

V každém ekologickém systému vytvořeném vlastně vztahy mezi skupinou organismů a prostředím, existuje určitý potenciál, umožňující přežití těchto organismů v určitém prostředí. Chování každého jedince, genom, který zdědil po předcích mu umožňuje v daných podmínkách přežít a množit se. Právě prostřednictvím potomstva se část této schopnosti přežít dostává do další generace. Tato schopnost přežít je důležitým faktorem evoluce. Dneska se budeme bavit o schopnosti přežít druhu Homo sapiens. Je dána interakcí několika složek. Jednak lidským chováním, vlastně jeho materiální kulturou, podmínkami prostředí a genetickou odlišností jednotlivých lidských populací.

Už jsme si říkali, že genomy lidí jsou odlišné vzhledem k adaptaci na prostředí, ve kterém populace po dlouhé období žije. Přírodní výběr v tomto směru měnil genom populace po dlouhou dobu a tak po čase byla populace složena z jedinců nejlépe odolávajícím tlakům prostředí. Genotypy a jejich fenotypové projevy umožňují jedinci efektivně odpovídat na stresy přicházející z okolního prostředí. To ovšem k přežití ve všech oblastech země nestačí. Často si musíme pomoci kulturními adaptacemi (vynálezy a technologiemi), které pomohou nehostinné podmínky prostředí utlumit a pomoci tak populaci přežít. Např. oblékání, stavba obydlí, vaření, pěstování zvířat, ovoce a zeleniny, lékařská péče atd. se podílejí na modifikaci stresů působících na populaci. Lidé si vytvořili prostředí, které si přizpůsobili svým potřebám. Přetvořili přírodu k obrazu svému. Schopnost člověka přetvářet přírodu ovšem nemůžeme pokládat za osvobození člověka od působení přírodního výběru na populace našeho druhu. Prostor ve kterém člověk žije stále na něj vytváří tlaky. Naše technologie může akorát změnit nebo zmírnit působení tlaků přírodní selekce, která stále obměňuje genetické složení populace.

Existuje mnoho typů environmentálních stresů, které působí na náš druh a nelze je samostatně vyjmenovat. Některé z nich mají vliv na metabolismus člověka a jejich působení není ještě důkladně prostudováno. Z nejdůležitějších vlivů prostředí, které významně ovlivňují složení lidských populací zde můžeme uvést: 1. teplotu a vlhkost, 2. intenzitu slunečního záření, 3. nadmořskou výšku, 4. složení potravy a 5. nemoci. Bohužel žádný z těchto faktorů neovlivňuje složení populace jednotlivě. Na přizpůsobení se prostředí se podílí vždy více faktorů a jediný z těchto stresů může působit na různé genotypy různě. Např. složení těla a výška postavy jsou ovlivňovány složením potravy, podnebím a také polygenně děděnou složkou po předcích. Všechny tyto faktory se podílejí na složení těla a výšce postavy člověka. Navíc efekt přírodního výběru na populaci poznáme až po několika generacích. Prvním příkladem je adaptace nebo můžeme říci aklimatizace k vysoké nadmořské výšce.

#### Nadmořská výška a přírodní vlivy na lidské populace

Rozšíření lidské populace po světě v prehistorických dobách a jejich adaptace na přírodní prostředí, která obývaly ukazuje plasticitu lidského druhu a jeho velikou schopnost přizpůsobit se různorodému přírodnímu prostředí. Jeho schopnost přežít a množit se v různých přírodních podmínkách umožnilo našemu druhu rozšířit se po celém světě, ovšem za cenu vysoké úmrtnosti. V některých případech bylo třeba několika generací než populace přizpůsobila nehostinným přírodním podmínkám. Mezi nejnehostinnější přírodní prostředí patří horské oblasti s nadmořskou výškou nad 3 000 m nad mořem.

Některí z těchto vysokohorských oblastí lidé obývají již více než 10 000 let. I když jsou zde jen chatrné možnosti obživy jako třeba na náhorních plošinách v Etiopii a v pohoří Atlas v Africe, východním Turecku a Iránu na středním východě, Himálajích v Tibetu a v Andách v jižní Americe, žijí zde lidé již od dob neolitických. Snad nejznámější z těchto oblastí je Altiplano (náhorní plošina) v Andách, která se táhne skrz pět zemí od Ekvádoru na severu po Chile na jihu. V období incké říše zde žilo více než 1 milion lidí. V době španělské konkvisty Franciskem Pizzarem v roce 1532 jich zde žilo asi 10 milionů (nadmořská výška nad 3 000

metrů). Po tomto období, po příjezdu Španělů došlo k rychlému úbytku obyvatel. Mnoho lidí zemřelo ve válce, hladomorem a na do té doby jim neznámé choroby zavlečené sem Španěly. Po tomto úbytku andská populace znovu postupně rostla až po staletích v roce 1960 dosáhla původní velikosti. Za posledních 40 let začala velmi rychle růst. Dnes v této oblasti žije asi 30 milionů lidí. Většina obyvatel náhorní plošiny jsou potomky původních zakladatelů altiplanské populace, to znamená zde žijí již po 300 generací. Byla to relativně izolovaná populace od pobřežních komunit a to je vlastně dodnes. Pohyb obyvatel je zde minimální. Dnešní obyvatelé altiplana zvláště Peruánci jsou těmi nejlepšími objekty pro studium přizpůsobení se vysoké nadmořské výšce. Otázka míry adaptace, částečně evoluční adaptace byla sledována u kmene Kečuí v Peru, kteří jsou snad nejlépe přizpůsobeni k přežití v těchto podmínkách obývají oblasti od 3 000 do 5 000 metrů nad mořem.

### Vysokohorské prostředí

Zemská atmosféra je složena z největší části z dusíku (78%), a kyslíku (21%) a na úrovni hladiny moře je nejhustší má barometrický tlak 760 mm/Hg. Se vzdáleností od mořské hladiny se hustota atmosféry snižuje a ubývá také množství kyslíku. Právě tato skutečnost ovlivňuje zásadním způsobem rostliny a živočichy. Např. stromy nerostou nad hranicí 4 000 m, některé trávy můžeme nalézt ještě ve výšce 5 500 m. V těchto vysokohorských polohách je mnohem intenzivnější sluneční záření (má kratší vlnovou délku, je tady intenzivnější ultrafialové a kosmické záření) protože atmosféra je řídká. Také je zde nižší teplota (tab. 6-1). Výsledkem je síťový efekt všech těchto podmínek, který zhoršuje životní podmínky v těchto oblastech, ale *Homo sapiens* má určité kulturní a fyziologické prostředky jak se s tímto prostředím vyrovnat. Kulturním přizpůsobením se můžeme bránit nízkým teplotám a silným větrům např. stavbou domů a nošením tmavého oblečení, které absorbuje 95% sluneční energie (světlé oblečení absorbuje jen 30% sluneční energie). Takto se člověk může chránit proti chladu a ultrafialovému záření. Umístění sídlišť na strategických místech v údolích může pomoci překonat nehostinnost krajiny, ale přizpůsobení se řídké atmosféře, zejména nízkému obsahu kyslíku ve vzduchu vyžaduje přizpůsobení se fyziologická. Jedině tak mohou místní obyvatelé provozovat v těchto vysokohorských oblastech své každodenní normální aktivity. Ale někteří jedinci jsou schopni se lépe těmto podmínkám přizpůsobit než jiní.

### Potřeba kyslíku a adaptace k nadmořské výšce

Aby lidské tkáně normálně fungovaly, potřebují určité minimální množství kyslíku. Přepočteno na barometrický tlak je to asi 40 mm/Hg. Aby mohl být tento kyslík transportován ke tkáním musí mít člověk krevní tlak minimálně 95 mm/Hg. Dýchací systém, krevní plasma a krevní buňky slouží k zásobování kyslíkem lidského organismu. V nížinných oblastech např. na hladině moře, kde je atmosféra bohatá kyslíkem oběhový systém velmi snadno přijímá a rozvádí kyslík do celého těla ať jedinec odpočívá nebo pracuje. Ve vysokohorském prostředí je zásobování kyslíkem mnohem obtížnější a nepřizpůsobení lidé zde trpí hypoxií. Dochází u nich k poklesu množství kyslíku v plicích a tkáních samozřejmě v důsledku nižšího obsahu kyslíku ve vzduchu. Stupeň hypoxie závisí na nadmořské výšce, množství tělesné aktivity, kterou člověk vykonává (tab 6-1).

Hlavním stresovým faktorem, který působí na nepřizpůsobeného člověka ve vysokohorském prostředí je nízký tlak kyslíku. Tento vyvolává několik fyziologických odpovědí, které mají zlepšit zásobování kyslíkem. Existuje mnoho možných fyziologických přizpůsobeních se hypoxii. Některá z nich se vytvářejí dlouhou dobu a k jejich rozvinutí je třeba určitého času, aby se postižená osoba aklimatizovala. K některým přizpůsobením dochází okamžitě, jakmile se osoba z nížin dostane do vysokohorského prostředí. Tyto fyziologické odpovědi jsou zpočátku velmi prudké, ale s postupem aklimatizace se postupně jejich prudkost snižuje.

Zrychlené dýchání je okamžitá reakce na nízkou hladinu kyslíku v atmosféře, je spojeno se zrychlením srdeční činnosti, aby došlo ke zrychlení průtoku krve krevním řečištěm a plicemi. Srdeční tep se zrychluje (v klidovém stavu) z 70 na 105 tepů za minutu. K uklidnění a návratu do normálu dochází během několika dní. V průběhu prvního roku pobytu ve vysokohorském prostředí bude nepřizpůsobený člověk hyperventilovat, aby zvýšil tlak kyslíku v plicích. Ovšem průvodním jevem hyperventilace je snížení obsahu CO<sub>2</sub> v krvi. Toto snížení zapříčiňuje alkalózu krve (krev se stává alkalickou) a tato je kompenzována zvýšeným vylučováním zásaditých látek ledvinami a tak je zachována normální poměr kyselin a zásad v krvi. S postupem času se hyperventilace (zrychlení dechu) snižuje a vrací se do normálu. Asi po jednom roce nastupují jiné mechanismy, které kompenzují tělu nedostatek kyslíku. V důsledku odlišné frekvence dýchání se také liší plíce domorodců z vysokohorských oblastí a plíce obyvatel nížin. Peruánští Kečuové mají širší hrudník a plíce s mnohem větší kapacitou. Jejich plíce jsou schopny přivést mnohem více vzduchu ke kapilárám. Kapiláry mají zvětšený průměr. K tomu jejich plicní tkáň je schopna pojmou mnohem více plynů. Této schopnosti nedosáhnou ani lidé z nížin, kteří se pobytu ve vysokých horách přizpůsobili. Další přizpůsobení se hypoxii je zvětšení počtu červených krvinek v krevním oběhu. Zvýšená schopnost tvorby červených krvinek se u nepřizpůsobených lidí objevuje během tří měsíců pobytu v horách. Počet červených krvinek se zvyšuje o 30%.

Studie populací obývajících nadmořské výšky nad 4500 metrů potvrdily že tito lidé mají mnohem více červených krvinek. Zvýšený počet červených krvinek zvyšuje koncentraci hemoglobinu v krvi a ten zase zvyšuje schopnost přenosu kyslíku. Zmnožení červených krvinek ovšem také zvyšuje nároky na srdeční činnost. Tímto způsobem se zvyšuje zásobování tkání kyslíkem a dosahuje přibližně úrovně jako u lidí z nížin. Ovšem tito lidé mají mnohem méně hemoglobinu. Lidí adaptovaní k vysokohorskému prostředí mají také odlišnou schopnost vázat kyslík na hemoglobin. Mají větší množství některých enzymů což umožňuje hemoglobinu uvolnit do tkání větší množství kyslíku než u lidí z nížinných poloh.

Tab. 6-2  
Všechny reakce, kterými lidské tělo kompenzuje hypoxii jsou vypsány v následující tabulce. Na základě všech těchto reakcí, aklimatizace k vysoké nadmořské výšce se projevuje zrychleným dýcháním, rychlejší srdeční činností, zvýšením počtu červených krvinek, přičemž se objem plasmy nemění (houstne krev a tím se zvyšují nároky na srdeční činnost). Zvýšení kapacity plic a zvětšením kapilární sítě v plicích. Všechna tato přizpůsobení se hypoxii umožňuje normální život ve vysokých nadmořských výškách. Některé populace si však toto přizpůsobení vybudovaly mnohem ve větší míře, vzhledem k tomu, že od nepaměti tyto oblasti obývají. Zdá se, že tito lidé mnohem lépe odolávají stresovým faktorům vysoké nadmořské výšky. Jsou to obyvatelé Andského altiplana, Kečuové, kteří mají tyto adaptace již dědičně zakódované, to znamená, že u nich se již jedná o adaptace evoluční.

#### Znaky obyvatel vysokých nadmořských výšek

Jedním z nejlépe prostudovaných znaků u Kečupů je jejich růst. Děti, které žily v nadmořských výškách nad 4000 metrů rostly mnohem pomaleji než děti z kmene Kečupů obývajících oblasti v nadmořské výšce okolo 2 500 metrů. Obr. 6-2 ukazuje rozdíly ve výšce potrawy pozorované mezi obyvateli tří oblastí v různých nadmořských výškách.

Vysokohorské populace se významně odlišovaly od ostatních sedvaných populací. Ačkoliv byli menší a to ve všech věkových kategoriích měli Kečuové mnohem širší hrudník, to odpovídá jejich mnohem větším plicím (Velasquez 1976).

Dalším významně odlišným faktorem je mnohem delší vývoj (dospívání), u Kečupů dochází ke zpoždění prořezávání zubů a pomalejší vývoj motoriky. Srovnáním se standardy pro nížinné populace je růst skeletu opožděn a tudíž epifýzy dlouhých kostí zůstávají mnohem déle otevřeny. Navíc dochází k pozdějšímu rozvoji sekundárních pohlavních znaků a

dospívání vůbec. U čtrnáctiletých dětí nenacházíme podstatné pohlavní rozdíly, protože puberta u nich nastupuje mnohem později. Růst je pomalý a je prodloužen. Muži rostou pomalým tempem až do 20. roku života. Zrychlení růstu v pubertě je u nich téměř nezatelné. I u žen můžeme pozorovat určitou retardaci. Rostou do 18. roku života a pohlavní zralosti taktéž dosahují později než jejich vrstevnice z nížin. Menarche u nich nastupuje asi o rok později než u dívek z nížin. (13,48 roku na rozdíl od dívek z nížin kde je to 12,58 roku). Je známo, že pokud se populace z nížin přizpůsobuje vysokohorskému prostředí, dochází k přechodnému snížení fertility. Ženy z nížin mají ve vysokých nadmořských výškách nepravidelnou menstruaci a existuje u nich mnohem větší riziko potratu. Tento pokles fertility se také odráží v mnohem vyšší kojenecké a novorozenecké úmrtnosti a nižší porodní váze, která se projevuje nejen u přistěhovalců z nížin, ale také u původního obyvatelstva. Děti s nízkou porodní váhou jsou mnohem ohroženější, však také jejich úmrtnost je vyšší a vyskytuje se mezi nimi velké procento vrozených vad. Pravděpodobnou příčinou je menší množství kyslíku, které plod dostává od matky při pobytu ve vysokých horách. Samozřejmě i zde existují určitá přizpůsobení. Placenta žen z vysokých poloh je zvětšená a má mnohem vyšší krevní zásobení a plod roste mnohem pomaleji než v nížinách. Ovšem existují zde rozdíly v přizpůsobení u jednotlivých kmenů, obývajících tuto oblast. Např. míšenky oblasti Puño v Peru (3850m nad m) rodí děti s nízkou porodní váhou o 23% nižší zatím co domorodky z této oblasti, jejichž děti jsou lehčí oproti dětem z nížin jen o 10%. Tento rozdíl je považován za geneticky zakódovaný, protože mestické ženy jsou míšenky mezi Evropany a indiány. (obr. 6-3).

Dalším stresovým faktorem ve vysokých horách je nízká teplota po celý rok. Částečně se obyvatelé vysokých hor přizpůsobují kulturně, ale u andských domorodců můžeme pozorovat také fyziologická přizpůsobení. Porovnáním Kečůů a Evropanů byly objeveny dvě zásadní odpovědi na chlad. První z nich je zrychlený metabolismus, který produkuje více tepla. Toto teplo je pronášeno v důsledku druhého přizpůsobení do končetin zrychleným tokem krve (to je to druhé přizpůsobení) a tak je povrch těla udržován na stálé teplotě. Tento mechanismus slouží především k udržení stálé teploty rukou a nohou aby neomrzly. Tento mechanismus byl u Kečůů mnohem efektivnější než u testovaných Evropanů. Kečuové byli schopni mnohem vyšších výkonů metabolismu než Evropané a jejich periferní krevní oběh byl mnohem rychlejší.

V celku můžeme říci, že Kečuové žijící ve vysokohorských podmínkách jsou dobře přizpůsobeni životu v řídké atmosféře, ale platí za to vysokou dětskou úmrtností, mnohem častějšími vrozenými vadami, pomalejším růstem a nižší postavou a mnohem větším množstvím onemocnění dýchacích cest. Ve všech srovnávacích studiích, Kečové, kteří žili v nižších polohách byli zdravější, vyšší a neměli problémy jako jejich příbuzní obývající oblasti nad 4000 m.

Barva kůže, geografie a přírodní výběr

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 absorbováno 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 reflečních 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.

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 musí žít v otevřené krajině, protože pasou a sledují svá stáda. Potom

argument, že lidé s nejtmaší pleť žijí v tropických stinných pralesech není správný. Ve skutečnosti většina těchto lidí žije v podmínkách silného slunečního záření.

#### Přírodní výběr a barva 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.

Ovšem Homo sapiens sapiens používá různé prostředky ochrany svého těla před sluncem. Ale v některých klimatických podmínkách je tato ochrana nevýhodou, protože brání odvodu tepelné energie z těla pryč a tím brání jeho ochlazování. Pigmentace kůže umožňuje člověku být mnohem pohyblivějším a lépe snášet tropické horko, kde teploty se blíží teplotě těla a tak je mnohem obtížnější termoregulace a to zvláště v případě, kdy mají na sobě oblečené šaty. Rakovina kůže je dalším nebezpečím při vystavení pokožky slunečním paprskům. U světle pigmentovaného obyvatelstva je výskyt rakoviny kůže mnohem vyšší než u lidí tmavých, a to zvláště u bělochů, dlouhou dobu vystavených slunečním paprskům. Lidé, kteří pracují venku jsou vystaveni mnohem většímu riziku, že se jim na kůži objeví tmavé skvrny, rakovinná ložiska, obvykle na obličeji nebo na hřbetě ruky. Nejfrekventovaněji se rakovina kůže vyskytuje mezi bílými Australany v Queenslandu asi 265 mužů na 100 tisíc mužů a 156 žen na 100 žen. Výskyt rakoviny mezi bělochy z Jižní Afriky je nižší asi 133 mužů na 100 tisíc mužů a 72 žen na 100 tisíc žen. Britská populace má velmi nízké rozšíření rakoviny kůže asi 28 a 15 mužů a žen na 100 tisíc. Mezi lidmi s tmavou pleť je rakovina kůže velmi vzácnou nemocí a téměř se nevyskytuje.

#### Fotochemické efekty ultrafialového záření

Množství chemických látek nezbytných pro chod metabolismu je citlivých na UV záření a pokud je mu vystaveno, podléhá zkáze (mění se na něco jiného) tzv. fotolýze, při vystavení slunci. Mezi těmito chemickými látkami jsou některé vitamíny nap. kyselina listová (Bc) nebo riboflavin vitamín B2 a vitamín E. Fotosenzitivita těchto látek vedla k předpokladu, že lidé s tmavou kůží by měli být více chráněni před poškozením metabolismu více než lidé s bílou pleť. Experimenty ukázaly, že hladina kyseliny listové v krvi se snížila působením ultrafialového záření. Tento případ byl zjištěn u pacientů skandinávského původu, kteří se léčili na poškození kůže právě v důsledku slunečního spálení. Branda a Eaton (1978) zjistili, že hladina kyseliny listové u těchto pacientů se zvýšila v průběhu léčby. Podobná srovnávací studie zatím nebyla vypracována pro vitamín E nebo riboflavin.

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 pokryvu těla 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.

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 zlepšil, 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 černochoů asi před 70 lety. Před rozsáhlou kampaní pro podávání rybího tuku byla křivice mezi těmito obyvateli amerických měst velice rozšířená.

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

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. Mnoho vitamínu D je poměrně neškodné. Vede ke kalcifikaci měkkých tkání v těle a postihuje funkci ledvin. 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.

## Barva kůže a evoluce

Předchozí 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?

Množství fosilního materiálu, který byl doposud objeven podporuje představu, že člověk se vyvinul v tropických oblastech. Naši přímí předkové se odtud rozšířili do severnějších oblastí mnohem později. Předpokládáme, že v této době měli tmavou pleť 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 rybího masa, které je bohaté na vitamín D za uplynulých 6000 let. Také nevíme kde se vzal prostředek domácí medicíny proti křivici: podávání rybího 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.

Diskuse o ochranných funkcích melaninu musí počítat s efektem fotolýzy. Dnes se právě vědecké projekty soustředí na studium efektů fotolýzy ultrafialového záření na některé chemické látky. Byly prováděny experimenty na lidech a laboratorních zvířatech, jak jsem říkala prve ukázaly, že fotolýza snižuje hladinu kyseliny listové. Pokud se člověk živí stravou chudou na kyselinu listovou, jako je tomu u mnoha populací obývajících tropické oblasti jsou ohroženi avitaminózou v důsledku přídatného fotolytického efektu UV záření. Jejich děti jsou retardovaného růstu a dospělí mají redukovanou reprodukční schopnost. Tyto vlivy jsou silným selektivním tlakem na málo pigmentované jedince, jako ochrana před fotodestrukci tohoto vitamínu. Podobně bychom mohli mluvit o ochraně riboflavinu nebo vitamínu E. Pravděpodobnost, že melanin ochrání organismus před fotolýzou některých vitamínů a zabrání nadprodukcí vitamínu D mluví jednoznačně pro zvýhodňování lidí s tmavou pleťí v oblastech s intenzivním slunečním zářením.

Zdá se, že selekce působila na barvu lidské kůže ve shodě s intenzitou ultrafialového záření. Nejlépe adaptovaní budou mít v létě kůži tmavou (aby redukovali nadprodukcí vitamínu D) a světlou v zimě, aby získali vitamín D ze slabého slunečního záření v zimních měsících. Evropané původem z jižní Evropy, obyvatelé severní Afriky a západoasijské populace mají v kůži mnohem více melaninu než jejich severnější sousedé, to znamená, že se opálí mnohem snadněji, což je znak, který je zvýhodňuje v jejich klimatické oblasti.

Zdá se, že barva kůže je mnohem složitější a variabilnější problém a je třeba jej ještě dlouho studovat, ale mnoho vztahů mezi slunečním zářením a fyziologií člověka je zřejmých již dnes. Měli bychom ještě na závěr poznamenat, že existují rozdíly v barvě kůže mezi muži a ženami v jedné populaci. Ženy mají světlejší pleť, proto potřebují mnohem lepší metabolismus vápníku. Také děti jsou mnohem světlejší než jejich rodiče, často jsou děti tmavě



pigmentovaných rodičů růžové a postupně tmavnou v průběhu dospívání. To je další faktor, který ukazuje provázanost mezi barvou lidské kůže a slunečním svitem. Tímto způsobem můžeme znovu demonstrovat selektivní výhodu různě zbarvené pokožky u různých lidských populací, obývajících velmi rozdílná přírodní prostředí.

## **Aklimatizace na hypoxii**

### **Červené krvinky**

Zvětšuje se jejich počet

### **Vazba kyslíku na hemoglobin**

Zvýšením hladiny enzymu DPG v červených krvinkách se snižuje afinita hemoglobinu ke kyslíku, což zlepšuje předávání kyslíku tkáním

### **Oběh krve**

Během prvních dnů aklimatizace se zvyšuje objem krve pumpované srdcem

### **Kapiláry**

Zvětšuje se kapilární síť, aby se zlepšilo zásobování tkání kyslíkem

### **Dýchání**

V prvním roce pobytu ve vysokohorském prostředí dochází k prohloubení a zrychlení dechu

### **Buněčný metabolismus**

U lidí, kteří se vrátili z pobytu ve vysokých výškách byly pozorovány některé změny ve tkáních, kdy buňky byly odolnější k nižšímu zásobování kyslíkem