohlavního dimorfismu mají dospělí muži některé antropologické rozměry v průměru větší než ženy, i když všichni víte, že rozložení znaků

v lidské populaci má tvar gaussovy křivky a tedy že rozměry u obou pohlaví se mohou překrývat, tedy některé ženy mohou mít větší rozměry než muži a naopak v některých rozměrech mohou drobní muži být menší než ženy.

Dále lze říci, že rozvoj pohlavního dimorfismu se u může u jednotlivých populací lišit. A také se muži a ženy liší v míře odlišnosti v jednotlivých znacích (ne ve všech antropometrických znacích se muži a ženy liší stejně). Největší rozdíl je ve váze, kde se liší o 13%, tedy muži jsou těžší o 13% než ženy. Šířku nosu mají zase naopak téměř stejnou, to je vysvětlováno absencí tuku na nose, protože tuk koreluje s váhou. Některé studie ukazují, že ženy mají tendenci mít silnější obvody např. obvod paže a také silnější tukové řasy. Tato skutečnost je spojena s faktem, že ženy mají tendenci k ukládání většího množství tuku a tedy k silnější tukové vrstvě a to se projevuje práce na obvodových rozměrech a na síle tukových řas.

#### Příčiny pohlavního dimorfismu

Mezi badateli je vedena debata o míře pohlavního dimorfismu v jednotlivých lidských populacích.

#### Stárnutí

Vliv stárnutí na proporce těla je rovněž předmětem výzkumů. Nejčastěji je sledována tělesná výška a váha. Buďto jsou tyto markery sledovány v průřezových studiích, kdy je jednorázově zkoumáno obyvatelstvo různých věkových kategorií a nebo v longitudinálních studiích, kdy jsou v časových intervalech dlouhodobě sledováni stejní probandi. Longitudinální studie jsou považovány za přesnější, protože zde je eliminován vliv sekulárního trendu, který je různý u různých věkových kategoriích, pokud je zkoumáme najednou. Naopak při studiu longitudinálním, tedy při výzkumu stejných lidí dlouhodobě, působení sekulárního trendu nevadí.

Obecně lze říci, že váha vzrůstá v průběhu středního věku jedince a potom opět klesá ve stáří. Dále je všeobecně známo, že výška postavy v průběhu stárnutí také klesá, v důsledku opotřebování kloubů, poškození meziobratlových plotének, ztráty kostní tkáně a zploštění nožní klenby. Příkladem je studie seniorů z Bostonu, která zkoumala lidi mezi 30-70 lety. Které měřily v pětiletých intervalech. Mezi 40 a 44 lety se jejich výška zmenšila o 4 mm. U lidí starších 70 let to bylo o 6 mm za 5 let. Váha vzrostla u lidí středního věku a potom ve stáří se stabilizovala. Jiné rozměry se nezměnily např. obvod hlavy.