

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

Plzeň 2012

Jana Dušková

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

**KLIMATICKÁ ADAPTACE STŘEDOVĚKÝCH A NOVOVĚKÝCH
POPULACÍ ČECH**

Jana Dušková

Plzeň 2012

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra antropologie

Studijní program Antropologie

Studijní obor Antropologie populací minulosti

Diplomová práce

**KLIMATICKÁ ADAPTACE STŘEDOVĚKÝCH A NOVOVĚKÝCH
POPULACÍ ČECH**

Jana Dušková

Vedoucí práce:

Mgr. Lukáš Friedl

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2012

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně a použila pouze uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, srpen 2012:

Poděkování:

Především bych ráda poděkovala Mrg. Lukáši Friedlovi za vedení Diplomové práce a jeho cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Petru Velemínskému, Ph.D a celému Národnímu muzeu v Praze za poskytnutí osteologických souborů i za vstřícný přístup. V neposlední řadě děkuji Bc. Václavu Korytovi za psychickou podporu.

OBSAH

1. Abstrakt.....	8
2. Úvod	10
3. Zaměření práce	13
3.1. Cíl práce	13
3.2. Hypotézy.....	13
4. Teoretická východiska	15
4.1. Principy adaptace na klima.....	15
4.2. Principy adaptace	15
4.3. Klimatická adaptace retrospektivně.....	18
4.4. Morfologie nosu a adaptace na klimatické podmínky.....	19
4.4.1. Funkce nosu	19
4.4.2. Tvar nosního otvoru.....	19
4.4.3. Vystupování nosu	22
4.4.4. Vnitřní struktury nosu.....	23
4.5. Klimatická adaptace a postkraniální skelet	24
4.5.1. Biologické pozadí	24
4.5.2. Klimatická adaptace a změny tělesné proporcionality.....	25
4.5.3. Vliv klimatické adaptace na výšku postavy	27
4.6. Klimatické podmínky středověké a novověké evropy.....	28
4.6.1. Důsledky klimatických změn.....	28
4.6.2. Klima ve středověku a novověku v českých zemích	29
5. Materiál a metody	31
5.1. Materiál.....	31
5.1.1. Datace lokalit.....	31
5.1.2. Lokality ve vztahu ke klimatu.....	33
5.2. Metody	34
5.2.3. Analýza dat.....	41
6. Výsledky	43
6.1. Hypotéza 1	43
6.2. Hypotéza 2	46

6.3. Hypotéza 3	55
7. Diskuze	61
7.1. Interpretace výsledků	61
7.2. Diskuze závěrů	64
8. Závěr.....	72
9. Seznam použité literatury	76
10. Resumé	81
11. Přílohy.....	83
11.1. Tabulky s popisnou statistikou morfometrických dat jako celku	83
11.2. Krabicové grafy pro proměnné obličejce	84
11.3. Krabicové grafy pro proměnné postkraniálního skeletu	89

1. ABSTRAKT

Klimatické podmínky se v průběhu jednoho tisíciletí na území dnešní České republiky změnily. Počátkem 10. století se datuje začátek období tzv. Středověkého klimatického optima, které postupně přešlo do období celkově chladnějšího do tzv. Malé doby ledové. Klimatické podmínky ovlivňují člověka dlouhodobě a komplexně, proto je evolučně výhodné, aby byla populace na své klima adaptována. Klimatické podmínky ovlivňují morfologii obličeje (především nosu) a také celkovou tělesnou proporcionalitu.

Projevy klimatické adaptace byly v této práci zkoumány na kosterním materiálu 175 dospělých jedinců ze sedmi různých lokalit na území dnešní České republiky. Na těchto jedincích byly naměřeny rozměry obličeje a postkraniálního skeletu, které byly vybrány na základě teoretického modelu funkční klimatické adaptace na nosní dutinu a celkovou tělesnou proporcionalitu. Klimatická adaptace se projevuje především v gradientu mezi suchým a chladným prostředím oproti prostředí teplému a vlhkému. Zkoumané proměnné jsou zde diskutovány především na pozadí rozdílů v teplotě v průběhu jednoho tisíciletí.

Projevy či změny proměnných očekávané na základě teoretického modelu byly formulovány do třech nulových hypotéz, které byly následně testovány. Morfometrická data reprezentující jednotlivá historická období byla podrobena několika statistickým testům - t a F testu, analýze hlavních komponent (PCA), analýze rozptylu (one-way ANOVA) a také byly určeny hodnoty korelačních koeficientů mezi zkoumanými proměnnými.

Ve výsledcích se od sebe odlišují proměnné obličeje a proměnné postkraniálního skeletu. Zatímco proměnné obličeje (výška nosu, výška horního obličeje a nosní index) se podle analýzy rozptylu v průběhu zkoumaného tisíciletí měnily, u proměnných postkraniálu nebyla žádná změna zaznamenána. Nejlépe adaptivní se ukázala výška nosu, která se mezi jednotlivými klimatickými dobami statisticky významně měnila a to vždy dle

předpokladů vytvořených na základě teoretického funkčního modelu. Korelační koeficienty, které vypovídají o míře provázanosti jednotlivých proměnných, měly celkově poměrně nízké hodnoty. Proměnné se tedy ukázaly jako na sobě navzájem nezávislé.

Výsledky statistických testů jsou v práci diskutovány z hlediska proměnných, které mohou ovlivnit zkoumané znaky, ale nebyly do analýzy zahrnuty (pozice mozkovny vůči nosní dutině, funkce měkkých tkání, vnitřních struktur nosu, šířky vnitřního nosu). Variabilita tělesných proporcí může být ovlivněna mnoha faktory a klimatické podmínky jsou pouze jedním z nich. Předpokládané změny, které však nebyly potvrzeny, tak mohly být zmírněny jinými faktory, které tyto proměnné ovlivňují. Dále byla diskutována také behaviorální adaptace, která může vysvětlovat rozdílný projev klimatické adaptace na odlišné části lidského těla. V neposlední řadě byly také výsledky testů diskutovány na pozadí možné rychlosti evoluce a homogenity populací území českých zemí.

2. ÚVOD

Biologická antropologie se zabývá především studiem variability lidských populací. Skrze poznávání této variability u současných a minulých populací poznáváme, jak fungují různé biologické principy. Tyto principy pak mohou být využity při poznávání dalších populací a jsou tak zdrojem antropologicky hodnotných dat. Evoluční teorie vychází z předpokladu, že úspěšná populace je adaptována nebo se právě adaptuje na podmínky svého prostředí. Lidská fyziologie pracuje jako u každého jiného teplokrevného organismu nejlépe, pokud je udržována stálá vnitřní tělesná teplota a pokud je vzduch, který vstupuje do velmi senzitivních plic upraven tak, aby se co nejvíce přiblížil podmínkám vnitřního tělesného prostředí a byl tedy dostatečně vlhký a teplý (Carey a Steegman, 1981; Beal a Steegmann, 2000).

Pro potřeby termoregulace se populace v průběhu evolučního procesu přizpůsobovaly tak, aby tělesná teplota byla udržována s menšími odchylkami konstantní, a tak se v extrémních teplotních podmínkách vytvořily adaptační tendence dvojího druhu. V extrémně teplých a často také vlhkých klimatických podmínkách je hlavním úkolem termoregulačních procesů zbavit se přebytečného tepla. Ve velmi teplém klimatu jakákoliv aktivita organismu uvolňuje tepelnou energii, která pro potřeby udržení stálé vnitřní tělesné teploty není zapotřebí a je tedy nutné toto teplo co nejefektivněji odvést z těla. Běžná termoregulační reakce v podobě pocení není v takovémto prostředí funkční. Naopak v chladných podmínkách se vyvinuly znaky fyziologické či morfologické povahy, které pomáhají tělu vystavovanému teplotám podstatně nižším než je ideální vnitřní tělesná teplota redukovat ztráty tělesného tepla skrze obranné mechanismy jako je například vrstva podkožního tuku a jeho rozložení na těle nebo skrze mechanismy fyziologické, které obecně především zrychlují tělesný metabolismus, při čemž dochází k produkci tepla.

Tato práce se věnuje především dvěma morfologickým jednotkám lidského těla, které odrážejí adaptaci na dané klimatické podmínky. Primárně

se tato práce zaměřuje na morfologii nosu a její proměny, které jsou diskutovány na pozadí proměn klimatu v průběhu jednoho tisíciletí. Plíce jsou (jak již bylo výše zmíněno) orgán, který je velice senzitivní. Je tedy nutné, aby vzduch, který se do plic dostává, měl tělesnou teplotu a ideálně stoprocentní vlhkost. Je zřejmé, že pokud je rozdíl mezi požadovanou a venkovní teplotou a vlhkostí velký, je také toto ohřátí a zvlhčení vzduchu pro tělo obtížnější. Existuje několik základních faktorů, které se podílejí na úpravě vdechovaného vzduchu. Již od počátku 20. století bývá v tomto kontextu diskutován tvar nosního otvoru (Thompson a Buxton, 1923; Davies, 1932; Wolpoff, 1968), později také vnitřní struktury nosu a projekce vnějšího nosu (Carey a Steegmann, 1981; Churchill a kol., 2004; Márquez a Laitman, 2008; Seren a Seren, 2009; Yokley, 2009; Noback a kol., 2011). V těchto studiích se objevuje celá řada způsobů, jak změny ve tvaru nosní dutiny mohou ovlivnit její funkci. Tyto změny zjednodušeně řečeno fungují tak, že ovlivňují teplotu a vlhkost vdechovaného vzduchu především tím, že ovlivňují objem vdechovaného vzduchu (nosní otvor), zvyšují turbulentní proudění vzduchu (vnitřní struktury nosu) a zvyšují vlhkost vdechovaného vzduchu (vnitřní struktury a projekce nosu).

V druhé řadě jsou pak v této práci sledovány tělesné proporce. Proměny tělesných proporcí v reakci na změny klimatu sledovaly ve svých pracech již Christian Bergmann (1847) a Asaph Allen (1877), kteří svá pozorování shrnuli v obecná pravidla, která popisují morfologickou variabilitu v rámci jednoho druhu. Tato pravidla se vztahují k poměru mezi celkovou tělesnou hmotností a povrchem těla jedince. Tělesná hmota je totiž obecně odpovědná za produkci tepla, kdežto povrchem těla dochází k odvodu tepla z těla. Změna poměru povrchu těla oproti tělesné hmotě, tak mění také termoregulační možnosti organismu. Vyšší poměr povrchu těla oproti tělesné hmotě se vyskytuje u populací teplých klimatických podmínek a naopak nízké hodnoty můžeme najít u populací chladného prostředí (Ruff, 1994)

Klima ovlivňuje člověka v celé jeho komplexnosti, jelikož se projevuje všude tam, kde se člověk pohybuje, kde vykonává každodenní povinnosti, kde žije. Klima jakožto, přetrvávající a relativně stálý aspekt prostředí se proměňuje pomalu, v dlouhodobém měřítku. Klimatická adaptace lze tak zkoumat na základě výzkumů, které posuzují větší časové horizonty v rámci jedné populace či celosvětově u populací klimaticky odlišných oblastí. V této práci je klimatická změna sledována v rámci jediné populace v průběhu jednoho tisíciletí. Ani v takto relativně dlouhém časovém období nemůžeme očekávat změny zcela převratného charakteru, ale spíše mírný posun morfologie v souladu se změnami klimatických podmínek. I mírný posun však lze na dostatečně velkém a tudíž reprezentativním souboru testovat a skrze změny morfologie klimaticky variabilních znaků tak ověřit, zda k nějakému statisticky významnému rozdílu mezi jednotlivými obdobími dochází, jestli je tedy možné tvrdit, že tato populace se klimaticky adaptovala z hlediska morfologie nosu a tělesných proporcí.

3. ZAMĚŘENÍ PRÁCE

3.1. Cíl práce

Cílem této práce je zjistit, zda klimatické změny působící v průběhu středověku a novověku ovlivnily vybrané rozměry obličeje a postkraniálního skeletu tehdejších populací na území dnešní České republiky.

Na základě morfometrických dat byly testovány nulové hypotézy. Tyto hypotézy by stanoveny tak, aby odpověděly na otázku, zda se klimatická adaptace v oblasti obličejového či postkraniálního skeletu v daných obdobích projevila. Cílem práce je také na základě korelací hodnotit jejich vzájemnou provázanost respektive nezávislost.

3.2. Hypotézy

V práci byly teoretické předpoklady ověřovány na základě stanovených nulových hypotéz:

H1 – Morfologie nosu odpovídá populacím mírného klimatu.

První hypotéza předpokládá, že vzorek populací za jednotlivá období z českých lokalit bude odpovídat populacím mírného klimatického podnebí. Pro ověření této hypotézy je nutné naměřená data porovnat s daty z jiných evropských lokalit mírného podnebného pásu.

H2 – Morfologie nosu se mění v závislosti na změnách klimatických podmínek.

Tato hypotéza vychází z teoretických východisek této práce (viz níže), které diskutují zkoumanou morfologii nosu v závislosti na proměnách klimatických podmínek v různých obdobích. Naměřená osteometrická data, tak byla rozdělena do tří základních skupin, které reflektují klimatické podmínky daného historického období. Proměny mezi takto zvolenými obdobími jsou pak statisticky testovány.

H3 – Morfologie nosu se mění v harmonii se změnami tělesných rozměrů a jejich proporcionality.

Poslední hypotéza testuje, zda u zkoumaných populací dochází spolu se změnou morfologie nosu také ke změně morfologie postkraniálního skeletu. Obě tyto morfologické jednotky jsou klimatem ovlivněny. Tato hypotéza v první řadě testuje, zda mezi zvolenými obdobími existuje nějaká staticky významná změna v morfologii postkraniálního skeletu a v druhé řadě do jaké míry se změna morfologie nosu objevuje spolu se změnou morfologie postkraniálního skeletu. Tedy do jaké míry jsou tyto dvě jednotky provázány, pokud vůbec.

4. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

4.1. Principy adaptace na klima

Lidské tělo, jeho fyziologie i anatomie, je velmi komplexní systém, který se dokáže přizpůsobit mnoha rozdílným klimatickým i jiným podmínkám svého prostředí. Člověk jako druh je celosvětově rozšířen a obývá tak mnohá životní prostředí, která můžeme na základě klimatických podmínek považovat za velmi extrémní. Možnost adaptace v nejširším slova smyslu můžeme považovat za příčinu tohoto celosvětového rozšíření člověka jako druhu. Klimatickým podmínkám se člověk přizpůsobuje na několika úrovních – behaviorálně, fyziologicky či morfologicky. Behaviorální adaptace člověku poskytuje okamžitou a dočasnou ochranu před klimatickými extrémy. Fyziologicky se lidé přizpůsobují změnám okolních přírodních podmínek neustále v průběhu života. Proces termoregulace je z hlediska fungování základních životních funkcí zcela zásadní. Prostor pro variabilitu v oblasti vnitřní tělesné teploty je velmi malý. Vychýlení z homeostatického stavu o několik málo stupňů Celsia, může mít pro lidský organismus fatální důsledky (Beall a Steegmann, 2000). Poslední zmiňovaný způsob adaptace (změny morfologie) již lze nazvat adaptací v evolučním slova smyslu. Znak, který jsou pro určité extrémní podmínky typické, se totiž přenáší do další generace a tak se v dlouhodobém, evolučním měřítku tyto znaky stávají populačně, geograficky či klimaticky určující. Morfologie člověka se tak mění v závislosti na funkční adaptaci daných morfologických struktur či celků tak, aby zajištění všech funkcí bylo efektivní a ideálně co nejméně energeticky náročné.

4.2. Principy adaptace

Pokud se podmínky prostředí mění, můžeme pozorovat dva různé způsoby, kterými se jedinec na tyto podmínky přizpůsobí. Adaptivní reakce na prostředí může být genetické nebo negenetické povahy. Pouze v případě, že jde o změny genetické povahy, můžeme mluvit o adaptaci. Adaptací *sensu stricto* nazýváme proces, kdy dochází k přizpůsobení určité populace na dané přírodní podmínky skrze evoluční procesy, tedy procesy, které ovlivňují

genetickou výbavu jedince. Standardně je pak evoluce definována jako změna ve frekvenci alel uvnitř populace mezi generacemi (Hendry a kol., 2011).

Organismus může reagovat na podmínky prostředí, které se změnilo a již nejsou vyhovující pro daný fenotyp dvěma způsoby. Jednou možností je změnit nevhovující prostředí, tedy migrovat. Druhou možností pak je změnit fenotyp buď na úrovni evoluce (adaptovat se) nebo v rámci plasticity jedince (adjustovat se). Znaky, které se u populací jiných přírodních podmínek liší, funkčně vyrovnávají či zmírňují důsledky více či méně extrémních podmínek. Z evolučního hlediska, tedy lépe funkčně adaptovaní jedinci mají větší šanci na úspěch. Úspěšní jedinci předávají své znaky dalším generacím a tak se tento znak stává u dané populace frekventovanější. Veličina, která tento evoluční význam jedince popisuje, je nazývána *fitness*. Pro individuální fitness neexistuje univerzálně akceptovaná definice, ve své podstatě jde o úspěšnost z evolučního hlediska měřenou na základě reprodukční úspěšnosti jedince za jeho života (Hendry a kol., 2011). Jedinci lépe adaptovaní na dané přírodní podmínky, tak zjednodušeně řečeno mají větší šanci tyto podmínky překonat. Klimatické výkyvy pak takto adaptovaní jedinci lépe snášejí, nejsou tedy pro ně takovou zátěží. Takoví jedinci mají větší pravděpodobnost dožít se reprodukčního věku a tedy zplodit více potomků v porovnání s méně adaptovanými jedinci. Méně adaptovaní jedinci tak mají méně potomků, jejich nevýhodný znak se v další generaci objevuje s menší frekvencí a jejich význam z hlediska evoluce tak klesá.

Pokud má nějaký genotyp nebo fenotyp vyšší *fitness*, objevuje se jeden z hlavních evolučních agentů - selekce. Důležitou roli zde hraje, jak velký existuje rozdíl mezi optimálním projevem fenotypového znaku a průměrnou hodnotou tohoto znaku, která je kódována v genotypu (Hansen, 2012). Malý rozdíl mezi hodnou znaku kódovanou v genotypu a fenotypovým projevem ideálním pro dané přírodní podmínky je nejčastěji vyřešen v rámci plasticity organismu. Avšak pokud rozdíl mezi těmito hodnotami roste, roste také míra

selekčního tlaku. Tento rozdíl může být zapříčiněn rychlostí změn prostředí nebo rychlostí adaptace (Hansen, 2012).

Mezi základní a patrně nejlépe pochopené evoluční principy patří selekce díky nemocem. Například morfologie nosu se u populací, které žijí dlouhodobě v daných podmínkách, funkčně přizpůsobila tak, aby docházelo k optimalizaci vdechovaného vzduchu. Plíce jsou totiž orgán, který je velice citlivý na vnější podmínky a to především na teplotu a vlhkost. Pokud vzduch není optimálně upraven pro vstup do plic, může dojít k poškození sliznice plic, k nedostatečné výměně kyslíku a oxidu uhličitého v plicích a snáze dochází také k rozvoji infekčních chorob. Existuje mnoho nemocí, které skrze nos postihují horní cesty dýchací. Tyto nemoci pak mohou zapříčinit omezení či ukončení životních funkcí a tak se negativně projevují na úspěšnosti daného jedince (Beall a Steegmann, 2000; Carey a Steegmann, 1981; Yokley 2009).

Pro potřeby této práce je především důležité diskutovat možnou rychlost adaptačních změn. Ze studií (Williams, 1987; Hansen, 2012; Hendry a kol., 2011) vyplývá, že rychlost reakce organismu na změnu prostředí mohou být velmi rozdílné. Tradičně se rychlost evoluce měří v darwinech, jednotkách, které měří kolikrát se za jeden milion let změní hodnota kvantitativně měřitelného znaku. Jeden darwin pak odpovídá téměř přesně zvýšení nebo snížení průměrné hodnoty znaku o jednu tisícinu za 1 000 let (Williams, 1987). Rychlost adaptace lidské populace se dle studie B.J. Williamse (1987) pohybuje od 11 do 490 darwinů, což je velké rozpětí, které autor vysvětluje rozdílnou dobou, po kterou byla míra evoluce sledována. Při měření rychlosti evoluce na základě fosilního záznamu, mezi jednotkami, které jsou od sebe časově velmi vzdáleny, totiž dochází k podcenění evoluční rychlosti v důsledku nelineární evoluce. Rychlost evoluce je ovlivněna mnoha faktory jako například mutační rychlost, frekvence alel, velikost populace nebo míra selekčního tlaku (Williams, 1987; Hansen, 2012).

Reakce organismu na podmínky prostředí může být však mnohem rychlejší a to především díky tzv. plasticitě organismu. Plasticita se může

projevovat na úrovni fyziologických reakcí jedince, jako je například v případě termoregulace tělesné teploty pocení, nebo na úrovni exprese genotypu. Fenotyp se utváří kombinací genotypu s ostatními vlivy a pokud se tedy přírodní podmínky změní v době, kdy dochází k expresi genotypu, kdy se nastavuje většina funkcí, v rané ontogenezi jedince, fenotyp se změní a bude lépe přizpůsoben okolnímu prostředí. Nakonec nejrychlejší reakcí jedince na změny přírodního prostředí je adaptace behaviorální, kdy jedince nepřetváří svůj fenotyp jako v případě fenotypové plasticity, ale přetváří nebo omezuje vlivy změněného životního prostředí například zdokonalenými způsoby oblékání nebo stavěním a vytápěním obydlí (Wells a Stock, 2007; Hansen, 2012).

4.3. Klimatická adaptace retrospektivně

Toho, že existuje jistý vztah mezi morfologickými znaky určité populace a jejím přírodním prostředím, si všímali lidé již dávno. Již staří Řekové viděli jako příčinu biologických a kulturních rozdílů mezi společnostmi jejich klimatické podmínky (Ruff, 1994). Jejich postřehy byly postupně formovány a daly tak vzniknout filosofickému proudu zvanému geografický determinismus, jehož poznatky vytvořily základ pro moderní zkoumání lidské variability a jejich formujících činitelů. Tento filosofický směr si ale nevšímal pouze rozdílů vnějších - rozdílů mezi morfologickým vzhledem daných populací - ale připisoval těmto populacím také charakteristiky behaviorální či psychologické. Mezi první modernější vědecké práce, které se zabývají adaptací člověka na klimatické podmínky, bezesporu patří dnes již klasické studie Bergmanna (1847) a Allena (1877), které popisují adaptaci tělesných znaků a jejich proporcionality. Studium klimatické adaptace nosní morfologie se jako první zabývali ve svých pracích Thompson a Buxton (1923) a Davies (1932). Za určitý milník můžeme také považovat práci Williama Ridgeway (1908), ve které se objevuje myšlenka, že nejsou žádné důvody pro to, aby pro člověka platili jiné přírodní zákony než pro zbytek živých tvorů a jako první tak vztahuje přírodní zákony, do té doby aplikované pouze v rámci zoologie, také na člověka.

V průběhu 20. století se na toto téma v rámci fyzické antropologie objevuje celá řada prací, ve kterých autoři s klimatickými proměnnými spojují tělesnou váhu, tělesné proporce, kožní pigmentaci či rozměry nosu (Beall a Steegmann, 2000; Ruff, 1994; Carey a Steegmann, 1981; Thompson a Buxton, 1923; Davies, 1932; Wolpoff, 1968; Yokley, 2009; Noback a kol., 2011).

4.4. Morfologie nosu a adaptace na klimatické podmínky

4.4.1. Funkce nosu

Jak již bylo zmíněno výše, plíce jsou orgánem velmi citlivým na vnější podmínky. Vzduch při vstupu do plic musí být ohřán na teplotu těla, tedy cca na 37°C, a zároveň musí dosáhnout téměř 100% vlhkosti (Carey a Steegmann, 1981). Morfologie nosu se tedy nutně musela funkčně přizpůsobit tak, aby vdechovaný vzduch byl dostatečně teplý a vlhký a to v každém podnebí. V teplém a vlhkém prostředí tropických lesů je tak podstatně méně náročné vzduch upravit do optimálních podmínek než v prostředí, které je studené a suché. Ke zvlhčení a ohřátí vzduchu, který prochází nosní dutinou, dochází především díky kontaktu vzduchu s bohatě prokrvenou sliznicí nosní dutiny. Klimatická adaptace se tak v oblasti nosu skládá z adaptace vnějšího nosu, tvaru nosního otvoru a vnitřního nosu. Největší pozornost byla ve studiích od počátku 20. století věnována především tvaru nosního otvoru (Thompson a Buxton, 1923; Davies, 1932; Wolpoff, 1968), od druhé poloviny 20. století se objevují také studie zabývající se vnitřními strukturami nosní dutiny či projekcí vnějšího nosu (Carey a Steegmann, 1981; Churchill a kol., 2004; Márquez a Laitman, 2008; Seren a Seren, 2009; Yokley, 2009; Noback a kol., 2011).

4.4.2. Tvar nosního otvoru

Tvar nosního otvoru je z hlediska adaptace na klimatické podmínky určen především dvěma rozměry – výškou a šířkou nosu. Řada studií se věnuje vlivu klimatických proměnných na variabilitu těchto rozměrů nosu. Z klimatických proměnných bývá nejčastěji hodnocen vliv teploty a vlhkosti

vzduchu. Některé analýzy se pokoušely pozorovat proměny a variace těchto klimatických proměnných odděleně. Autoři zde výšku nosu spojovali spíše s adaptací na teplotu, kdežto šířka nosu v jejich analýze více korelovala s vlhkostí vzduchu (Franciscus a Long, 1991; Kelso, 1970). Tyto výzkumy však narážely především na problém, který je ukotven v komplexnosti klimatických proměnných. V přírodě totiž není možné, aby se tyto fyzikální veličiny vyskytovaly jedna bez druhé. Bylo tedy spíše hrou s čísly snažit se určit, který rozměr je více korelován s jednou nebo druhou veličinou. Problémem je totiž fakt, že tyto klimatické ukazatele nemohou být považovány za nezávislé proměnné, jelikož je mezi nimi provázanost. Klimatické ukazatele vykazují vysokou míru vzájemné korelace. Míra vlhkosti vzduchu je totiž ovlivněna teplotou daného prostředí. Teplota vzduchu má na vlhkost vzduchu přídavný efekt a především v chladném prostředí teplota vlhkost podstatně zvyšuje (Carey a Steegmann, 1981).

Jiné výzkumy vlivy jednotlivých klimatických proměnných neseparují. Hiernaux a Froment tak ve své studii (1976) docházejí k závěru, že šířka nosu se zvětšuje spolu se zvýšením vlhkosti, respektive srážek a také s rostoucí teplotou nejteplejšího měsíce. Výška nosu je pak podle autorů větší za chladných podmínek s minimem srážek. Pozdější výzkumy dokazují, že s klimatickými proměnnými koreluje nejlépe kombinace výšky i šířky nosu, tj. nosní index, než tyto proměnné zvlášť (Franciscus, 1995; Franciscus a Long, 1991; Carey a Steegmann, 1981). Nízké hodnoty nosního indexu se objevují především u populací adaptovaných na chladné a suché prostředí, které se vyznačují nosy vysokými a úzkými, kdežto vysoké hodnoty nosního indexu se objevují u populací z podnebí teplého a vlhkého a vyznačují se nosy nízkými a širokými. Nosní index také koreluje s nadmořskou výškou. Spolu s nadmořskou výškou se totiž mění klimatické proměnné a to ve shodném směru v gradientu klimatické adaptace. S rostoucí nadmořskou výškou pak podobně jako s rostoucí zeměpisnou šířkou klesá teplota a dochází ke snížení vlhkosti vzduchu. Lokality na stejném stupni zeměpisné šířky tak mohou mít

velmi rozdílné průměrné teploty v závislosti na nadmořské výšce, ve které se nacházejí (Kelso, 1970, Franciscus a Long, 1991).

Ani nosní index však není znakem, u kterého by byla klimatická variabilita na vědeckém poli všeobecně bez problémů přijímána. Hoyme a Iscan (1989) tvrdí, že korelace mezi klimatickými proměnnými a nosním indexem vznikají na základě zavádějících důkazů, které neberou v potaz vysokou vnitřní variabilitu výšky nosu, kterou v kontextu s podstatně nižší vnitřní variabilitou dalšího komponentu nosního indexu – šířkou nosu – určují jako determinující rozměr, který se podílí na variabilitě nosního indexu. Také namítají, že výška nosu, jakožto součást výšky horního obličeje, pouze kopíruje variabilitu celkových rozměrů obličeje. Tyto argumenty však jiné studie naopak zamítají. Franciscus a Long ve své práci (1991) došli k závěru, že vnitřní variabilita je naopak vyšší u šířky nosu než u jeho výšky uvnitř zkoumané populace, mezipopulačně pak obě proměnné vykazovaly hodnotu srovnatelnou. Variabilita nosního indexu odvozovaná pouze z variability výšky horního obličeje tak byla touto studií zamítnuta (Franciscus a Long, 1991).

Přes určité rozdíly ve výsledcích či interpretacích je nosní index pro výzkumy adaptace nosní morfologie na klimatické podmínky tradičně používán. Autoři se více či méně shodují v tom, že nosní morfologie se mění v závislosti na teplotě i vlhkosti najednou a to v gradientu mezi prostředím suchým a chladným a na druhé straně prostředím teplým a vlhkým. Morfologie nosu se v chladném a suchém prostředí adaptuje tak, aby při průchodu vzduchu skrze nosní otvor byl poměr mezi objemem vdechovaného vzduchu a kontaktní plochou sliznice co nejmenší. Tímto způsobem dochází k efektivnější tepelné výměně a daný projev morfologie nosu se tak stává z hlediska termoregulace výhodnějším (Davies, 1932; Wolpoff, 1968; Franciscus a Long, 1991; Franciscus, 1995; Steegmann, 2005, Noback a kol., 2011).

4.4.3. Vystupování nosu

Mezi morfologické znaky, které jsou klimaticky variabilní, patří také míra projekce nosu. Evoluce člověka je v průběhu Pleistocenu charakterizována především zmenšujícím se obličejovým prognatismem. O projekci nosu se však toto říci nedá. Ačkoliv se celkový obličejový prognatismus zmenšil, tato redukce se především týká oblasti zubů a žvýkacích svalů a ne oblasti nosu. Jiné rozměry obličeje nevykazují tak silnou korelaci s klimatickými proměnnými jako rozměry nosu (Wolpoff, 1968).

Carey a Stegmann z těchto faktů ve své práci (1981) vyvozují závěr, že morfologie nosu se formuje nezávisle na zbytku obličeje. Projekce nosu v jejich práci koreluje silněji spíše s vlhkostí vzduchu než s teplotou a dále dochází k závěru, že vyšší míra vystupování externího nosu je vhodná především pro zvlhčování vdechovaného vzduchu. Více projektující externí nos totiž zajistí, že na jeho (oproti vnitřním strukturám nosu) chladnějším povrchu zkondenzuje pára z vydechovaného vzduchu. Takto nashromážděná pára pak v dalším cyklu zvlhčuje vdechovaný vzduch. Tímto způsobem dochází k určité recyklaci vlhkosti, která je pro optimalizaci dýchaného vzduchu nezbytná, a tak dochází k úspoře vody, která je zapotřebí především právě v prostředí suchém. Pro vysvětlení míry vystupování externího nosu, především u výzkumů, které se touto problematikou zabývají z globálního pohledu, vykazuje nejsilnější korelaci nadmořská výška. Nicméně dostatečně silnou korelaci vykazuje jak teplota, tak vlhkost vzduchu (Carey a Stegmann, 1981).

Existují ale také studie, které klimatické adaptaci projekce nosu připisují právě opačný trend. Hiernaux a Froment ve své studii (1976) docházejí k závěru, že projekce nosu, podobě jako délka končetin a ostatních tělních výběžků, se v chladném prostředí snižuje. Toto pravidlo se týká především vystupujících či externích částí těla, které se takto adaptovaly proti možnému omrznutí. Hlava člověka se ale v tomto směru jeví jinak. Zejména co se týče cirkulace krve je hlava zcela odlišná od ostatních končetin. Udržuje se

relativně teplá a to i v chladném prostředí (Steegmann, 2005). Celková projekce nosu tak patrně bude ovlivněna kombinací těchto trendů. Míra vystupování pak bude na jedné straně odrážet vlhkost vzduchu, respektive adaptaci zabraňující ztrátám vlhkosti v průběhu vydechování a na straně druhé bude projekce nosu limitována velmi nízkými teplotami, při nichž by výrazně prominujícímu nosu hrozilo omrznutí a s tím spojené zdravotní komplikace.

4.4.4. Vnitřní struktury nosu

Teprve s vyšší mírou dostupnosti přesných trojrozměrných metod měření docházelo v průběhu 20. století také k rozvoji výzkumů vnitřních struktur nosu. Vnitřní prostor nosu se ukázal jako velmi důležitý. Zde dochází k nejintenzivnějšímu zvlhčování a oteplování vdechovaného vzduchu skrze prokrvenou nosní sliznici. Největší roli zde podle nedávného výzkumu Marlijn Noback, Kateriny Harvati a Freda Spoor (2011) hraje doba, během které je vzduch upravován a poměr plochy sliznice a celkového objemu vdechovaného vzduchu a také míra či způsob turbulencí probíhajících v nosní dutině. Prodloužení doby, po kterou je vdechovaný vzduch v kontaktu se sliznicí, logicky usnadňuje optimální zvlhčení a oteplení tohoto vzduchu. K tomuto dochází dle autorů především prodloužením nosní dutiny.

K obdobnému závěru dochází také Márquez a Laitman ve své studii (2008) zabývající se nosním komplexem u makaků. Makakové jsou co se nosní morfologie a to především co se morfologie vnitřních struktur týče, velmi podobní člověku, ale na rozdíl od člověka dlouhodobě žijí na jednom geografickém místě a tak by se jejich klimatická adaptace měla dobře projevit. Výsledky jejich studie naznačují, že délka spodní stěny nosní dutiny je indikátorem kapacity nosní dutiny pro úpravu vdechovaného vzduchu (Márquez a Laitman, 2008). Se zvýšením povrchu sliznice na jednotku vzduchu také dochází ke zvýšení výměny tepla a vlhkosti mezi nosní sliznicí a vzduchem. Takto dochází k rychlejší a efektivnější úpravě vzduchu.

Vzduch může procházet nosní dutinou více méně bez turbulencí, tj. laminárně anebo turbulentně. Scherer a kolektiv (1989) dochází k závěru, že laminární způsob proudění vzduchu je typický především pro vdechování, kdežto turbulence se podle autorů objevují zejména při výdechu (Scherer a kol., 1989). Jiné studie však dochází k závěrům, že čistě laminární proud vzduchu se nevyskytuje ani při vdechování. Způsob dýchání člověka hodnotí obecně spíše jako semiturbulentní nebo turbulentní (Hahn a kol., 1993; Churchill a kol., 2004). Způsob proudění vzduchu v nosní dutině spojovali s klimatickými faktory Seren a Seren (2009) a dospěli k závěru, že v chladném a suchém prostředí se spíše vyskytovalo turbulentní proudění vzduchu, kdežto v podnebí vlhkém a teplém pozorovali proudění laminární. Vyšší míra turbulencí způsobí, že se vzduch celkově promísí a tak dochází k efektivnějšímu ohřátí i zvlhčení vzduchu. Zvýšení turbulencí můžeme řadit k projevům klimatické adaptace na chladné a suché prostředí. Ke zvýšení turbulencí dle studií dochází zvýšením průměru nosní dutiny či nepravidelnostmi v její struktuře (Noback, 2011; Franciscus a Long, 1991).

S mírou turbulencí v nose také mohou souviset i jiné morfologické či diskrétní znaky nosu, jako například poloha a úhel nosních dírek, umístění spodní stěny nosní dutiny vzhledem k hruškovitému otvoru či také množství chloupků v nose (Franciscus, 1995). I přes všechny výše popsané trendy či způsoby adaptace je variabilita tvaru vnitřních struktur vysoká a vysoký je tedy i počet možných kombinací, jakým způsobem lze dosáhnout efektivního zvlhčení a oteplení vdechovaného vzduchu (Yokley, 2009; Churchill a kol., 2004).

4.5. Klimatická adaptace a postkraniální skelet

4.5.1. Biologické pozadí

Vnitřní teplota lidského těla je udržována mezi 37°C a 37.6 °C. Pokud dojde k poklesu tělesné teploty již o pouhých několik málo stupňů, kolabují tělesné funkce a může dojít ke smrti jedince. Díky této poměrně malé toleranci vůči změně vnitřní tělesné teploty je lidské tělo vybaveno proti ztrátě tělesného

tepla několika způsoby. Moderní člověk se na chladné podmínky přizpůsobil především behaviorálně. Mnohými prostředky (obydlím, oblečením) se vyhýbá této stresové situaci. Pokud i přes tato opatření ke snížení tělesné vnitřní teploty dojde. Lidské tělo se pak brání fyziologicky. V kapitole věnované lidské adaptaci na klimatické podmínky Beall a Steegmann (2000) definují 4 typy tělesných subsystémů, které člověku stejně jako ostatním savcům, pomáhají udržovat stálou tělesnou teplotu. Jsou to pasivní znaky, receptory, procesory informace a efekторы. Mezi pasivní znaky patří síla podkožního tuku a objem svalové hmoty, které fungují jako pasivní izolátory tepla, tělesné proporce nebo počet kapilár v pokožce. Receptory ve svrchních ale také v hlubších vrstvách pokožky se aktivují, pokud dojde ke snížení teploty a předávají tuto informaci dále do procesorů v hypothalamu nebo kůře mozkové. Tyto procesory pak spouštějí a řídí fyziologické, ale také behaviorální procesy za účelem produkce tepla. Mezi základní fyziologické lidské obranné mechanismy patří zvýšení tělesného metabolismu, chvění ve svalech, zúžení cév a konzervace tělesného tepla uvnitř na úkor okrajových částí lidského těla (Beall a Steegmann, 2000).

4.5.2. Klimatická adaptace a změny tělesné proporcionality

V této práci nás bude nejvíce zajímat adaptace pasivních znaků termoregulace, tedy množství a rozložení podkožního tuku či svalové hmoty, které se projevuje ve změně celkové tělesné hmotnosti a především změnou tělesné proporcionality. Rozdíly v tělesné stavbě v jednotlivých skupin žijících v odlišných klimatických podmínkách shrnuli na konci 19. století ve svých pracech Christian Bergmann (1847) a Joel Asaph Allen (1877), po nichž byla pravidla ve změně tělesných proporcí nakonec také pojmenována.

Bergmanovo pravidlo vyjadřuje, že u široce rozšířeného morfologicky variabilního druhu, budeme v teplých klimatických podmínkách nacházet varianty, které jsou menší tělesné velikosti, a naopak v chladném prostředí nalezneme varianty s celkově větší velikostí těla. Zvětšením tělesné velikosti totiž dochází ke změně poměru tělesné hmotnosti a povrchu těla. Skrze

povrch těla dochází k tepelným výměnám, kdežto tělesná hmotnost reflektuje množství podkožního tuku či množství svalové hmoty, které tělesné teplo produkují. Pokud se tedy v souladu s Bergmannovým pravidlem v chladných oblastech zvětší tělesná hmotnost a tak i množství hmoty, která potenciálně vyrábí teplo, povrch těla se zvětší poměrně méně vůči zvýšení celkové tělesné velikosti. Dochází tak ke zmenšení povrchu těla na jednotku hmotnosti. Tak tělo vyprodukuje více energie, která se ale menším povrchem tak rychle neztrácí a dochází tak k adaptaci na chladné klimatické podmínky.

Podobným způsobem funguje také Allenovo pravidlo, které vyjadřuje, že v chladných podmínkách mají populace tendenci zkracovat končetiny oproti trupu. Takové tělesné proporce redukují relativní podíl plochy těla k tělesné velikosti, obdobně jako u Bergmannova pravidla. Souhrnně tak v teplých klimatických podmínkách pozorujeme tělesnou stavbu spíše vysokého, štíhlého vzrůstu s dlouhými končetinami, naproti tomu v chladných podmínkách se tělesná velikost zvětšuje, tělo je spíše zavalité s krátkými končetinami.

Obě tato pravidla se dle Christophera Ruffa (1994) dají shrnout v univerzální princip, který nazývá „cylindrický model“. Tento model odráží již zmiňovaný poměr tělesné velikosti a povrchu těla. Poměr SA/BM (surface area / body mass; v překladu povrch těla / velikost těla) souhrnně reflektuje jak tělesnou velikost, tak proporcionalitu trupu a končetin najednou. Na teoretickém základu tohoto cylindrického modelu Ruff pak testoval na populacích z celého světa klimatický vliv na tělesnou morfologii. Z výsledků vyplývá, že tělesná morfologie zkoumaných fosilních i živých populací se mění systematicky v souladu s jeho očekáváními založenými na principech termoregulace. SA/BM poměr se zvyšoval u populací teplejších klimatických podmínek a naopak se snižoval u populací chladného klimatu. Vyššího SA/BM poměru lze dosáhnout několika vzájemně nezávisle kombinovatelnými způsoby – zvětšením tělesné velikosti a to dle Ruffa především v rozměru šířkovém (biiliacké šířce) a/nebo relativním zkrácením končetin vzhledem k

tělu. Nižší hodnoty SA/BM poměru zabraňují rychlé ztrátě tepla a odráží tak adaptaci na chladnější klimatické podmínky (Ruff, 1994).

V literatuře je často zkoumána především klimatická adaptace evropských Neandertálců. Díky tomu, že žili v chladných podmínkách glaciální Evropy, díky jejich poměrně malé kulturní adaptaci na chladné prostředí byla jejich tělesná morfologie velmi dobře adaptována. Erik Trinkaus ve své práci (1981) potvrzuje evidenci adaptace Neandertálců na chladné klimatické podmínky a charakterizuje je především velmi vysokým poměrem délky kosti klíční a kosti pažní, který podle autora můžeme interpretovat jako zvětšující se hrudník, což by odpovídalo adaptaci dle Bergmannova pravidla, nebo zkracující se délkou kosti pažní a tak i končetiny, což zase odpovídá klimatické adaptaci podle Allenova pravidla. Trenton W. Holliday svou analýzou pak doplňuje, že Evropské Neandertálce charakterizují také větší hlavice stehenní kosti a relativně kratší distální segment končetin a to jak vzhledem k velikosti trupu, tak vzhledem k velikosti proximálního segmentu končetiny (Holliday, 1997).

4.5.3. Vliv klimatické adaptace na výšku postavy

Velmi důležitým znakem, který se adaptuje na klimatické podmínky a je také jedním ze základní trojice tradičně zkoumaných demografických ukazatelů, je tělesná výška. Ta je znakem polygenního charakteru, tj. znakem, který dokáže reflektovat širokou škálu stresových podnětů daného prostředí. Výška postavy je jedním z často diskutovaných atributů minulých, ale i současných populací. Zásadním pro zkoumání proměn a trendů výšky postavy je pochopení procesů, které výšku postavy predikují a ovlivňují.

Faktory ovlivňující výšku postavy můžeme obecně rozdělit na faktory dědičného charakteru a faktory charakteru environmentálního. Tyto vlivy se pak na celkové výšce postavy podílejí ve vzájemné kombinaci a mohou se tak mezi populacemi ale i mezi jedinci v rámci těchto populací měnit. Genetická složka výšky postavy je určena jako výsledek adaptace populace na dané podmínky skrze evoluční proces. Genetická složka zde ovlivňuje období

vývoje i růstu a obecně dává jedinci určité předpoklady, které se pak realizují v kombinaci s ostatními faktory ovlivňujícími tělesnou výšku. Faktory prostředí se tak do výšky postavy promítají, pokud se projeví v období růstu jedince. Tento proces můžeme pozorovat také na fenoménu sekulárního trendu, kdy při zlepšení zdravotních a nutričních podmínek populací zejména v industriálních zemích v období 19. a 20. století docházelo k výraznému nárůstu výšky postavy. Pozitivní sekulární trend však nepostihuje jednotlivé části těla rovnoměrně. Vliv prostředí se ukazuje větší u dolních končetin oproti výšce trupu, která sekulárnímu trendu nepodléhá (Molnar, 1998; Stinson a kol. 2000).

Klimatické faktory mohou ovlivnit morfologii postkraniálního skeletu přímo, anebo zprostředkovaně. Přímou adaptaci evolučního charakteru můžeme pozorovat v souladu s variabilitou geografických a klimatických oblastí. Tento princip je nazýván takzvanou klinální variabilitou. Tato variabilita vychází ze zkoumaných gradientů ve výskytech daných znaků u geograficky či jinak odlišných populací. Nepřímo pak klimatické faktory ovlivňují výšku tělesné postavy srze stravu či zdravotní stav. Výšku postavy mohou také ovlivňovat faktory spojené se socioekonomickým statutem. Se socioekonomickým statutem bývá spojována například fyzická aktivita jedince, jeho mobilita či kulturní zvyklosti (Ruff, 1994; Molnar, 1998; Stinson a kol., 2000).

4.6. Klimatické podmínky středověké a novověké Evropy

4.6.1. Důsledky klimatických změn

Změny klimatických podmínek mohou mít na společnost daného prostředí velký vliv. Změny srážek a různé teplotní anomálie mohou zapříčinit horší úrodu v daném roce či období, která v návaznosti může zapříčinit nedostatečnou výživu. Nedostatek kvalitní potravy se pak projevuje zpomaleným růstem či větší náchylností k různým nemocem. Větší náchylností především k plísňovým onemocněním se v srážkově nadprůměrném období vyznačují i obilná zrna (Pfister a Brázdil, 2006). Tímto

faktorem může být menší výnos z polí a s tím spojená možná podvýživa ještě prohloubena. Omezením produkce potravy skrze extrémní klimatické podmínky dále dochází v populaci k dopadům ekonomickým – dochází ke vzrůstu cen potravin a také krmení zvířat v zimním období se komplikuje. Omezení krmiva hospodářským zvířatům je výhodné pouze z krátkodobého hlediska. Pokud totiž dojde v důsledku nedostatečné výživy k úhynu dobytka, tento pak nemůže v další sezóně přinášet užitek ani jako tažná síla, ani jako sekundární zdroj potravy. Klimatické faktory se v neposlední řadě mohou projevit demografickými a sociálními důsledky jako je podvýživa, pokles porodnosti, vzrůst úmrtnosti či migrace (Pfister a Brázdil, 2006).

4.6.2. Klima ve středověku a novověku v Českých zemích

Na pozadí obav z globálního oteplování vzniklo v posledních desetiletích několik studií zabývajících se klimatem z dlouhodobého pohledu, které se snaží z tohoto úhlu pohledu objasnit míru extrémnosti současných klimatických jevů. Obecně lze klimatické podmínky v minulém tisíciletí rozdělit do dvou významnějších období. 10. – 14. století je charakterizováno teplejším podnebím tzv. Středověkého klimatického optima, kdežto staletí následující spadají do období zvaného Malá doba ledová (Mann, 2002). Klimatické podmínky se v průběhu posledního tisíciletí neměnili nijak náhle, šlo spíše o pomalejší přechod, hranice mezi jednotlivými obdobími je neostrá a spíše docházelo k postupnému ochlazování od počátku minulého tisíciletí přibližně do 19. století (Brázdil a kol., 2005). M. N. Juckes a kolektiv v své studii (2007) označují jako nejteplejší století 11. a naopak jako teplotně podprůměrná se ukázala století 15., 17. a 19. (Juckes a kol., 2007). Tyto teplotní výkyvy potvrdil také Holzhauser (2005) svou analýzou založenou na zkoumání rozsahu pevninských ledovců. Tzv. malá doba ledová se vyznačuje rozšiřováním pevninských ledovců. V Alpách v průběhu posledního milénia pevninský ledovec osciloval ve své velikosti celkem třikrát. Kolem roku 1385, v polovině 17. století a potřetí kolem roku 1860 (Holzhauser, 2005). Malá doba ledová se vyznačuje tím, že zimní období bylo extrémnější a to jak z hlediska teplotních výkyvů, tak z hlediska celkového trvání zimního období. V porovnání s dobou

tzv. Středověkého klimatického optima a také s obdobím (globálního) oteplování ve 20. století došlo k prodloužení období zimního a úkor období vegetačního, což mělo samozřejmě dopad především na zemědělství. Pro zemědělství v průběhu Malé doby ledové byly určující především dva faktory. Dlouhá období dešťů, která se překrývala s obdobím sklizně, měla devastující vliv na úrodu. Díky trvajícím dešťům měla zrna menší obsah mouky a také byla náchylnější na plísňové infekce a napadení škůdci (Pfister a Brázdil, 2006).

5. MATERIÁL A METODY

5.1. Materiál

Kosterní materiál, který byl použit v této práci, pochází ze sbírek Národního muzea v Praze. Jelikož je cílem této práce zjistit změny v morfologii v průběhu středověku a novověku, byly lokality vybírány tak, aby pokrývaly různá časová období. Celkem byla data naměřena na 175 dospělých jedincích ze sedmi různých lokalit. Počty jedinců z jednotlivých lokalit se různí především dle stavu zachovalosti. Pro analýzu obličejové morfologie a zvláště morfologie nosu je zachovalost velmi limitujícím faktorem a proto především v období vrcholného středověku jsou jednotlivé lokality zastoupeny zřetelně menším počtem jedinců než pohřebiště raného středověku a novověku.

5.1.1. Datace lokalit

Celkem 79 výborně zachovalých koster bylo naměřeno v lokalitě nejstarší – v Mikulčicích. Lokalita Mikulčic je ve směru zachovalosti koster i celkového počtu exkavovaných jedinců unikátní. Sbírký národního muzea, kde je většina antropologického materiálu uložena, za tento unikátní materiál vděčí především velkoplošnému výzkumu Mikulčic, který probíhal od 50. do 80. let 20. století ve své intenzivnější podobě a ačkoliv byl po roce 1993 výrazně omezen, nikdy nebyl úplně ukončen a pokračuje formou záchranného výzkumu. Historicky spadá období Velké Moravy mezi pád Avarů koncem 8. století a příchod Maďarů v 10. století. Nálezy z tohoto období byly archeologicky zařazeny do tzv. Střední doby hradištní, tedy do roku 800 – 950 (Poláček, 2008).

Z archeologické lokality Vršany bylo naměřeno celkem 7 jedinců. Výzkum této lokality proběhl v letech 1988-1989. Na podnět důlních prací proběhl systematický odkryv pohřebiště datovaného do 11. století s možnými přesahy. Celkem bylo odkryto 84 hrobů, z nichž část byla porušena starou komunikací (Kaupová, 2011). Toto sekundární narušení lokality se také projevilo na celkové zachovalosti souboru.

Celkem 11 jedinců pocházelo z pohřebiště při vesnici Nespěšice (Nesvětice). V letech 1984 a 1986 – 1988 zde proběhl předstihový záchranný výzkum. Při exkavaci vesnického hřbitova bylo odkryto více než 100 hrobů. První písemné zmínky o této lokalitě datujeme do roku 1238, kdy prameny zaznamenávají Ludvíka z Nesvětic. Zánik osady je pak datován do období husitských válek, tedy do počátku 15. století. Nejužívanější bylo pohřebiště koncem 13. a během 14. století (Brych, 1989).

Z lokality Praha – Vratislavský palác bylo do této práce zahrnuto 5 jedinců. Část tohoto vrcholně středověkého pohřebiště byla odkryta roku 1993 při záchranném archeologickém výzkumu. Dle nalezených artefaktů bylo pohřebiště užíváno od konce 10. do konce 12. či začátku 13. století. Vzhledem k okolní zástavbě i stavebním pracím nemohlo být odkryto celé pohřebiště. Bylo odkryto 129 objektů, přičemž ve 109 z nich byly nalezeny lidské kosterní pozůstatky celkem 125 jedinců. Díky stavebním pracím, které probíhaly souběžně s odkryvem pohřebiště a také vzhledem k tomu, že některé hroby byly narušeny již v době baroka, kdy v této lokalitě probíhaly stavební úpravy, je celková zachovalost jedinců velmi špatná (Dobisíková a kol., 1996).

Celkem 10 jedinců pocházelo z lokality Praha – Malé náměstí. Tato lokalita byla objevena v roce 1977, kdy bylo v jihozápadní části náměstí zdokumentováno celkem pět hrobových jam, rozsáhlý výzkum pohřebiště se pak konal v letech 1993 – 1995, kdy bylo odkryto přes 120 hrobů. Na základě artefaktů a dle struktury dřívější a pozdější zástavby je lokalita datována do 11., případně počátků 12. století (Kaupová, 2011).

Z lokality Klášter Pražského Jezulátka bylo naměřeno 40 jedinců. V letech 2004 a 2005 provádělo pracoviště Národního památkového ústavu v Praze rozsáhlý záchranný archeologický výzkum v místě, kde se tento klášter nachází. Užívání lokality je datováno od roku 1649, kdy byl dle písemných pramenů klášter postaven, minimálně do počátku 19. století (Havrda, 2009).

Z lokality Praha – kostel Svatého Benedikta bylo naměřeno 23 jedinců. Záchranný výzkum této lokality proběhl v roce 1971. Z mnohatisícového pohřebiště se bez porušení dochovala jen malá část hrobů. V průběhu výzkumu bylo odkryto 850 hrobů, které nerovnoměrně reprezentují celkem pět různých fází. Pro potřeby této Diplomové práce byli vybráni jedinci pouze z páté fáze datace, která je datována od století 17. a končí rokem 1786, kdy na této lokalitě pohřbívání skončilo (Hanáková a Stloukal, 1988).

5.1.2. Lokality ve vztahu ke klimatu

Jednotlivé lokality nelze datovat do úzkého časového horizontu. Zvláště v období vrcholného středověku možnosti přesného datování omezují časté stavební práce, které pohřebiště narušili. Pro potřeby práce, která hodnotí změny z dlouhodobého hlediska je tento širší horizont datování u lokalit dostačující a data tak byla rozdělena do 3 časových období (Tabulka 1). Období raného středověku dostatečně pokryla data naměřená na jedincích z lokality Mikulčic. Vrcholný středověk je obdobím horšího stavu zachovalosti koster a tak bylo z tohoto období naměřeno nejméně jedinců z vícera archeologických lokalit. Kosterní pozůstatky spadající do období vrcholného středověku pochází z lokalit Praha - Malé náměstí, Praha – Vratislavský palác, Vršany a Nesvětica. Období novověku je již početně více zastoupeno než období předchozí a tak data naměřená na jedincích z tohoto období pochází pouze ze dvou lokalit – Klášter Pražského Jezulátka a Praha – kostel sv. Benedikta. Raný středověk tak časově spadá do chladnějšího období před nástupem tzv. Středověkého klimatického optima, které nastupuje mezi 10. – 14. stoletím. Do tohoto období pak řadíme použité vrcholně (ale i pozdně) středověké lokality. Obě novověké lokality pak datováním odpovídají chladnému klimatickému období tzv. Malé době ledové.

Tabulka 1. Velikosti souborů (n) podle jednotlivých lokalit a podle jejich historického zařazení

	lokality	n	celkem
Raný středověk	Mikulčice	79	79
Vrcholný středověk (středověké klimatické optimum)	Praha – Malé náměstí	10	33
	Vršany	7	
	Praha – Vratislavský palác	5	
	Nesvětice	11	
Novověk (malá doba ledová)	Klášter Pražského jezulátka	40	63
	Praha – kostel Sv. Benedikta	23	

5.2. Metody

5.2.1. Výběr proměnných

Rozměry, které byly pro tuto studii vybrány, byly ve studiích klimatické adaptace určeny na základě teploty a vlhkosti vzduchu. Výška a šířka nosu, respektive nosní index, tak reprezentují tvar a morfologii nosního otvoru. Šířka a výška horního obličejce byly naměřeny, aby mohl být určen a zredukován vliv změn v celkové velikosti obličejce na morfologii nosu. Délka vnitřního nosu v této analýze odráží velikost vnitřních struktur nosní dutiny. Tyto proměnné je nutné chápat jako zjednodušený model, který nedokáže postihnout tvarovou variabilitu nosní morfologie jako celku.

Rozměry byly vybrány na základě očekávaných trendů klimatické adaptace popisovaných v odborné literatuře. Výška i šířka nosu, respektive nosní index, jsou obecně nejlépe prozkoumaným a často publikovaným znakem a proto byla možnost naměřit tyto rozměry zcela určující při výběru jedinců do této analýzy. Samozřejmě bylo přihlíženo k celkové zachovalosti jedince a možnosti naměřit také další rozměry obličejce. Jedinci, u kterých nebylo možné naměřit výšku nebo šířku nosu tak nebyly do této analýzy zařazeni. Do analýzy nebyli zařazeni také nedospělí jedinci. Jejich morfologie nosu se totiž stále vyvíjí a pro tuto analýzu tak nejsou vhodné. Jedinci byli vyřazováni na základě osifikace dlouhých kostí nebo stavu osifikace *synchondrosis sphenoccipitalis* (Ferembach a kol., 1980). Tradiční rozřazení souborů podle odhadu pohlaví není v této analýze nezbytně nutné. Sexuální

dimorfismus především v oblasti morfologie nosu se neprokázal (Franciscus a Long, 1991). S přihlédnutím k faktu, že odhady pohlaví nebyly pro všechny lokality vyhotoveny předchozími analýzami a vzhledem k jejich časové náročnosti, tak tato tradiční proměnná antropologických studií zůstává nezohledněna.

Znaky poskraniálního skeletu jako je výška postavy a tělesná hmotnost, nelze u minulých populací změřit přímo. Výšku postavy můžeme odhadovat na základě dvou základních metod - metody anatomické a metody matematické. Anatomická metoda je pro přesnost a spolehlivost odhadu výšky postavy lepší, je poměrně přesná a spolehlivá, ale pro tuto analýzu vzhledem ke stavu zachovalosti kosterních pozůstatků především z období vrcholného středověku nevhodná. V této analýze tak byly pro odhad výšky postavy a celkové tělesné velikosti použity matematické metody, které vychází z korelačních koeficientů, zjišťovaných na referenčních souborech. Hlavním přínosem a důvodem proč jsou tyto matematické metody při studiu života minulých populací využívány, jsou jejich podstatně menší nároky na zachovalost kosterního materiálu. Nejčastějšími kosterními elementy, které bývají pro odhad výšky postavy používány, jsou dlouhé kosti, především kost stehenní a kost lýtková. Jednotlivým elementům skeletu je tak přiřazena rovnice, na jejímž základě se odhad výšky postavy vypočítá. Spolehlivost odhadu se pro různé dlouhé kosti v těle liší. Největší spolehlivost odhadu na základě korelačního koeficientu daného elementu a výšky postavy vykazuje kost lýtková a jako druhý nejvhodnější element pro tento odhad byla určena kost stehenní (Sjovold, 1990).

Průměr hlavice stehenní kosti se používá pro odhad celkové tělesné hmotnosti (Grine a kol., 1995). Průměr těla stehenní kosti spolu s délkou stehenní kosti v přirozeném postavení slouží pro výpočet indexu robusticity (Stloukal a kol., 1999). Výhodnou stehenní kosti je také její relativně vysoká míra zachovalosti. Ačkoliv lýtková kost je podle předpokladů matematického odhadu výšky postavy výhodnější z hlediska spolehlivosti a přesnosti odhadu,

přesto byla do této analýzy zařazena pouze kost stehenní nejen díky svému víceúčelovému využití. Pokud byla v kosterním materiálu přítomna kost lýtková, byla spolu s kostí stehenní také naměřena. Avšak z celkového počtu jedinců, kteří měli dostatečně zachovaný obličejový skelet a mohli tak být zařazeni do analýzy, bylo možné kost lýtkovou v jejím délkovém rozměru naměřit pouze ve třech případech (0,01 %) a tak tento rozměr nemohl být pro odhad výšky postavy použit.

Matematické metody pro odhady tělesných rozměrů a proporcí vycházejí z korelačních vztahů mezi rozměry určitého segmentu a tělesnou morfologií. Tento korelační vztah je v této analýze také využit, ale do jisté míry opačně. Místo korelace odhadnuté výšky postavy a tělesné hmotnosti s dalšími proměnnými, byly tyto odhady nahrazeny přímo rozměry, které slouží pro jejich výpočet. Korelace či rozdíly ve výšce postavy tak byly zjišťovány skrze korelaci délky stehenní kosti. Změny a korelace v tělesné hmotnosti zase skrze proměnnou průměr hlavice stehenní kosti.

5.2.2. Sběr osteometrických dat

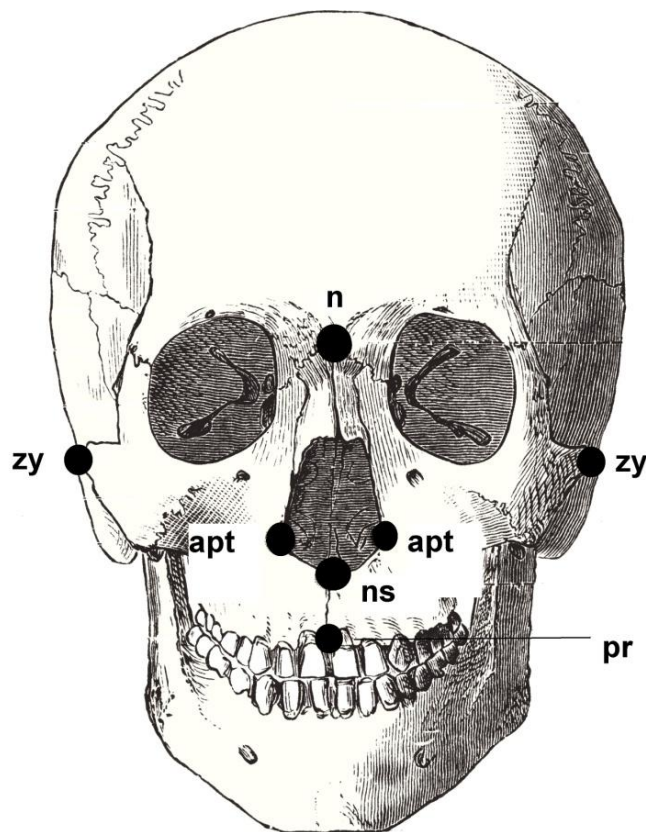
Změny morfologie nosu a poskraniálního skeletu byly analyzovány na základě osteometrických údajů. Bylo zkoumáno celkem 19 proměnných. Některé proměnné byly naměřeny přímo, formou daných rozměrů, jiné proměnné tvořily indexy či odhady tělesných charakteristik, které byly určeny na základě matematických výpočtů.

Celkem bylo tedy naměřeno 5 rozměrů obličeje – výška nosu, šířka nosu, výška horního obličeje, bizygomatická šířka a délka vnitřního nosu. Výška nosu je definována jako vzdálenost od bodu *nasion* (n) a *nasospinale* (ns); šířka nosu je definována jako vzdálenost bodů *apertion* – *apertion* (apt) ; výška horního obličeje je přímo vzdáleností bodů *nasion* (n) a *prosthion* (pr); bizygomatická šířka je definována jako přímo vzdálenost mezi body *zygion* – *zygion* (zy); délka vnitřního nosu je přímo vzdáleností bodů *nasospinale* (ns) a *staphylion* (sta) (Stloukal a kol., 1999).

Pro měření přímých rozměrů obličejového skeletu a rozměrů diafýzy a hlavice stehenní kosti bylo použito digitální posuvné měřidlo. Délky stehenních kostí byly měřeny na osteometrické desce a úhly lebky byly naměřeny z fotografií v poloze laterální za použití programu MorfoJ 1.03 (Klingenberg, 2011).

5.2.2.1. Definice měrných bodů a úhlů lebky

Nasion (n) – bod ležící na průsečíku mediánní roviny lebky s čelonosním švem (*sutura frontonasalis*). Při určování na neúplných lebkách se nepřihlíží k průběhu mezinosního švu (*sutura internasalis*) ani tvaru nosních kostí (Obrázek 1).



Obrázek 1. Lokace měrných bodu obličeje

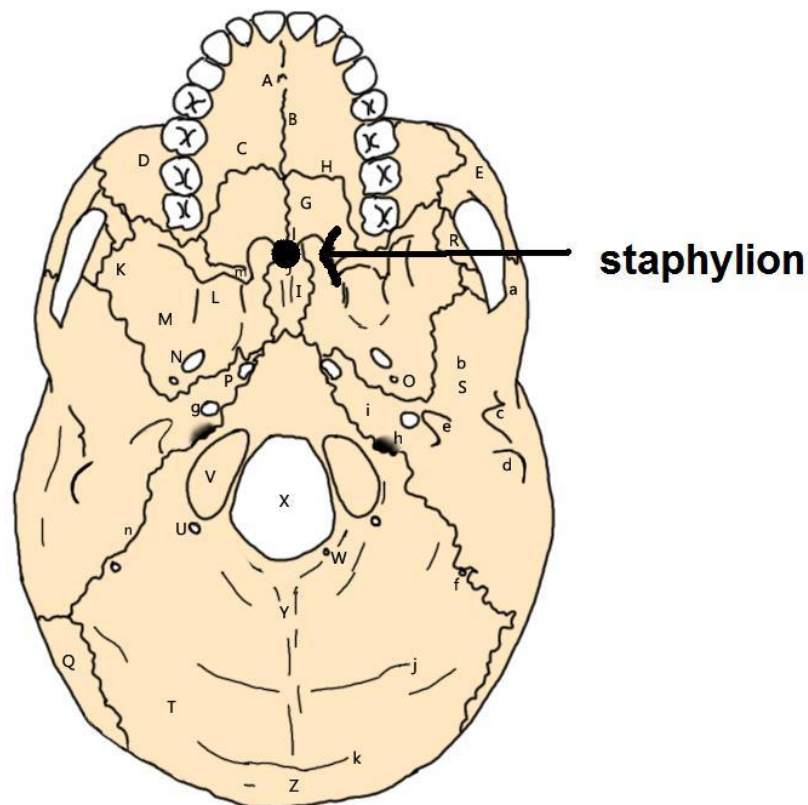
Apertion (apt) – párový měrný bod. Body leží na nejvíce laterálním okraji hruškovitého otvoru (*apertura piriformis*). Vzdálenost bodů tak odpovídá největší šířce hruškovitého otvoru (Obrázek 1).

Nasospinale (ns) – bod ležící na průsečíku mediánní roviny se spojnicí obou nejnižše položených bodů na dolním okraji hruškovitého otvoru (*apertura piriformis*) (Obrázek 1).

Prosthion (pr) – bod na alveolárním výběžku horní čelisti, v místě, kde v mediánní rovině kostěný výběžek mezi středními řezáky vyčnívá nejvíce anteriorně. Při poškozených nebo obliterovaných alveolech středních řezáků nelze tento bod určit (Obrázek 1).

Zygion (zy) – párový bod. Body leží nejvíce laterálně na jařmových obloucích (*arcus zygomatici*) (Obrázek 1).

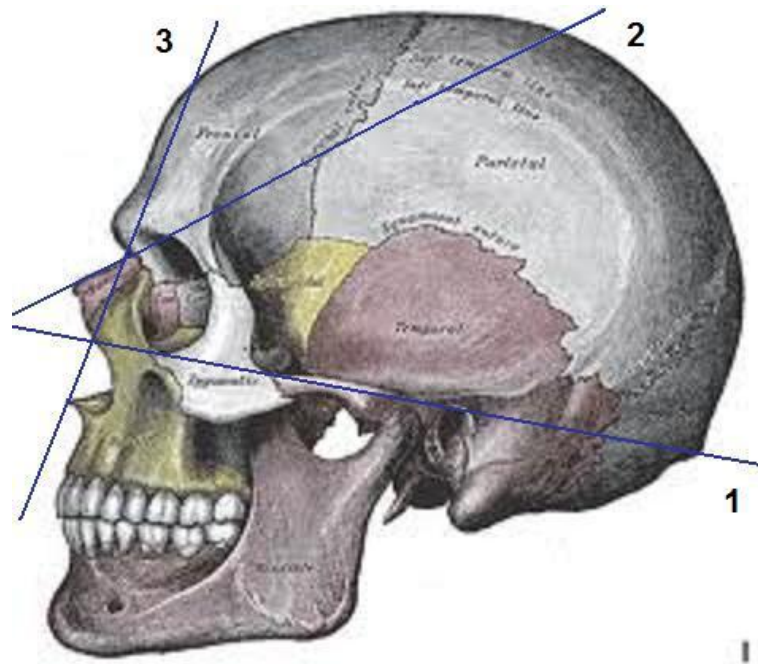
Staphylion (sta) - bod na průsečíku mediánní roviny s tečnou, která spojuje nejvíce anteriorně ležící body na posteriorním okraji tvrdého patra (Obrázek 2).



Obrázek 2. Lokace měrného bodu staphylion

Profilový úhel hřbetu nosu - úhel, který svírá profilová linie nosních kostí s rovinou frankfurtské horizontály (Obrázek 3).

Celkový profilový úhel - úhel je tvořen linií bodů nasion – prosthion a rovinou frankfurtské horizontály (Obrázek 3).



Obrázek 3. Pozice linií definujících úhly lebky (1 - linie frankfurtské horizontály; 2 - profilová linie nosních kostí; 3 - line měrných bodů nasion a prosthion)

5.2.2.2. Definice rozměrů stehenní kosti

Do analýzy bylo zahrnuto také 6 rozměrů stehenní kosti – rozměry F1, F2, F6, F7, F18 a F19 (Stloukal a kol., 1999).

Největší délka (F1) – vzdálenost mezi nejvíce proximálním bodem na hlavici stehenní kosti (*caput ossis femoris*) a nejvíce distálním bodem na mediálním (*condylus medialis*), ve vzácných případech na laterálním kloubním hrbolu (*condylus lateralis*).

Délka v přirozeném postavení (F2) - vzdálenost mezi nejvíce proximálním bodem na hlavici stehenní kosti (*caput ossis femoris*) k rovině

procházející nejvíce distálními body obou kloubních hrbolů (*condylus medialis* a *condylus lateralis*).

Předozaďní průměr diafýzy (F6) – vzdálenost anteriorní a posteriorní strany ve středu těla stehenní kosti (*femur*), v místě největšího rozvoje drsné čáry (*linea aspera*). Rovina rozměru musí být kolmá na anteriorní stranu stehenní kosti.

Transverzální průměr diafýzy (F7) – vzdálenost mediánní a laterální strany těla stehenní kosti (*femur*) ve stejné úrovni jako rozměr F6. Oba tyto rozměry musí být na sebe kolmé.

Svislý průměr hlavice (F18) – přímá vertikální vzdálenost koncových bodů roviny, která protíná hlavici kosti stehenní v místě jejího největšího rozšíření a je kolmá na osu krčku.

Transverzální průměr hlavice (F19) – přímá vzdálenost od sebe nejvíce vzdálených bodů na hlavici stehenní kosti ve stejné rovině jako u rozměru F18, měřená kolmo na svislý průměr hlavice.

5.2.2.3. Proměnné vzniklé výpočtem

Z rozměrů obličejového skeletu, stehenní kosti a úhlů lebky bylo dále vypočítáno dalších 6 matematicky vytvořených proměnných použitých v této analýze – nosní index, index horního obličejce, úhel vystupování nosu, index robusticity, průměr hlavice stehenní kosti (Stloukal a kol., 1999), index klimatické adaptace nosu a poměr délky a hlavice stehenní kosti. Nosní index je definován jako podíl stonásobku šířky nosu a výšky nosu. Index horního obličejce je podílem stonásobku výšky horního obličejce a bizygomatické šířky obličejce. Úhel vystupování nosu získáme odečtením hodnoty profilového úhlu hřbetu nosu od hodnoty celkového profilového úhlu nosu. Index robusticity je definován jako podíl stonásobku součtu předozaďního a transverzálního průměru diafýzy stehenní kosti a délky stehenní kosti v přirozeném stavu. Průměr hlavice stehenní kosti dostaneme vypočítáním aritmetického průměru svislého a transverzálního průměru hlavice. Index klimatické adaptace nosu je

index definovaný na základě teoretického modelu adaptace přímo pro tuto práci, kde se odráží výška nosu, šířka nosu, délka vnitřního nosu a úhel vystupování nosu. Proměnnou poměr délky a hlavice stehenní kosti definuje už název sám.

5.2.3. Analýza dat

Prvním krokem zpracování morfometrických údajů z jednotlivých lokalit bylo vytvoření popisných statistik souborů. Základní numerické charakteristiky souboru jako celku (průměr, směrodatná odchylka a velikost souboru) spolu s krabicovými grafy znázorňujícími změny v průměru všech proměnných mezi jednotlivými obdobími jsou uvedeny v Příloze 11.1..

Statistické testy byly provedeny za pomoci programu Past 2.12 a MS Excell 2007. Data byla analyzována za použití několika testů – t a F testu, korelací, analýzy rozptylu (one-way ANOVA) a analýzy hlavních komponent (PCA).

5.2.3.1. Testování hypotéz

Hypotéza 1 předpokládá, že vzorek populací za jednotlivá období z českých lokalit bude odpovídat populacím mírného klimatického podnebí. Pro ověření této hypotézy byla nutná srovnatelná data z jiných evropských lokalit mírného podnebného pásu a také z lokalit jiných klimatických podmínek. Pro tuto analýzu tak byly z odborné literatury vybrány články, které uvádějí popisnou statistiku o rozměrech výšky a šířky nosu. Pro testování hypotézy byl zvolen t -test na základě výběrového průměru souboru a jeho rozptylu. Předpokladem použití t -testu je normální rozdělení proměnné a shodnost rozptylu testovaných souborů (Sokal a Rohlf, 1995). Pro testování normálního rozložení proměnných byl použit Shapiro-Wilkův test. Předpoklad shodnosti rozptylu ověřil F test. Testy předpokladů použití t -testu byly provedeny u dat naměřených pro tuto práci. Pro data, která byla převzata z dostupné odborné literatury, splnění těchto kritérií předpokládáme na základě prováděných statistických testů. Použitím t -testu testujeme nulovou hypotézu, že data byla vybrána ze dvou populací o stejném průměru (Zar, 1999).

Hypotéza 2 předpokládá, že morfologie nosu se bude měnit v závislosti na změnách klimatických podmínek. Prvním statistickým testem této hypotézy byla analýza hlavních komponent (PCA). PCA je analýza, která v mnohorozměrných datech nachází proměnné, které nejvíce přispívají k celkové variabilitě mezi jednotlivými soubory či proměnné, které danou variabilitu určitým způsobem dále zvýrazňují. Dalším použitým testem pro testování druhé hypotézy byla analýza rozptylu, neboli (one-way) ANOVA. Předpokladem použití analýzy rozptylu je normální rozdělení proměnných a shodný rozptyl. Tyto předpoklady byly testovány stejně, jako je uváděno u první hypotézy, za použití Shapiro-Wilkova testu normality a F- testu. Analýza rozptylu je ve své podstatě vícevýběrovým t - testem skrze něhož testujeme nulovou hypotézu, že několik výběrů pochází z populací o stejném průměru (Hammer, 1012; Sokal a Rohlf, 1995). U všech dvojic proměnných byly dále zjišťovány korelační koeficienty. Pro toto statistické hodnocení byl použit neparametrický Spearmanův korelační koeficient, který udává statistickou závislost (korelaci) mezi dvěma proměnnými (Sjovold, 1990; Sokal a Rohlf, 1995).

Hypotéza 3 testuje, zda u zkoumaných populací dochází spolu se změnou morfologie nosu, také ke změně morfologie postkraniálního skeletu. Použitým testem byla opět ANOVA. U všech dvojic proměnných byly dále zjišťovány korelační koeficienty. Pro korelování proměnných obličejové morfologie s proměnnými definovanými na základně postkraniálního skeletu byla naměřená data převedena na přirozený logaritmus daného čísla, abychom se tak vyhnuli rozdílům v absolutních velikostech zkoumaných proměnných. Mohlo by se jevit jako zbytečné korelovat zvláště nosní index a zároveň také oba jeho komponenty. Všechny tyto korelace však byly vytvořeny záměrně, aby mohly být jednotlivě posouzeny z hlediska míry korelace s dalšími kosterními elementy. Korelováním pouze nosního indexu by tak mohlo dojít k redukci variability jednotlivých komponentů nosního indexu.

6. VÝSLEDKY

6.1. Hypotéza 1

Pro ověření této hypotézy byla použita data původní a data ze sekundárních zdrojů (Hwang a kol. 2005, Franciscus a Long, 1991). Vzhledem ke složitosti dohledávání dat potřebných pro komparaci nebylo vhodné testovat tuto hypotézu pro všechny rozměry nosní dutiny, které byly v této práci použity. Klíčový je v této analýze především tvar vstupu do kostěné nosní dutiny, který tvoří rozměry výška a šířka nosu. Tyto proměnné, jakožto komponenty nosního indexu, jsou v literatuře poměrně často diskutovány, jsou pro tento účel vhodné a byly tak vybrány pro testování této hypotézy. Data ze sekundárních zdrojů pocházela z 8 různých lokalit. Klimatické podmínky mírného pásu jsou zastoupeny lokalitami z Německa, Rakouska, Norska, Maďarska. Pro porovnání byly dále vybrány lokality jiných klimatických podmínek. Ty jsou zde zastoupeny lokalitami z kmene Zulu z Jihoafrické republiky, Inuitů z Grónska, z Hawaje a z Peru. Hypotéza byla testována na základě výběrového průměru daných rozměrů u jednotlivých populačních celků, jejich směrodatné odchylce (respektive rozptylu) a velikosti souboru. Popisnou statistiku jednotlivých lokalit a zkoumaných období z českého území najdeme v Tabulce 2, 3 a 4.

Tabulka 2. Popisná statistika populací jednotlivých období Čech

	Raný středověk; (n=79)		Vrcholný středověk (středověké klimatické optimum); (n=28)		Novověk (malá doba ledová); (n=56)	
	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu
průměr	51,03	24,79	48,12	24,46	49,79	24,00
SD	4,22	1,77	3,90	2,07	3,44	2,06

Tabulka 3. Popisná statistika lokalit mírného pásu

	Německo (n = 79)		Norsko (n=110)		Maďarsko (n=98)		Rakousko (n=107)	
	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu
průměr	54,00	23,6	50,56	24,80	49,96	25,02	49,95	25,09
SD	6,80	1,8	2,66	1,68	2,73	1,59	2,98	1,74

(Hwang a kol. 2005, Franciscus a Long, 1991)

Tabulka 4. Popisná statistika lokalit jiných klimatických podmínek

	Zulu (n=101)		Grónsko (n=107)		Hawai (n=100)		Peru (n=110)	
	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu	Výška nosu	Šířka nosu
průměr	48,65	28,32	52,32	23,54	51,35	26,70	49,00	24,60
SD	2,59	1,86	2,49	1,58	2,56	1,71	2,37	1,69

(Franciscus a Long, 1991)

Na základě uvedených výběrových ukazatelů byly provedeny t - testy, které stanovily testové kritérium t a hodnotu p, které při naší zvolené 95% hladině statistické významnosti potvrzují či nepotvrzují možnost, že dva vzorky byly vybrány z populace o stejném parametrickém průměru. P - hodnoty pro jednotlivé dvojice klimatických období českých zemí a ostatních lokalit mírného a jiného klimatického pásu jsou souhrnně uvedeny v Tabulce 5 a 6.

Dle předpokladů by se průměry rozměrů nosu lokalit mírného pásu neměly významně lišit od průměrů rozměrů nosu u lokalit reprezentujících jednotlivá období v Českých zemích. Statisticky významné rozdíly však byly zjištěny celkem u 11 kombinací zkoumaných populací z 24 (46%). V 5 případech z 6 (83 %) byl statistický rozdíl při 95% hladině významnosti nalezen u populace Německa. Další 3 statisticky významné hodnoty se objevily u všech ostatních evropských lokalit mírného pásu, tedy u Norska, Maďarska i Rakouska. Všechny

tyto lokality se statisticky liší ve výšce nosu oproti období Středověkého klimatického optima a také se liší v šířce nosu oproti období Malé doby ledové.

Tabulka 5. Výsledky t - testů podle parametrů výšky a šířky nosu u lokalit mírného klimatu

		Výška nosu				Šířka nosu			
		Německo	Norsko	Maďarsko	Rakousko	Německo	Norsko	Maďarsko	Rakousko
Raný středověk	p	0,001*	0,384	0,053	0,054	0,000*	0,969	0,364	0,250
Středověké klimatické optimum	p	0,000*	0,004*	0,028*	0,028*	0,039*	0,363	0,193	0,103
Malá doba ledová	p	0,000*	0,146	0,752	0,769	0,234	0,014*	0,002*	0,000*

(* označuje statisticky významný rozdíl při 95% hladině statistické významnosti)

V protikladu k výše porovnávaným lokalitám mírného klimatického pásu byly vybrány lokality jiných klimatických podmínek. Dvojice rozměrů nosu těchto lokalit by se dle očekávání měly lišit. Jak vidíme v Tabulce 6, p - hodnoty menší než 0,05 nacházíme v 16 případech z celkových 24 (67%). Celkově nejméně odlišná se dle testu ukazuje lokalita v Peru, u které se statisticky významný rozdíl potvrdil pouze u rozměru výška nosu v období raného středověku. Ve výšce nosu se dále statistický rozdíl nepotvrdil mezi lokalitou Hawaii a obdobím raného středověku a mezi lokalitou z Jihoafrické republiky a obdobím Středověkého klimatického optima. V šířce nosu se (kromě již zmiňovaného Peru ve všech třech obdobích) nepotvrdil statisticky významný rozdíl mezi lokalitou z Grónska a obdobím Malé doby ledové.

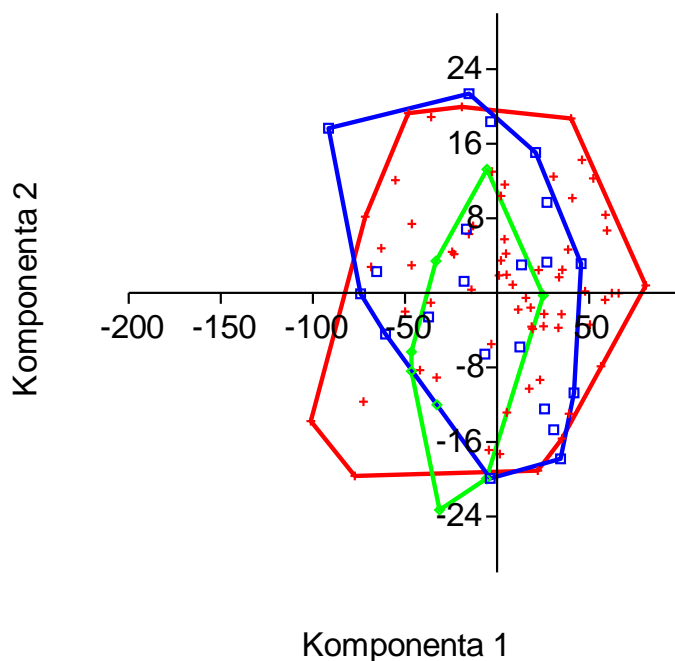
Tabulka 6. Výsledky t - testů podle parametrů výšky a šířky nosu u lokalit jiného klimatu

		Výška nosu				Šířka nosu			
		JAR	Grónsko	Hawai	Peru	JAR	Grónsko	Hawai	Peru
Raný středověk	p	0,000*	0,017*	0,554	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,456
Středověké klimatické optimum	p	0,509	0,000*	0,000*	0,270	0,000*	0,035*	0,000*	0,710
Malá doba ledová	p	0,033*	0,000*	0,004*	0,127	0,000*	0,148	0,000*	0,063

(* označuje statisticky významný rozdíl při 95% hladině statistické významnosti)

6.2. Hypotéza 2

Očekávané změny v této hypotéze byly stanoveny na základě významných klimatických období středověku a novověku. Období raného středověku časově spadá do chladnějšího období před nástupem tzv. Středověkého klimatického optima, které datujeme do 10. – 14. století. Do tohoto období pak spadají použité vrcholně středověké lokality. Novověké lokality pak datováním odpovídají chladnému klimatickému období tzv. Malé době ledové. Adaptace na chladnější klimatické podmínky by se tak měla projevit u období novověku (případně raného středověku), kdežto ve vrcholném středověku můžeme očekávat morfologii odrážející adaptaci na teplo. Tato teoretická očekávání byla testována pomocí analýzy hlavních komponent, analýzy rozptylu a korelačního koeficientu. Analýza hlavních komponent určila, že jednotlivá období se od sebe v kombinaci všech zkoumaných proměnných neodlišují. Jak můžeme vidět v grafu 1, jednotlivá historická období se výrazně překrývají a nevydělují. Dle analýzy se na celkové variabilitě souboru podílí především komponenty 1 a 2. Variabilita souboru je tedy dle výsledků dána z 34% procent velikostí a z 15% variabilitou tvaru.



Graf 1. Výsledky analýzy hlavních komponent

(komponenta 1 - 34 % variability; komponenta 2 - 15 % variability)

(kříže – raný středověk, body – vrcholný středověk, obdélníky – novověk)

Analýzou rozptylu byly zjišťovány rozdíly mezi průměry ve zkoumaných obdobích u jednotlivých rozměrů a úhlů obličeje. Signifikantně byl hodnocen rozdíl mezi jednotlivými časovými obdobími pouze ve čtyřech případech. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn u proměnné výška nosu a to mezi raným středověkem a obdobím Středověkého klimatického optima ($t=4,981$; $p=0,001$) a mezi obdobím Středověkého klimatického optima a Malou dobou ledovou ($t=3,326$; $p=0,049$). U proměnné výška obličeje došlo k statisticky významné změně mezi obdobím raného středověku a obdobím Středověkého klimatického optima ($t=3,859$; $p=0,017$). Proměnná nosní index vykázala statisticky signifikantní rozdíl mezi obdobím Středověkého klimatického

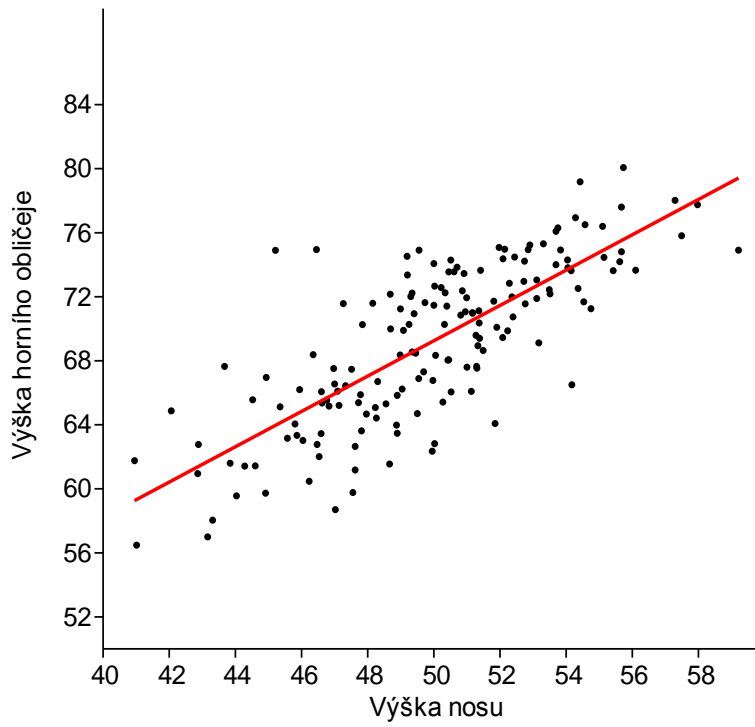
optima a Malou dobou ledovou ($t=3,968$; $p=0,013$). Mezi proměnné, které vykazují p - hodnotu kolem hladiny statistické významnosti, můžeme zařadit šířku nosu, kde ke změně došlo mezi raným středověkem a Malou dobou ledovou ($t=2,769$; $p=0,122$), šířku obličeje, která se měnila mezi raným středověkem a obdobím Středověkého klimatického optima ($t=2,936$; $p=0,094$), výšku obličeje měnící se mezi raným středověkem a obdobím Malé doby ledové ($t=2,891$; $p=0,101$) a nosní index mezi obdobím raného středověku a Středověkým klimatickým optimem ($t=2,819$; $p=0,113$). Ostatní proměnné mezi jednotlivými obdobími v českých lokalitách nevykazují žádný statisticky významný posun. Hodnoty testových kritérií t i p - hodnoty pro proměnné nosní morfologie nalezneme v tabulce 5. Rozdíly v průměru těchto proměnných můžeme pozorovat skrze trojice krabicových grafů pro jednotlivá historická období (viz Příloha 11.2.).

Tabulka 5. ANOVA. Hodnoty testového kritéria a hodnota p pro změny v průměru proměnných obličeje

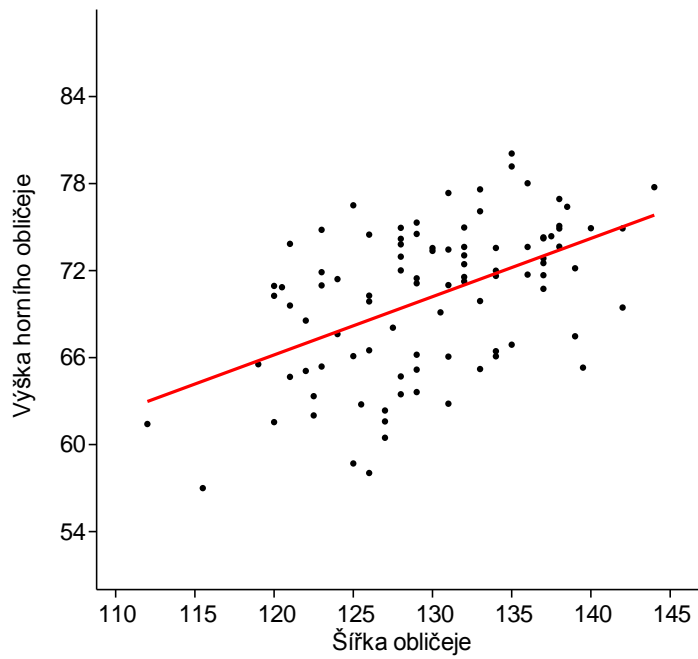
	RS/VS		RS/NV		VS/NV	
	t	p	t	p	t	p
Výška nosu	4,981	0,001*	1,655	0,470	3,326	0,049*
Šířka nosu	1,147	0,696	2,769	0,122	1,622	0,485
Délka vnitřního nosu	1,013	0,753	0,304	0,974	1,318	0,620
Úhel vystupování nosu	0,497	0,934	0,792	0,841	0,295	0,976
Šířka obličeje	2,936	0,094	2,355	0,218	0,581	0,911
Výška horního obličeje	3,859	0,017*	2,891	0,101	0,968	0,772
Nosní index	2,819	0,113	1,149	0,695	3,968	0,013*
Index horního obličeje	1,231	0,659	0,489	0,936	0,741	0,859
Index klimatické adaptace nosu	0,769	0,849	0,206	0,988	0,976	0,769

(RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = Novověk - malá doba ledová; * označuje statisticky významný rozdíl při 95% hladině významnosti)

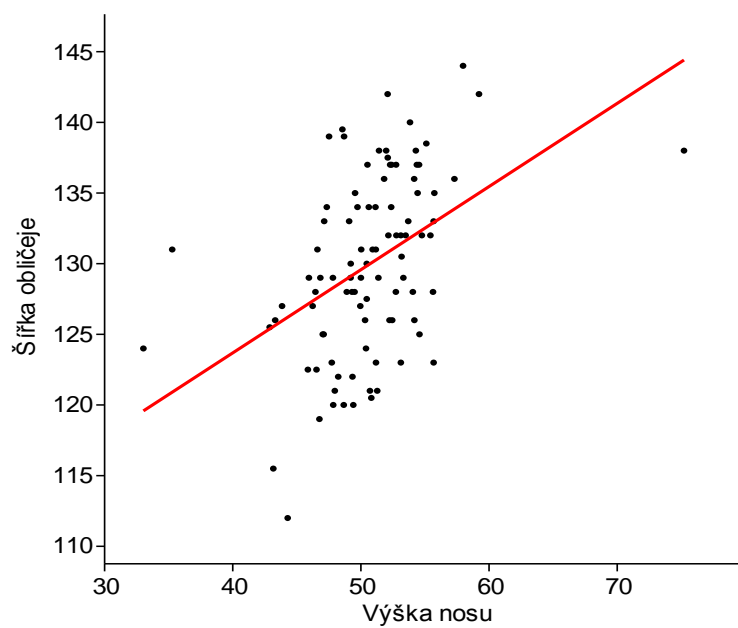
Spearmanovy korelační koeficienty zjišťované mezi proměnnými, které odrážejí nosní morfologii, můžeme souhrnně posoudit z tabulky 6, ve které se nachází korelační koeficient r_s , který udává statistickou závislost mezi proměnnými a určuje míru těsnosti vztahu mezi nimi. Kladné hodnoty r_s vyjadřují pozitivní korelaci mezi proměnnými a naopak záporné hodnoty r_s vyjadřují korelaci negativní. Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu r_s nalezneme v tabulce 6 ve spodním trojúhelníku. V horním trojúhelníku jsou pak vyneseny p - hodnoty, které udávají pravděpodobnost, že proměnné jsou nezávislé. Nejsilnější korelace mezi proměnnými obličeje byla nalezena mezi výškou nosu a výškou horního obličeje ($r_s=0,72$; $p=0,00$). Další silnější korelace pak nacházíme mezi výškou horního obličeje a šířkou obličeje ($r_s=0,50$; $p=0,00$), mezi šířkou obličeje a výškou nosu ($r_s=0,47$; $p=0,00$), mezi výškou nosu a délkou vnitřního nosu ($r_s=0,43$; $p=0,00$), mezi výškou nosu a indexem horního obličeje ($r_s=0,43$; $p=0,00$) a mezi výškou horního obličeje a délkou vnitřního nosu ($r_s=0,42$; $p=0,00$). Míru korelace můžeme pozorovat také na základě tvaru regresních přímk metodou nejmenších čtverců v grafech 2 - 7.



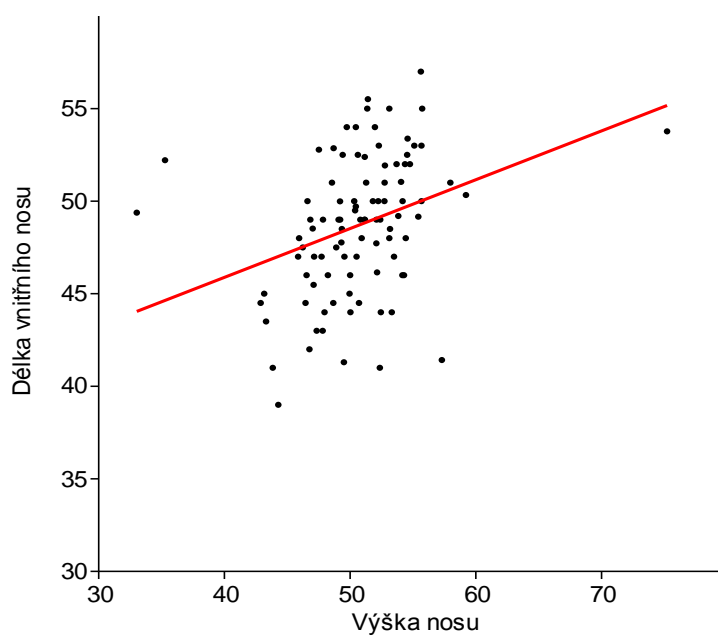
Graf 2. Regresní přímka závislosti proměnných výška nosu a výška horního obličeje



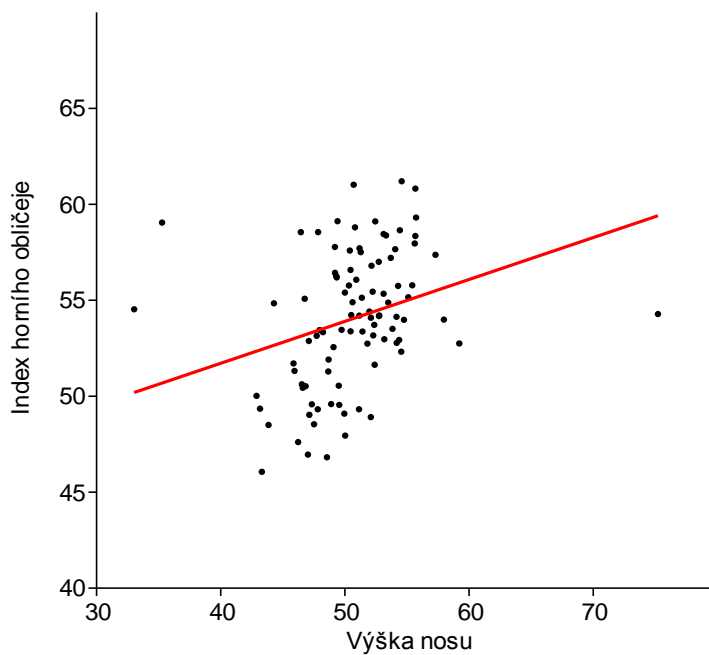
Graf 3. Regresní přímka závislosti proměnných šířka obličeje a výška horního obličeje



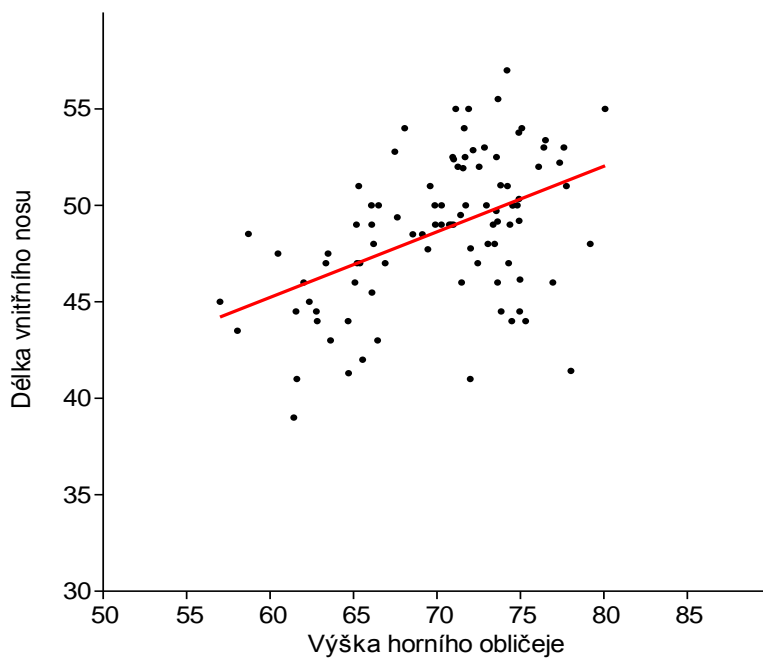
Graf 4. Regresní přímka závislosti proměnných výška nosu a šířka obličeje



Graf 5. Regresní přímka závislosti proměnných výška nosu a délka vnitřního nosu



Graf 6. Regresní přímka závislosti proměnných výška nosu a index horního obličeje



Graf 7. Regresní přímka závislosti proměnných výška horního obličeje a délka vnitřního nosu

Avšak ani korelace v této analýze nejsilnější nelze obecně považovat za vysoké. Korelační koeficienty mezi ostatními proměnnými dosahují ještě nižších hodnot a tak o jejich vzájemné korelaci nelze mluvit vůbec. Celkově nejnižší hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu r_s a to se všemi ostatními proměnnými nacházíme u proměnných úhel vystupování nosu a úhel hřbetu nosu (viz tabulka 6).

Tabulka 6. Hodnoty korelačního koeficientu r (spodní levý trojúhelník) a p - hodnoty nezávislosti vztahu (horní pravý trojúhelník) mezi dvojicemi proměnných

	VN	ŠN	ŠO	VHO	DVN	ÚHN	CPÚ	ÚVN	NI	IHO	DSK	PHSK	IR
VN		0,08	0,00	0,00	0,00	0,55	0,64	0,49	X	0,00	0,00	0,00	0,42
ŠN	0,18		0,00	0,20	0,03	0,95	0,05	0,34	X	0,27	0,04	0,01	0,38
ŠO	0,47	0,37		0,00	0,00	0,89	0,02	0,28	0,77	X	0,00	0,00	0,02
VHO	0,72	0,13	0,50		0,00	0,39	0,61	0,40	0	X	0,00	0,00	0,82
DVN	0,43	0,23	0,34	0,42		0,57	0,00	0,31	0,24	0,01	0,00	0,00	0,61
ÚHN	0,06	0,01	0,01	0,09	-0,06		0,00	X	0,72	0,48	0,38	0,29	0,03
CPÚ	0,05	0,2	0,24	0,05	-0,31	0,33		X	0,2	0,2	0,6	0,78	0,35
ÚVN	-0,07	0,1	0,11	-0,09	-0,11	X	X		0,15	0,07	0,37	0,12	0,01
NI	X	X	-0,03	-0,38	-0,12	-0,04	0,13	0,15		0,00	0,13	0,24	0,78
IHO	0,43	-0,11	X	X	0,26	0,07	-0,13	-0,19	-0,38		0,00	0,06	0,03
DSK	0,49	0,21	0,4	0,57	0,39	-0,09	-0,05	0,09	-0,16	0,36		0,00	0,04
PHSK	0,5	0,27	0,53	0,51	0,37	-0,11	0,03	0,16	-0,12	0,19	0,74		0,33
IR	0,08	0,09	0,25	0,02	0,05	-0,22	0,10	0,28	0,03	-0,22	-0,21	0,10	

VN - výška nosu; ŠN - šířka nosu; ŠO - šířka obličeje; VHO - výška horního obličeje; DVN - délka vnitřního nosu; ÚHN - úhel hřbetu nosu; CPÚ - celkový profilový úhel; ÚVN - úhel vystupování nosu; NI - nosní index; IHO - index horního obličeje; PHSK - průměr hlavice stehenní kosti; IR - index robusticity

(X označuje korelace, které nemají smysl)

6.3. Hypotéza 3

Klimatická adaptace postkraniálního skeletu se projevuje několika různými způsoby. Může se odrážet na výšce postavy, ve změně tělesné hmotnosti nebo skrze změnu tělesné proporcionality. Tyto změny byly testovány na proměnných délka stehenní kosti, index robusticity a na průměru hlavice stehenní kosti. Výška postavy a tělesná hmotnost jsou demografickými parametry, které se matematicky získávají na základě jednoduché rovnice, a proto byly jejich změny a korelace sledovány přímo na základě sledování změn proměnných, které jako jediné slouží spolu s dalšími konstantami, k jejich odhadu. Změny tělesné proporcionality byly sledovány přímo na základě indexu robusticity.

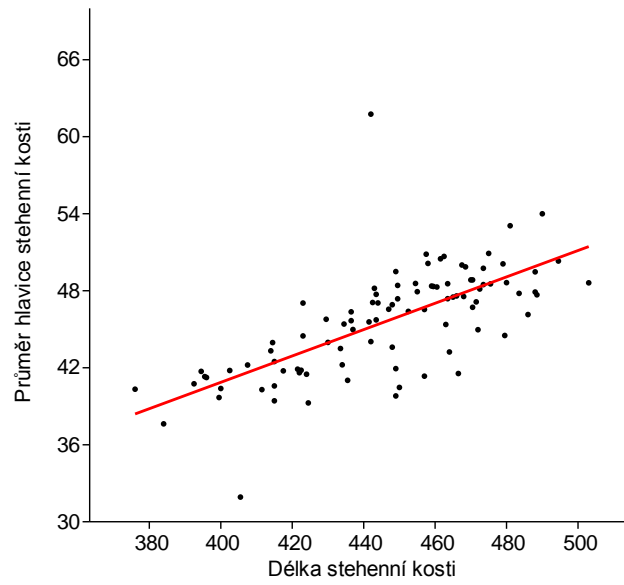
Pro testování změny v proměnných postkraniálního skeletu byla i zde stejně jako u druhé hypotézy použita analýza rozptylu (ANOVA). O všech proměnných v tomto testu lze říci, že jedinci reprezentující jednotlivá období pocházejí z populace o stejném průměru. Nenacházíme u nich statisticky významný rozdíl. Nejnižší p - hodnoty a tedy největší statistický rozdíl mezi průměry pozorujeme u proměnné průměr hlavice stehenní kosti mezi obdobími raného středověku a Malou dobou ledovou ($t=2,324$; $p=0,232$) a u proměnné index robusticity mezi obdobími Středověkého klimatického optima a Malou dobou ledovou ($t=2,238$; $p=0,257$). Rozdíly v průměru těchto proměnných můžeme pozorovat skrze trojice krabicových grafů pro jednotlivá historická období (viz Příloha 11.3.). Výsledky analýzy rozptylu (ANOVA) proměnných postkraniálního skeletu souhrnně viz tabulka 7.

Tabulka 7. ANOVA. Hodnoty testového kritéria a hodnota p pro změny v průměru proměnných postkraniálního skeletu

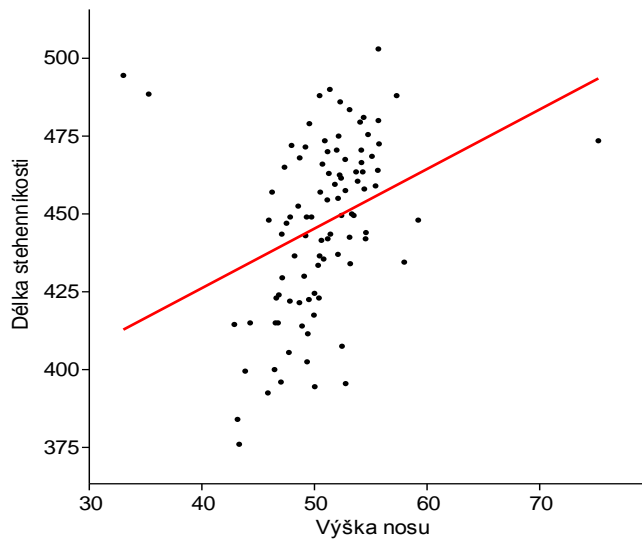
	RS/VS		RS/NV		VS/NV	
	t	p	t	p	t	p
Délka stehenní kosti	0,863	0,815	1,495	0,543	0,632	0,896
Index robusticity	1,824	0,404	0,414	0,954	2,238	0,257
Průměr hlavice stehenní kosti	0,909	0,797	2,324	0,232	1,415	0,578

(RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = Novověk - malá doba ledová; * označuje statisticky významný rozdíl při 95% hladině významnosti)

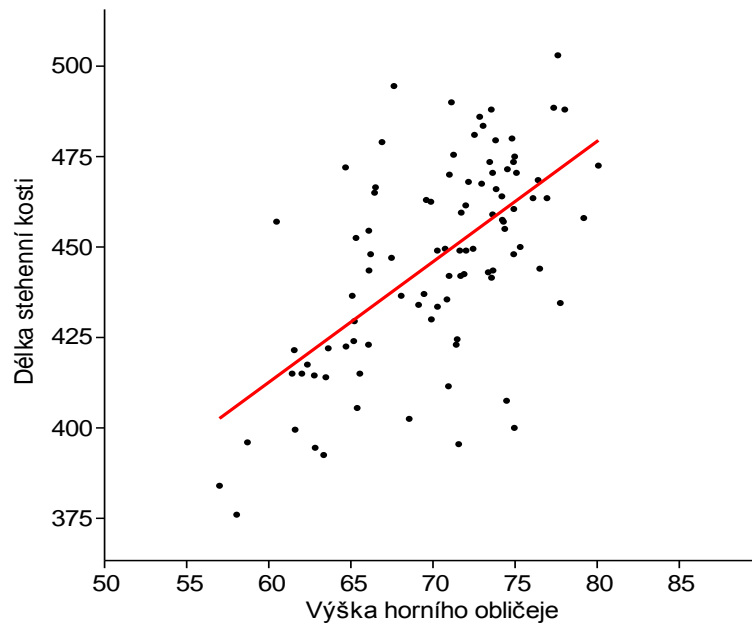
Spearmanovy korelační koeficienty zjišťované mezi proměnnými obličejového i postkraniálního skeletu můžeme souhrnně najít v tabulce 6. Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu r_s nalezneme ve spodním trojúhelníku, v horním trojúhelníku jsou pak vyneseny p - hodnoty, které udávají pravděpodobnost, že proměnné jsou nezávislé. Nejsilnější korelaci nacházíme mezi proměnnými délka stehenní kosti a průměr hlavice stehenní kosti ($r_s=0,74$; $p=0,00$). Obě tyto proměnné pak shodně korelují s dalšími proměnnými. Délka stehenní kosti tedy dále koreluje s výškou nosu ($r_s=0,49$; $p=0,00$), výškou horního obličej ($r_s=0,57$; $p=0,00$) a šířkou obličej ($r_s=0,40$; $p=0,00$). Podobně také průměr hlavice stehenní kosti koreluje s výškou nosu ($r_s=0,50$; $p=0,00$), výškou horního obličej ($r_s=0,51$; $p=0,00$) a šířkou obličej ($r_s=0,53$; $p=0,00$). Míru korelace můžeme pozorovat také na základě tvaru regresních přímk metodou nejmenších čtverců v grafech 8 - 14.



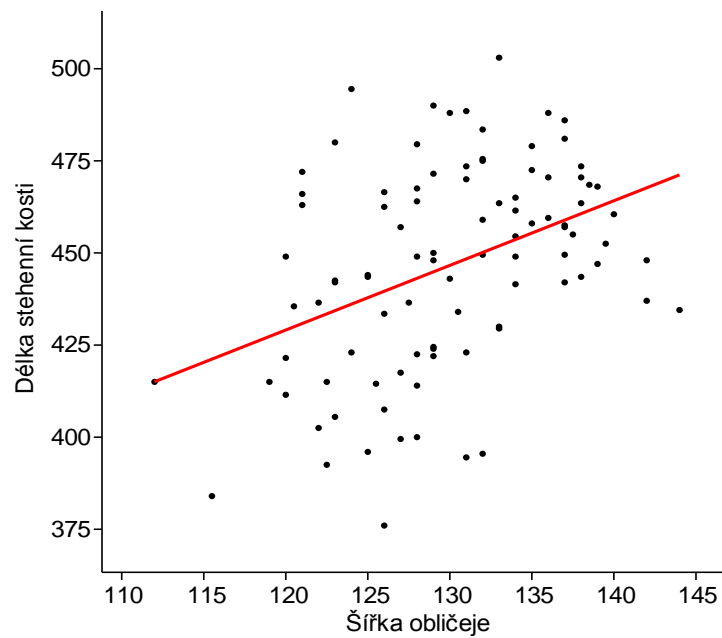
Graf 8. Regresní přímka závislosti proměnných délka stehenní kosti a průměr hlavičky stehenní kosti



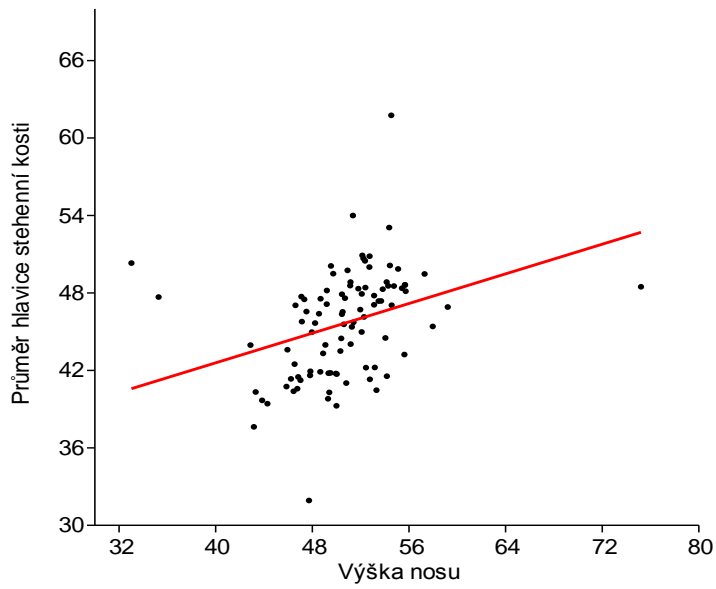
Graf 9. Regresní přímka závislosti proměnných délka stehenní kosti a výška nosu



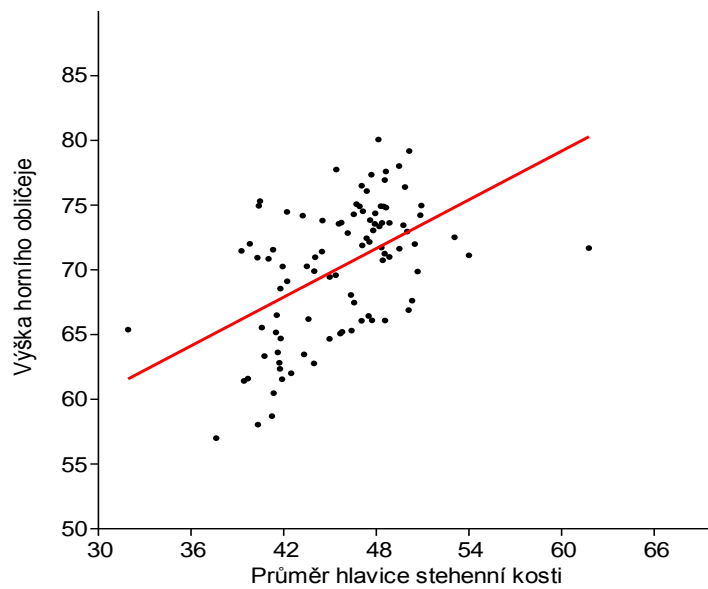
Graf 10. Regresní přímka závislosti proměnných délka stehenní kosti a výška horního obličeje



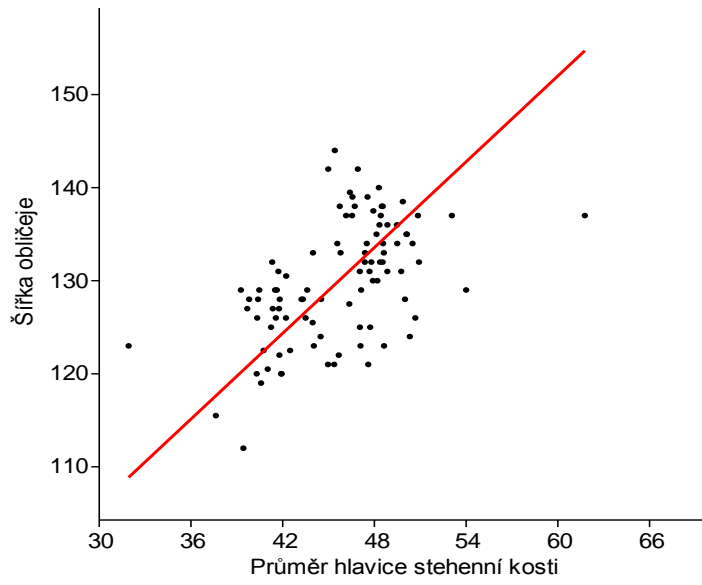
Graf 11. Regresní přímka závislosti proměnných délka stehenní kosti a šířka obličeje



Graf 12. Regresní přímka závislosti proměnných průměr hlavice stehenní kosti a výška nosu



Graf 13. Regresní přímka závislosti proměnných průměr hlavice stehenní kosti a výška horního obličeje



Graf 14. Regresní přímka závislosti proměnných průměr hlavy stehenní kosti a šířka obličeje

7. DISKUZE

7.1. Interpretace výsledků

Testování první hypotézy mělo ověřit poměrně očekávaný fakt, že vzorek populací za jednotlivá období z českých lokalit bude odpovídat populacím mírného klimatického podnebí. Pro potvrzení této hypotézy byly porovnávány jednotlivá klimatická období českých zemí s dalšími lokalitami. Byly vybrány čtyři lokality s podobnými klimatickými podmínkami, naproti tomu pak byly vybrány čtyři lokality s odlišnými klimatickými podmínkami. Na základě provedených statistických testů však nelze tuto hypotézu jednoznačně potvrdit. Lokality s podobnými klimatickými podmínkami se s jednotlivými klimatickými obdobími českých zemí z větší části v průměru shodovaly (v 54 % případů). Lokality s odlišnými klimatickými podmínkami se zase naopak z větší části od zkoumaných klimatických období odlišovaly (v 67 % případů).

Ve více jak třetině případů se tedy očekávání této hypotézy nepotvrdilo. Překvapivě se od jednotlivých období na českém území výrazně odlišuje lokalita z Německa. Ostatní evropské lokality mírného pásu se statisticky liší ve výšce nosu oproti období Středověkého klimatického optima a také v šířce nosu oproti období Malé doby ledové. Z lokalit ostatních klimatických podmínek se v rozporu s očekáváním projevila lokalita z Peru. Peru se však nachází ve vysokých nadmořských podmínkách, které ovlivňují projevy klimatické adaptace z hlediska morfologie nosu. Nadmořská výška ovlivňuje klimatické proměnné a to v gradientu k chladnějšimu a suššímu prostředí. Vzrůstající nadmořská výška má tak na morfologii nosu podobný vliv jako vzrůstající hodnota zeměpisné šířky (Kelso, 1970, Franciscus a Long, 1991).

Druhou hypotézu nelze jednoznačně potvrdit ani vyvrátit. Klimatická adaptace se skrze změny v morfologii nosu odráží velmi komplexně. Ke zvětšení poměru mezi povrchem nosní sliznice a celkovým objemem dýchaného vzduchu může dojít různými způsoby změn stavby nosu a jejich kombinacemi. To, že se mezi některými obdobími u daného znaku či rozměru

neprojevila statisticky významná změna, ještě nutně nemusí znamenat, že dané populace nebyly na klimatické podmínky své doby morfologicky adaptovány. Délka vnitřního nosu jako jediná v této analýze reprezentuje velmi složitou a komplexní vnitřní morfologii nosní dutiny. Proměnné, které zde reprezentují nosní morfologii, tak zcela nepokrývají možnosti tvarových změn kostěné nosní dutiny a je tedy nutné brát je jako více či méně zjednodušený model, který zcela nedokáže reflektovat všechny potenciaálně klimaticky variabilní morfologické změny.

Statisticky se nejvíce měnila proměnná výška nosu. Ke změně v průměru došlo mezi obdobími raného středověku a obdobími středověkého klimatického optima a také mezi Středovým klimatickým optimem a malou dobou ledovou. Představu o změnách této proměnné můžeme také čerpat z krabicových grafů pro jednotlivá období (viz příloha 11.2.). Tam je jasně patrné, že výška nosu byla průměrně větší v období raného středověku a v období Malé doby ledové. Rozdíly v šířce nosu přitom nejsou statisticky významné a tak lze usuzovat, že se změnou proměnné výška nosu, také docházelo k relativnímu prodloužení a zúžení nosního otvoru. S touto změnou tak došlo k lepší adaptaci na chladné klimatické podmínky a to v právě v těch obdobích, pro která jsme předpokládali nižší teploty.

Ke statisticky významnému zmenšení proměnné výška obličejce došlo mezi obdobími raného středověku a Středovým klimatickým optimem. Mezi obdobími Středověkého klimatického optima a Malou dobou ledovou pak došlo ke zmenšení proměnné nosní index. Nižší hodnoty nosního indexu nacházíme u populací chladných a suchých klimatických podmínek a tak jeho změna ve smyslu snížení odpovídá předpokládané tendenci při adaptaci na chladné podmínky. Oproti výšce nosu se u nosního indexu statisticky potvrdila změna pouze mezi Středovým klimatickým optimem a Malou dobou ledovou. Mezi raným středověkem a Středovým klimatickým optimem se pak významně změnila nejen výška nosu, ale také výška horního obličejce. Tyto proměnné také mezi sebou vykazují poměrně silnou korelaci a je tedy možné, že výška

nosu se v tomto období proměnila především na základě změny v celkové velikosti obličeje.

Největší podíl na změnách obličejové morfologie mají proměnné výška nosu, výška obličeje, nosní index potažmo šířka nosu a obličeje. Korelace jednotlivých dvojic proměnných obličejové morfologie byly celkově velmi nízké. Nejsilnější korelaci vykazuje výška nosu a výška horního obličeje. Tato hodnota je ale poměrně nízká, zvláště pokud si uvědomíme, že výška nosu je vlastně součástí rozměru výška horního obličeje a to z poměrně velké části. Tyto dva rozměry se totiž liší pouze o vzdálenost bodů *nasospinale* a *prosthion*. Takto nízká korelace, kde pouze 51% celkové variability výšky obličeje lze vysvětlit výškou nosu, je tedy spíše ukazatelem vzájemné nezávislosti obou proměnných. Poměrně vysokou hodnotu korelace vykazují proměnné výška nosu a bazygomatická šířka obličeje. Bazygomatická šířka podobně jako výška obličeje spolu s výškou nosu a délkou vnitřního nosu jsou proměnné, které řadíme mezi ty velikostně absolutně největší z proměnných měřených na lebce a tak by vysvětlením těchto korelací mohla být právě tato absolutní velikost.

Testováním třetí hypotézy byla určena statistická významnost rozdílů mezi jednotlivými obdobími u proměnných, které jsou používány pro popis tělesných rozměrů a jejich proporcionality. Rozdíly mezi těmito historicky a především klimaticky rozdílnými obdobími však nedosahují hladiny statistické významnosti. Třetí hypotéza tak může být zamítnuta, jelikož o všech proměnných, lze říci, že soubory reprezentující jednotlivá období pocházejí z populace o stejném průměru. Mezi raným středověkem a Malou dobou ledovou se nejvýznamněji změnil průměr hlavice stehenní kosti. Mezi těmito obdobími pak také došlo ke změně v délce stehenní kosti. Období Malé doby ledové vykazuje statisticky menší průměr hlavice stehenní kosti oproti ranému středověku. Deduktivně by tedy na základě odhadů celkové tělesné hmotnosti měla být populace raného středověku podstatně hmotnější než populace malé doby ledové.

Další výraznější rozdíl nacházíme u proměnné index robusticity mezi obdobími Středověkého klimatického optima a Malou dobou ledovou. Populace Malé doby ledové mají průměrné hodnoty indexu robusticity menší než populace období Středověkého klimatického optima. Změny těchto dvou proměnných se do jisté míry doplňují a vykreslují tak obraz novověké populace jako populace menší z hlediska tělesné hmotnosti i z hlediska robusticity. V souladu s touto interpretací se zvětšil také poměr délky a průměru hlavice stehenní kosti mezi raným středověkem a Malou dobou ledovou. Zvětšení v tomto poměru vysvětlujeme tak, že buď došlo ke zvětšení výšky postavy nebo ke zmenšení tělesné hmotnosti anebo (a patrně nejpravděpodobněji) k jejich kombinaci. Dostáváme tedy obraz novověké populace jako celkově menší a gracilnější, přičemž rozdíl je právě mezi obdobími, která obě spadají do chladnější klimatické epochy.

Rozměry obličejového i potkraniálního skeletu vykazují celkově poměrně nízké korelační koeficienty. Vůbec nejsilnější korelaci nacházíme u proměnných délka stehenní kosti a průměr hlavice stehenní kosti. Obě tyto proměnné pak shodně korelují s dalšími proměnnými - s výškou nosu, výškou horního obličejce a šířkou obličejce.

7.2. Diskuse závěrů

Z výsledků vyplývá, že mezi jednotlivými klimatickými obdobími, pozorujeme určité změny v průměru některých sledovaných charakteristik. Tyto změny statisticky významným nebo nevýznamným způsobem odrážejí klimatickou adaptaci daných populací. U každé proměnné tak můžeme pozorovat její změny v průběhu času, které na základě klimatologického pozadí, mají určitou tendenci či trend.

Pokud bychom z daných výsledků měli vytvořit obraz jedince typického pro dané klima, zjednodušeně pojato, jedinec typický pro raný středověk by byl v porovnání s pozdějšími obyvateli české krajiny vysokého a zároveň poměrně širokého nosu i obličejce, celkově většího vzrůstu a to co do výšky postavy, tělesné hmotnosti i robusticity. Jedinci období Středověkého klimatického

optima typicky vykazovali méně vysoký, ale stále poměrně široký (i když oproti období ranému středověku užší) nos. Oproti ranému středověku jsou tito jedinci také menší v obličeji. Tělesné výška se zmenšila, avšak robusticita těchto jedinců se oproti ranému středověku zvýšila. V období tzv. Malé doby ledové se pak průměrný jedinec vyznačoval vyšším a zároveň užším nosem, což se také odrazilo v nízkých hodnotách nosního indexu. Populace novověku také měli průměrně vyšší obličej, ale šířka obličeje zůstala oproti předchozímu období v podstatě nezměněna. Tyto změny nosu a obličeje tedy lze chápat jako určité celkové protažení obličejové morfologie. Celková tělesná stavba novověké populace se ukazuje jako nejméně robustní, s nejmenší výškou postavy i tělesnou hmotností.

Tyto charakteristiky populace však platí pouze v průměru a ne vždy se změny jednotlivé proměnné jeví jako statisticky signifikantní. Celkově však lze říci, že znaky definované v obličejovém skeletu se oproti znakům postkraniálního skeletu měnily významněji. Toto rozdělení odpovídá povaze morfologie jednotlivých oblastí. Morfologie obličeje a zvláště pak morfologie nosu se vyvíjí a mění jinými mechanismy než zbytek postkraniálního skeletu, přičemž vyplývá, že termoregulace má na *cranium* větší vliv než na zbytek těla (Ruff, 1994). Morfologie nosu se utváří z evolučního hlediska poměrně nezávisle na zbytku obličejového skeletu. Evolučně pozorovaná redukce v oblasti faciální morfologie se projevila především redukcí dentální, přičemž došlo k relativnímu zvětšení vystupování nosu z obličeje. Je také třeba si uvědomit, že zkoumané znaky mohou ovlivňovat proměnné, které do této analýzy nebyly zahrnuty. Tvar a morfologie nosu může být ovlivněna morfologií mozkovny a zvláště pak jejím relativním umístěním oproti nosní dutině. Vzdálenost mezi pozicí mozkovny a nosní dutinou ovlivňuje udržování mozku v prostředí konstantní tělesné teploty. Mozkovny, které jsou tedy dále od místa výměny tepla s okolním prostředím, jsou teplotními výkyvy méně ovlivněny a tak lépe klimaticky adaptovány (Wolpoff, 1968).

Změny na postkraniálním skeletu jsou velmi komplexní a celkově více variabilní. Výška postavy je obecně determinována mnoha vlivy, jejichž původ lze při stejném projevu jen těžko odlišit. Výška postavy se různí na základě genetických, vývojových, stravovacích, environmentálních a kulturních faktorů, které mohou být navzájem také ovlivněné. Nedostatek srážek či extrémně dlouhá zima mohou mít vliv na dostupnost potravin. Nedostatečná výživa se může především v růstu projevit zastavením či zpomalením růstu. Klimatická adaptace je tak jen jedním z faktorů, který k celkové variabilitě tělesné výšky postavy přispívá (Molnar, 1998; Stinson a kol. 2000). V této analýze se délka stehenní kosti respektive výška postavy v průběhu zkoumaného tisíciletí stále zmenšovala. Ke zmenšení postavy však mohlo dojít v kombinaci jiných než klimatických vlivů, které tento znak determinují. Tělesné proporce se sice nemění v korelaci se změnami morfologie nosu, ale mohou odrážet jiné kulturní či behaviorální faktory.

Stejně jako upozorňuje ve své studii Noback a kol. (2011) je nutné si uvědomit, že variabilita především rozměrů nosu je malá ve svých absolutních rozměrech. Pozorovaná změna v průměru určitého znaku se v absolutních číslech pohybuje pouze v rozsahu v řádu maximálně milimetrů. S přihlédnutím k faktu, že Noback ve své studii pozoruje také absolutně malé rozsahy variability jednotlivých proměnných a to analyzuje populace různých a z hlediska klimatu extrémních podmínek z celého světa. Při posuzování na klimatickou adaptaci populací stejného geografického pásu a klimatických podmínek v rámci obecně mírného klimatu je nutné mít toho na paměti.

Délka vnitřního nosu, která zde reprezentuje rozvoj vnitřních struktur nosu, je úzce morfologicky provázána s délkou horního patra, o kterém se předpokládá, že může souviset se stravou. Experiment prováděný na krysách ukázal, že ty, které se živily kašovitou potravou, měly statisticky užší horní kostěné patro, než ty které konzumovaly stravu hrubějšího charakteru (Watt a Williams, 1951). Studie zkoumající tento morfologický znak u lidské populace, došla k podobným rozdílům u populace dětí Australských Aboriginů a dětí ze

Spojených států amerických (Wolpoff, 1968). Konzumací jiné, nebo jinak upravované stravy tak na základě morfologické provázanosti obou těchto znaků obličeje může docházet ke změnám v šířce vnitřních struktur a měnit tak poměr objemu vdechovaného vzduchu a sliznice nosní dutiny, který je nejlépe přijímaným univerzálním principem klimatické adaptace nosu. Tato možná proměnná, která v průběhu středověku a novověku mohla být reprezentována například zdokonalováním způsobů mletí obilí, však do této analýzy nemohla nijak zasáhnout. V analýze je sice zahrnuta šířka nosního otvoru, ale za tímto otvorem již žádný vnitřní šířkový rozměr nebyl měřen. Podobná absence rozměru bude, věřím, s rozvojem 3D zobrazovacích technik stále méně častým problémem a výzkumník, tak bude moci flexibilně do analýzy zahrnovat další rozměry, které se projeví jako významné až v pozdějších fázích výzkumu. Z hlediska termoregulace, se jeví jako důležitý znak také relativní pozice spodní stěny nosní dutiny vůči nosnímu otvoru (Franciscus, 1995). Tato pozice může významně přispívat k rychlému výdeji tepla a bývá diskutována především ve spojitosti s adaptací na teplé klimatické podmínky. Tato proměnná sama o sobě je komplexního charakteru a tak je pro zkoumání jejích vztahů a proměn 3D technika nutná.

Velmi důležitým faktorem je bezesporu také míra či způsob behaviorální a kulturní adaptace na klimatické podmínky. Oblečením, budováním obydlí a jeho stále se zdokonalujícími formami vytápění může dojít k omezení vlivu klimatických faktorů na zkoumané populace. Významnost těchto kulturních adaptací ilustruje případ, kdy právě díky kulturním zvyklostem došlo ke zkreslení opačnému. Na tuto zdánlivou výjimku z pravidla upozorňuje ve své studii Christopher Ruff (1994). Zcela mimo předpokládaný rozsah variability antropometrických znaků analýza objevila Polynéské populace tropického klimatu. Pro populace tohoto charakteru byla předpokládána vyšší tělesná výška a menší tělesná hmotnost v souladu s Bergmannovým pravidlem. Tento předpoklad se nepotvrdil, ale odchylka byla vysvětlena jejich tradičním způsobem života, který zahrnuje několikadenní cesty v otevřených lodích v relativně chladné vodě, za větrných podmínek a za prakticky žádné ochrany

před povětrnostními vlivy formou oblečení. Fyziologie Polynésanů se tak adaptovala na energeticky velmi náročné prostředí z pohledu termoregulace podobně jako je tomu u populací v chladných klimatických podmínkách, aby se tak dostatečným způsobem minimalizovaly ztráty tělesného tepla (Ruff, 1994).

Vliv kulturních zvyklostí můžeme z hlediska klimatické adaptace rozdělit na dvojího druhu. Kulturně lze přetvářet klimatické faktory působící na celé tělo a to prostřednictvím budování mikroklimatických podmínek obydlí a jeho vytápěním. Druhým způsobem je pak zabraňování či předcházení ztrát tělesného tepla použitím oblečení. Hlavní rozdíl mezi těmito způsoby klimatické adaptace nacházíme v nestejném ovlivnění lebky (obzvláště obličejového skeletu) a zbytku postkraniálního skeletu. I při důkladné tepelné izolaci za pomoci oblečení, zůstává obličej nezakrytý a je tak vystaven přímo venkovním teplotám. Subpopulace, která se zejména extrémním klimatickým výkyvům brání setrváním v teplejších vnitřních prostorách, bude vykazovat celkově menší morfologickou adaptaci na chladné klimatické podmínky svého přírodního prostředí. Subpopulace, která však extrémním klimatickým podmínkám vystavuje obličej, tak bude v této oblasti klimatickou adaptaci vykazovat. U těchto populací se tak adaptace morfologie nosu a morfologie postkraniálního skeletu může z hlediska klimatu lišit, vzhledem k tomu, že tělo jako celek je oproti obličejí před klimatickými extrémy kulturně chráněno. Podobný rozpor ve změnách proměnných nosu a proměnných tělesných proporcí jsme určili i v této analýze. Můžeme tedy předpokládat, že většina populace Čech trávila mnoho času mimo svá obydlí a extrémním klimatickým podmínkám tak byla vystavena především oblast nosu. Tento předpoklad lze vhodně zasadit do každodenních kulturních a pracovních zvyklostí středověkých populací zaměřených na zemědělskou činnost.

Očekávaný model klimatické adaptace morfologie nosu se s výsledky dat této analýzy shoduje především v proměnných výšky nosu. Tento znak se statisticky významně změnil jak mezi obdobími raného středověku a

Středověkým klimatickým optimumem, tak mezi teplým obdobím Středověkého klimatického optima a Malou dobou ledovou. Z tohoto lze vyvozovat, že výška nosu velmi dobře reaguje na změny průměrné teploty okolního prostředí. Naproti tomu šířka nosu se po celé zkoumané období postupně zmenšovala. Šířka nosu se ve studiích ale také ukazovala jako vnitropopulačně velmi variabilní, na rozdíl od výšky nosu, která se v rámci populace projevovala s menší variabilitou, ale poměrně vysokou variabilitu vykazovala při porovnávání různých populací (Franciscus a Long, 1991).

Variabilitu proměnných obličeje a postkraniálního skeletu můžeme také interpretovat z hlediska jejich nezávislosti. Lebka jako celek je totiž vysoce integrovaná soustava, kde změna v jednom znaku vede ke změnám dalších charakteristik obličeje. Na šířku vnitřních struktur nosu, tak může mít vliv například konzumovaná strava. Znaky postkraniálního skeletu, jako znaky polygenního charakteru se vyvíjí ve vzájemném vztahu. V této analýze se ukazuje jako obzvláště silný vztah mezi výškou postavy a tělesnou hmotností.

Z hlediska usuzování o minulých lidských populacích na základě kosterních souborů bude stále zůstat neznámou rozvoj a funkce měkkých tkání nosu. Měkké tkáně jako velice pružný materiál, který je schopný momentálních změn díky zapojení svalstva obličeje, mohou z hlediska termoregulace sehrát určitou roli. Tato role ještě nebyla ani na základě zkoumání současných žijících populací zcela vyjasněna a tak její příspěvek k celkové funkční klimatické adaptaci morfologie nosu zůstává otázkou. Těžko rekonstruovatelný je také fakt, že při zvýšené tělesné námaze může docházet k určitému „přepnutí“ většiny dýchacích funkcí do dutiny ústní, které tak klimatickou adaptaci nosní dutiny může zmírňovat. Při normální fyzické aktivitě probíhá dýchání především dutinou nosní. Určit či diskutovat poměr zvýšené a klidové fyzické zátěže či preference jednoho či druhého typu dýchání lze u minulých lidských populací jen stěží (Yokley, 2009).

Další důležitou otázkou je, zda zkoumané období je dostatečně dlouhé na to, abychom mohly mluvit o proměnách v evolučním slova smyslu.

Zkoumaná období, reprezentovaná jednotlivými lokalitami časově dělí jen řádově desítky let, tedy pouze několik generací. Statistické rozdíly mezi jednotlivými obdobími nejspíše vznikly díky fenotypové plasticitě v průběhu ontogeneze jedince. Morfologie nosu se vyvíjí po poměrně dlouhou dobu ontogeneze jedince. Šířka nosu, ohraničená nosními křídly, a výška nosu dosahují konečné velikosti mezi 12 a 15 rokem života jedince. To je poměrně dlouhá doba na to, aby se jedinec v rámci ontogenetické adjustace přizpůsobil okolním klimatickým podmínkám (Farkas, 1994).

Změny, které se mezi jednotlivými obdobími projeví, nemusí znamenat, že se populace evolučně nebo fenotypově adaptovala na dané klimatické podmínky. Statisticky potvrzené změny v průměru mohly totiž vzniknout jinak. Zcela jistě je nutné zohlednit zde homogenitu populace českých zemí v průběhu zkoumaného tisíciletí. Zde zkoumané období začíná v 9. století, kdy se na území Čech vyskytovali Slované, kteří nahradili Germány. Germáni v předchozím období z velké většiny odešli, ale část jich patrně zůstala na území Čech a žila společně s nově přichozími - Slovany (Fialová a kol., 1998). První století druhého tisíciletí charakterizuje proces intenzivní kolonizační migrace směrem na východ. Zde jsou počátky složitého postupného procesu osidlování území obsazených slovanskými etniky germánským obyvatelstvem (Livi – Bacci, 2003). To probíhalo v několika vlnách v průběhu minulého tisíciletí. První taková větší vlna se objevuje ve 13. století, kdy „váha německého etnika podstatně vzrostla a vytvořila se teritoria obývaná výlučně nebo převážně Němci“ (Fialová a kol., 1998: 46). Druhá vlna německé kolonizace se pak objevuje především na přelomu 15. a 16. století. Homogenitu populace Českých zemí dále ovlivňovala vrcholně středověká kolonizace židovského obyvatelstva, která byla v druhé polovině 14. století ukončena díky celoevropské protižidovské vlně. Počátkem 15. století se na tomto území objevují také první skupiny Romských kočovníků, které však zůstávají poměrně izolovány od ostatní populace. Po roce 1650 se na růstu populace podílelo přistěhovalců jen málo a to opět především z Německa, ale také z Polska, Litvy nebo Běloruska (Fialová a kol., 1998). Německá

kolonizace určitě ovlivňovala složení populace, která obývá území Čech, nicméně není možné přesně stanovit do jaké míry. Jak píše ve své publikaci Vladimír Srb (2004), je nutné si uvědomit, že až do novověku nedovedeme určit celkový počet obyvatel s potřebnou přesností a totéž platí i z hlediska etnické struktury. Neznáme tedy důsledky německé kolonizace na poměr obyvatelstva českého, německého nebo jiného původu (Srb, 2004).

8. ZÁVĚR

Tato práce je koncipována jako klasická antropologická populační studie, která využívá kosterních souborů jako (alespoň do určité míry) reprezentativních souborů představujících tak danou populaci. Snahou zde bývá rozkrýt variabilitu, která se mezi populacemi vyskytuje a tu pak diskutovat na základě doprovodných informací. V této práci jsou spolu s proměnnými obličejového a postkraniálního skeletu zohledněny především faktory klimatické.

Práce vychází z teoretických studií, které se věnují klimatické adaptaci obličejového skeletu (především nosu) a skeletu postkraniálního. Na základě závěrů a pozorování uvedených v publikacích byl stanoven teoretický model reflektující adaptaci na klimatické podmínky především v gradientu suchého a chladného klimatického prostředí oproti prostředí teplému a vlhkému. Klima jako jeden z faktorů environmentálního prostředí ovlivňuje populace coby činitel evoluce skrze selekční tlaky přímo, ale také nepřímo srze demografické, sociální, subsistenční či ekonomické dopady. Tyto přímé či nepřímé vlivy klimatu ovlivňovali život minulých populací a v této práci se tak staly hlavním předmětem zkoumání.

Na pozadí klimatických změn střední Evropy, především na základě dlouhodobých protichůdných klimatických výkyvů označovaných jako Malá doba ledová a Středověké klimatické optimum, byly pozorovány změny v tělesné a obličejové morfologii. Středověké klimatické optimum dle studií ovlivňovalo klimatické podmínky v Českých zemích v průběhu 10. – 14. století, následně na něj pozvolna navázalo období provázené extrémně dlouhými obdobími zimy a extrémními srážkami, které je označováno jako Malá doba ledová. Ta ovlivňovala klima střední Evropy až do 19. století. Rozdíl mezi těmito klimaticky rozdílnými dobami byl zkoumán na základě kosterních souborů sedmi archeologických lokalit, které jsou součástí sbírek Národního muzea v Praze.

Lokality byly vybrány tak, aby zastupovaly jednotlivá klimaticky rozdílná období. Období spadající do chladnějšího období před dobu tzv. Středověkého klimatického optima můžeme časově zařadit do období raného středověku a v této analýze je reprezentováno kosterním souborem z Mikulčic. Samotné Středověké klimatické optimum historicky spadá do období vrcholného středověku. V této práci vrcholně středověká populace vznikla sloučením dat naměřených na jedincích ze čtyř archeologických lokalit (Praha – Malé náměstí, Nespěšice, Praha – Vratislavský palác a Vršany). A nakonec populace Malé doby ledové zastupují dvě novověké lokality (Klášteř Pražského Jezulátka a Praha – kostel sv. Benedikta). Celkem bylo v analýze použito 175 dospělých jedinců.

Antropometrická data těchto populací zde posloužila jako podklad pro analýzu jejich klimatické adaptace. Byly sledovány proměny morfometrických údajů obličeje a postkraniálního skeletu. Klimatická adaptace byla primárně očekávána v oblasti morfologie nosu a v oblasti změn tělesných proporcí. Proměnné, které byly v této analýze hodnoceny, byly vybrány tak, aby (byť především z hlediska vnitřních struktur nosu poměrně zjednodušeně) odrážely funkční model klimatické adaptace. Tento model reflektuje tvar nosní dutiny, délku vnitřních struktur nosu, míru projekce externího nosu a v neposlední řadě také tělesné charakteristiky.

Projevy či změny proměnných očekávané na základě zmíněného modelu byly formulovány do třech nulových hypotéz, které byly následně testovány. Morfometrická data reprezentující jednotlivá historická období byla podrobena několika statistickým testům - t a F testu, analýze hlavních komponent (PCA), analýze rozptylu (one-way ANOVA) a také byly určeny hodnoty korelačních koeficientů mezi zkoumanými proměnnými.

Ve výsledcích jsou pozorovány změny mezi znaky obličejového a postkraniálního skeletu u populací jednotlivých klimatických období a jejich korelace. Signifikantní změny jsou pak diskutovány z hlediska klimatické adaptace, ale také z hlediska dalších faktorů, které mohou tuto klimatickou

adaptaci ovlivňovat. Jako faktory, které mohou ovlivňovat adaptaci populace na její klimatické podmínky, jsou nejčastěji uváděny kulturní zvyklosti dané populace, které se projevují skrze způsoby subsistence, míru fyzické aktivity, míru mobility a dalšími součástmi tradičního způsobu života je například oblečení nebo typ obydlí.

Populace Čech v průběhu zkoumaného tisíciletí zakoušely změny klimatických podmínek. Tyto změny se dle této studie projevily především v oblasti nosu. Změny morfologie nosu se nejvíce projevily v tvaru nosního otvoru a to v souladu s očekáváním, které bylo stanoveno na základě změn klimatických faktorů v průběhu zkoumaného období. Tyto změny klimatu nejlépe reflektovala výška nosu jako samostatná proměnná. Vztažená k šířce nosního otvoru, jako nosní index však také vykazuje signifikantní rozdíl v průměru a to mezi obdobími teplým ve vrcholném středověku a chladným v novověku. Poměr výšky a šířky nosu se tak adaptoval na zvýšenou náročnost optimalizace vdechovaného vzduchu. Proměnou ve tvaru nosního otvoru došlo k relativnímu prodloužení a zúžení nosní dutiny, které je typickou klimatickou adaptací morfologie nosu na chladné klimatické podmínky.

Oproti očekáváním stanoveným na základě teoretických východisek klimatické adaptace nosu, se proměnné, které reflektovaly rozměry vnitřních a vnějších struktur nosu ukázaly jako poměrně stálé. V průběhu zkoumaného tisíciletí nevykázaly žádnou statisticky významnou změnu. Na základě těchto údajů však nelze bez rozmyslu tvrdit, že tyto proměnné nejsou klimaticky adaptivní. Je nutné brát v úvahu, že komplexní znaky morfologie vnitřního i vnějšího nosu, byly v této práci analyzovány pouze pomocí jednoduchých délkových rozměrů. Jejich přínos do této analýzy tak byl spíše modelový. Data o vnitřních rozměrech bývají většinou získávána na základě CT snímků a tak dokáží odrážet vlastnosti těchto struktur v celé jejich komplexnosti, limitována pouze stavem zachovalosti těchto struktur.

Z výsledků vyplývá, že proměnné obličejové a nosu se oproti proměnným postkranialního skeletu měnily více. Obličejové znaky, tak v průběhu

zkoumaného tisíciletí vykazaly statisticky významné změny v průměrech zkoumaných znaků, naproti tomu znaky postkraniálního skeletu se v průběhu tohoto období nijak neměnily. Korelace zjišťované mezi všemi zkoumanými proměnnými měly celkově nízké hodnoty.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Allen, J.A. 1877. *The influence of physical conditions in the genesis of species*. Radical Review 1: 108- 140

Beall, C.M.; Steegmann, T. 2000. *Human Adaptation to Climate: Temperature, Ultraviolet Radiation, and Altitude*. In: Stinson, S.; Bogin, B.; Huss-Ashmore, R.; O'Rourke, D. (Eds.). *Human Biology: An Evolutionary and Biocultural Perspective*. Wiley – Liss. 163-224

Bergmann, C. 1847. *Ueber die Verhältnisse der Warmeökonomie der thiere zu ihrer grosse*. Gottinger Studien 3: 595-708

Brázdil, R.; Pfister, C.; Wanner, H.; Storch, H.; Luterbacher, J. 2005. *Historical climatology in Europe – the state of the art*. Climatic Change 70: 363–430

Brych, V. 1989. *Nesvětice, zaniklá středověká ves na Mostecku*. Archeologia historica 14: 311- 318

Carey, J.W.; Steegmann, A.T. 1981. *Human Nasal Protrusion, Latitude, and Climate*. American Journal of Physical anthropology 56:313-319

Davies, A. 1932. *A resurvey of the nose in relation to climate*. J. Roy. Anthropol. Inst. 62: 337- 359

Dobisíková, M.; Velemínský, P.; Kuželka, V. 1996. *Obyvatelé Malé Strany v raném středověku: Středověké pohřebiště v areálu Vratislavského paláce z pohledu antropologa*. Časopis společnosti přátel starožitností 104: 201-212

Farkas L. 1994. *Antropometry of the head and face*. New York: Raven Press

Ferembach, D.; Schwidetzky, I.; Stloukal, M. 1980. *Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons*. J Hum Evol 9:517-549.

Fialová, L.; Horská, P.; Kučera, M.; Maur, E., Musil, J.; Stloukal, M. 1996. *Dějiny obyvatelstva českých zemí*. Mladá Fronta

- Franciscus, R.G.; Long, J.C. 1991. *Variation in Human Nasal Height and Breadth*. American Journal of Physical Anthropology 85: 419 – 427
- Franciscus, R.G. 1995. *Later Pleistocene Nasofacial Variation in Western Eurasia and Africa and Modern Human Origins*. Dissertation for The University of New Mexico.
- Hahn, I.; Scherer, P.W.; Mozzel, M.M. 1993. *Velocity profiles measured for airflow through a large-scale model of the human nasal cavity*. J Appl Physiol 75: 2273-2287
- Hammer, O. 2012. *Past – Paleontological Statistics, reference manual*. Natural history museum University of Oslo.
- Hanáková, H.; Stloukal, M. 1988. *Pohřebiště kolem bývalého kostela Svatého Benedikta v Praze*. Národní muzeum v Praze
- Hansen, M.M.; Olivieri, I.; Waller, D.M.; Nielsen, E.E.. 2012. *Monitoring Adaptive Genetic Responses To Environmental Change*. Molecular Ecology 21: 1311–1329
- Havrda, J. 2009. *Praha 1 – Malá Strana, Karmelitská ulice čp. 385/III – klášter Pražského Jezulátka*. In: Dragoun, Z. a kol., Archeologický výzkum v Praze v letech 2007 – 2008, Pražský sborník historický 37, 413.
- Hendry, A.P.; Kinnison, M.T.; Heino, M.; Day, T.; Smith, T.B; Fitt, G.; Bergstrom, C.T.; Oakeshott, J.; Jørgensen, P.S.; Zalucki, M.P.; Gilchrist, G.; Southerton, S.; Sih, A.; Strauss, S.; Denison, R.F.; Carroll S.P. 2011. *Evolutionary principles and their practical application*. Blackwell Publishing Ltd 4: 159–183
- Hiernaux, J.; Froment, A. 1976. *The correlations between anthropobiological and climatic variables in Sub-Saharan Africa: revised estimates*. Human biology 48: 757-767
- Holliday, T.W. 1997. *Postcranial Evidence of Cold Adaptation in European Neandertals*. American Journal of Physical Anthropology 104: 245-258

Holzhauser, H. P.; Magny, M.; Zumbuehl, H. J. 2005. *Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years*. *The Holocene* 15: 789–801

Hoyme, L.E.; Iscan, M.Y. 1989. Determination of sex and race: Accuracy and assumption. New York: Alan R. Liss. 53 – 59

Hwang, T.; Song, J.; Yoon, H.; Cho, B.; Kang, H. 2005. *Morphometry of the nasal bones and piriform apertures in Koreans*. *Ann Anat* 187: 411—414

Churchill, S.E.; Shackelford, L.L.; Georgi, J.N.; Black, M.T. 2004. *Morphological Variation and Airflow dynamics in the Human Nose*. *American journal of human biology* 16: 625-638

Juckles, M. N.; Allen, M. R.; Briffa, K. R.; Esper, J.; Hegerl, G. C.; Moberg, A.; Osborn, T. J.; Weber, S. L. 2007. *Millennial temperature reconstruction intercomparison and evaluation*. *Climate of the Past* 3: 591-609

Kaupová, S. 2011. *Pohlavní dimorfismus tělesné velikosti obyvatel středověkých Čech*. Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta U.K., Praha

Kelso, A.J. 1970. *Physical anthropology: An Introduction*. Philadelphia: JB Lippincott Co.

Klingenberg, C. P. 2011. *MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics*. *Molecular Ecology Resources* 11: 353-357

Livi Bacci, M. 2003. *Populace v Evropské historii*. Nakladatelství Lidové noviny

Mann, M. E. 2002. *Medieval Climatic Optimum*. In: Michael and col. (eds.) *Encyclopedia of Global Environmental Change* 514–516

Márquez, S.; Laitman, J. 2008. *Climatic Effects on the Nasal Complex: A CT Imaging, Comparative Anatomical, and Morphometric Investigation of *Macaca mulatta* and *Macaca fascicularis**. *The anatomical record* 291: 1420-1445

Molnar S. 1998. *Human Variation: Races, Types and Ethnic Groups*. New

Noback, M.L.; Harvati, K.; Spoor, F. 2011. *Climate-Related Variation of Human Nasal Cavity*. American Journal of Physical Anthropology 145:599-614

Persey: Prentice Hall.

Pfister, C.; Brázdil, R. 2006. *Social vulnerability to climate in the "Little Ice Age": an example from Central Europe in the early 1770s*. Climate of the Past 2: 115–129

Poláček, L. 2008. *Great Moravia, the Power Centre at Mikulčice and the Issue of the socio-economic Structure*. In: Velemínský P, Poláček L, (eds). Studien zum Burgwall von Mikulčice VIII. Brno: Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik

Raxter, M.H.; Auerbach, E.M.; Ruff, C.B. 2006. *Revision of the Fully Technique for Estimating Stature*. American Journal of Physical Anthropology 130: 374 - 384

Ridgeway, W. 1908. *The application of zoological laws to human*. Br. Assoc. Adv. Sci., Trans. Section H. –Anthropol. 832-847

Ruff, C.B. 1994. *Morphological Adaptation to Climate in Modern and Fossils Hominids*. Yearbook of Physical Anthropology 37: 65-107

Scherer, P.W.; Hahn, I.I.; Mozell, M.M. 1989. *The biophysics of nasal airflow*. Otolaryngol. Clin. N. Am. 22: 265 – 278

Sokal, R.F.; Rohlf, J.F. 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. New York: W. H. Freeman and Company

Srb, V. 2004. *1000 let obyvatelstva českých zemí*. Nakladatelství Karolinum

Stegmann, A.T. 2005 *Cold Adaptation and Human Face*. American Journal of Physical Anthropology 32: 243-250

Stinson, S.; Bogin, B.; Huss-Ashmore, R.; O'Rourke, D. 2000. *Human Biology: an Evolutionary and Biological Approach*. New York. Wiley- Liss.

Stloukal, M.; Dobisíková, M.; Kuželka, V.; Stránská, P.; Velemínský, P.; Vyhnánek, L.; Zvára, K. 1999. *Antropologie. Příručka pro studium kostry*. Národní muzeum Praha

Thompson, A.; Buxton, L.H.D. 1923. *Man's nasal index in relation to certain climatic conditions*. J. Roy. Anthropol. Inst. 59: 92 – 122

Trinkaus, E. 1981. *Neanderthal limb proportions and cold adaptation*. In: Stringer, C.B. (ed.): *Aspects of Human Evolution*. London. 187-224

Watt, D. G.; Williams, C.H.M. *The effects of the physical consistency of food on the growth and development of the mandible and the maxilla of the rat*. Am. J. Orthodont. 37: 895-928

Wells, J.; Stock J.T. 2007. *The Biology Of The Colonizing Ape*. Yearbook of Physical Anthropology 50:191–222

Wolpoff, M.H. 1968. *Climatic Influence on the Skeletal Nasal Aperture*. American Journal of Physical Anthropology 29: 405-424

Yokley, T.R. 2009. *Ecogeographic Variation in Human Nasal Passages*. American Journal of Physical Anthropology 138: 11-22

Zar, J. 1999. *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

10. RESUMÉ

Climatic conditions during the course of a millennium in the Czech lands have changed. Beginning of the 10th century dates the beginning of the Medieval climate optimum, which gradually passed into a period of generally colder in the so-called Little Ice Age. Climatic conditions affect people in long term way and complex, so adaptation to its climate is fundamental task in evolution of populations. Climatic conditions affect the morphology of the face (especially nose) and body proportionality.

Signs of climate adaptation in this work were studied in skeletal material of 175 adults from seven different locations in the territory of today's Czech Republic. On these specimens were measured dimensions of the facial and postcranial skeleton, which were selected on the basis of a theoretical model of functional adaptation to climate of nasal cavity and body proportionality. Climate adaptation is manifested mainly in the gradient between the dry and cold conditions compared to warm and humid environment. The investigated variables are discussed against the background of differences in temperature over a millennium.

Speeches and the expected change of variables based on a theoretical model was formulated to three null-hypotheses that were subsequently tested. Morphometric data representing various historical periods were subjected to several statistical tests - t and F tests, principal component analysis (PCA), analysis of variance (one-way ANOVA) and also were determined the values of correlation coefficients between the studied variables.

In the results the variables of facial skeleton can be distinguished from variables of postcranial skeleton. While variables of face (nose height, upper facial height and nasal index), according to analysis of variance examined during the millennium has changed, the variables postkranialu do not changed at all. Top adaptive is height of the nose, which showed significant change

between climatic periods and always in according to the assumptions made on the basis of theoretical functional model. Correlation coefficients, the degree of interdependence of individual variables were generally low. Variables are thus shown to be independent of each other. So variable of facial and postcranial skeleton fail to mutual relations.

The results of statistical tests are discussed in terms of work variables can affect the characters studied, but were not included in the analysis (the position of the skull to the nasal cavity, soft tissue function, the internal structures of the nose, inner width of the nose). Variability in body shape may be influenced by many factors and climatic conditions are only one of them. Expected changes that were not confirmed thus could be mitigated by other factors that influenced these variables. Also discussed as well was behavioral adaptations that can explain the different expression of climatic adaptation to different parts of the human body. Finally, the test results was discussed on the background of rate of evolution and homogeneity of the population of the Czech lands.

11. PŘÍLOHY

11.1. Tabulky s popisnou statistikou morfometrických dat jako celku

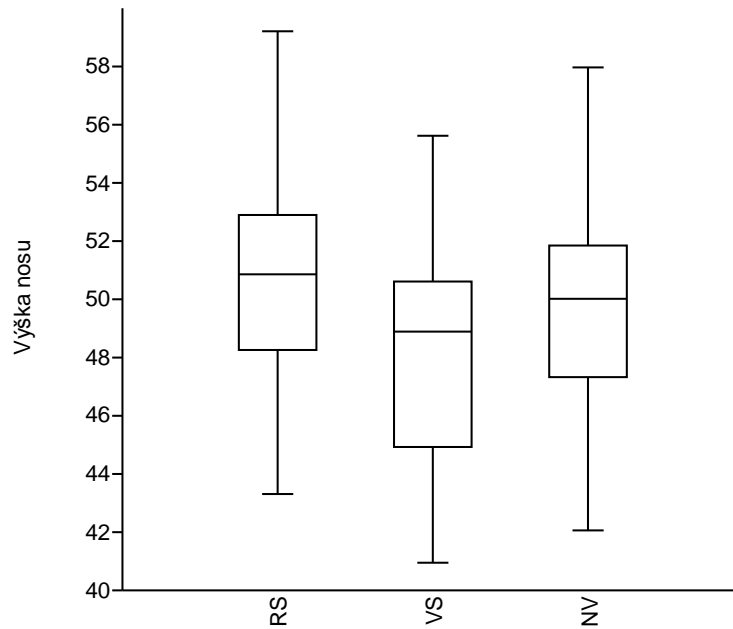
Tabulka 8. Popisná statistika proměnných obličeje

	Výška nosu	Šířka nosu	Šířka obličeje	Výška obličeje	Délka vnitřního nosu	Profilový úhel hřbetu nosu	Celkový profilový úhel	Úhel vystupování nosu	Nosní index	Index horního obličeje
n	162	163	150	162	156	146	147	147	162	150
průměr	49,93	24,46	129,16	69,17	48,43	46,01	85,34	39,32	49,19	53,69
SD	3,52	1,95	7,08	5,03	3,76	7,72	3,93	7,40	4,71	3,81

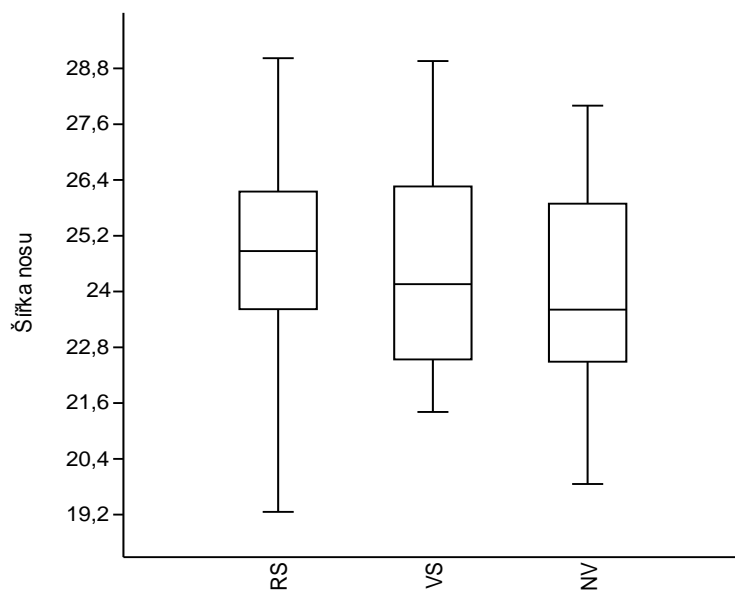
Tabulka 9. Popisná statistika proměnných postkraniálního skeletu

	F1	F2	F6	F7	F18	F19	index robusticity	Průměr index stehenní kosti	index adaptace nosu	F1 / průměr hlavice
průměr	446	443	28,10	27,88	45,57	45,20	12,65	45,37	39,42	9,87
SD	29,01	28,72	2,94	2,39	3,87	3,92	0,87	3,88	8,40	0,57
n	121	121	122	122	122	121	121	120	143	120

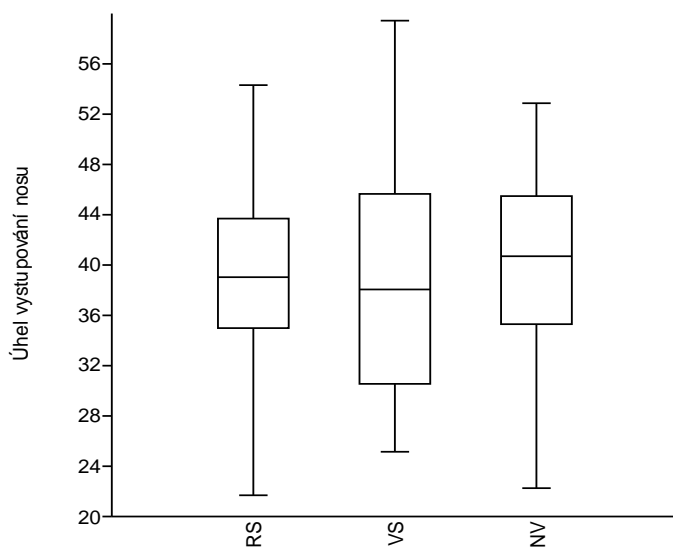
11.2. Krabicové grafy pro proměnné obličej



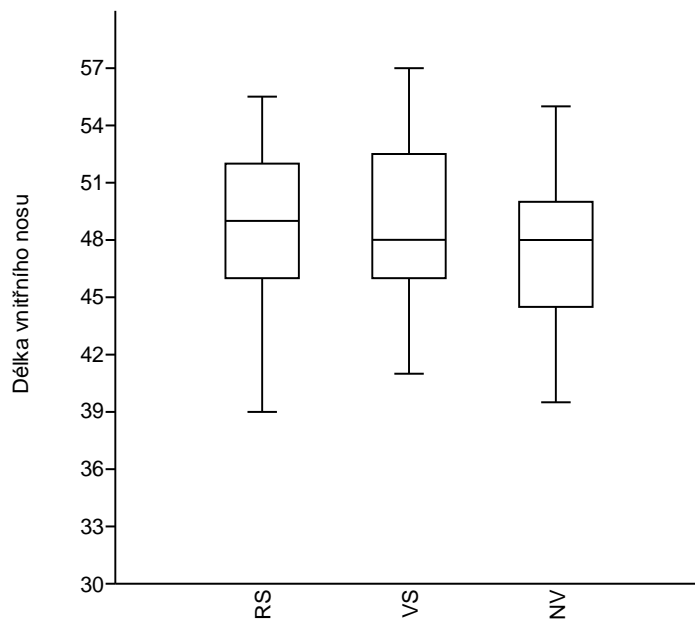
Graf 15. Krabicové grafy proměnné výška nosu pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)



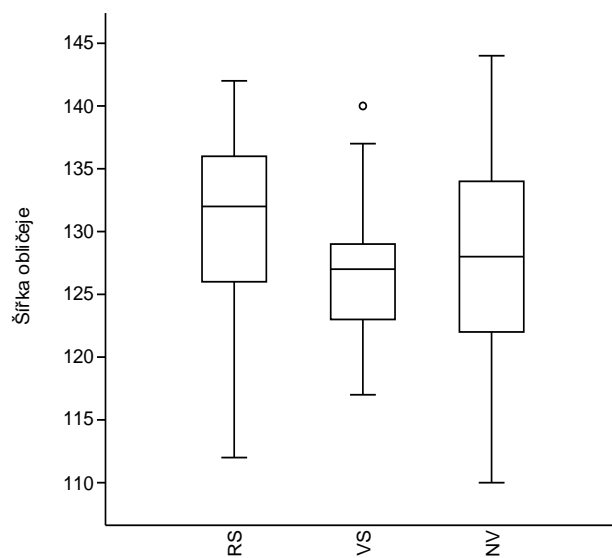
Graf 16. Krabicové grafy proměnné šířka nosu pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)



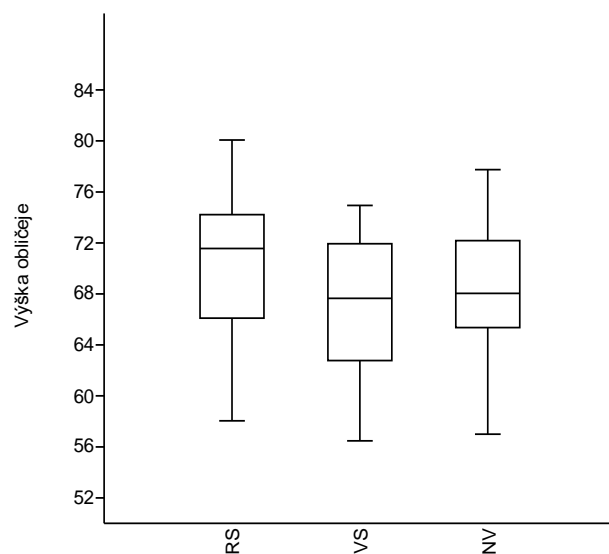
Graf 17. Krabicové grafy proměnné úhel vystupování nosu pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)



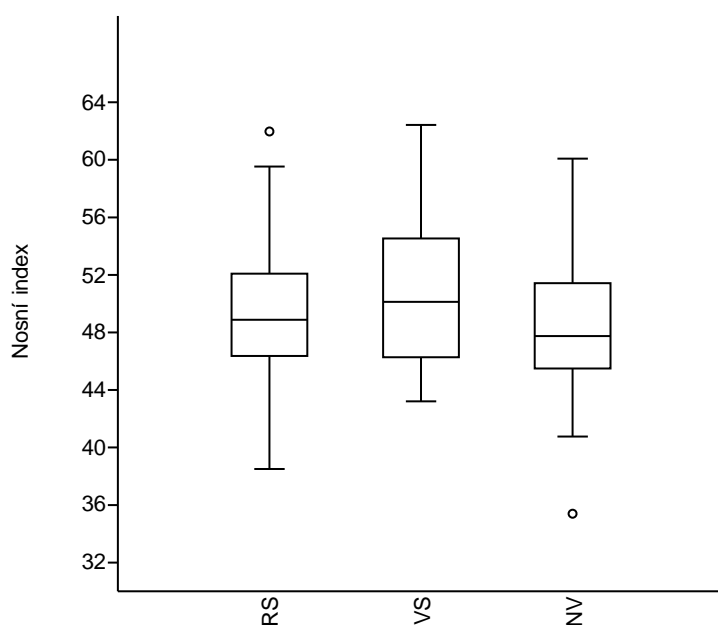
Graf 18. Krabicové grafy proměnné délka vnitřního nosu pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)



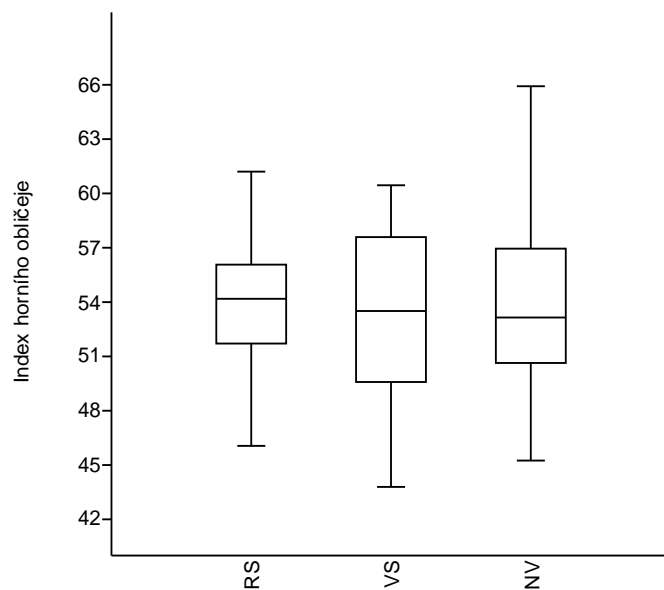
Graf 19. Krabicové grafy proměnné šířka obličeje pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)



Graf 20. Krabicové grafy proměnné výška obličej pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)

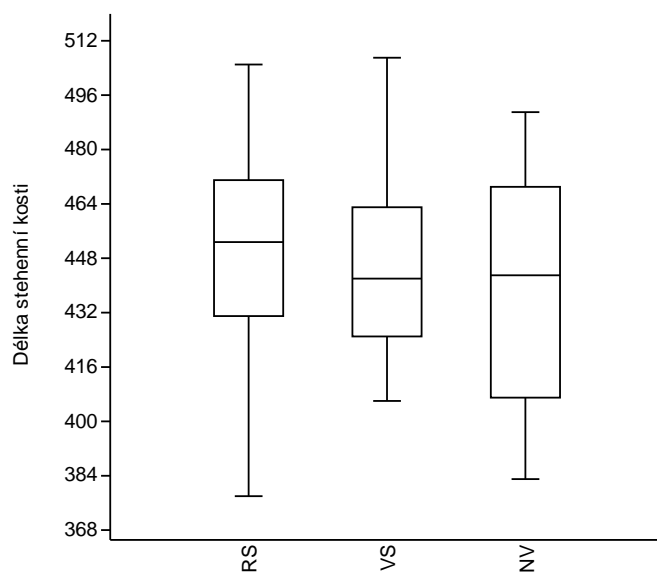


Graf 21. Krabicové grafy proměnné nosní indexu pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)

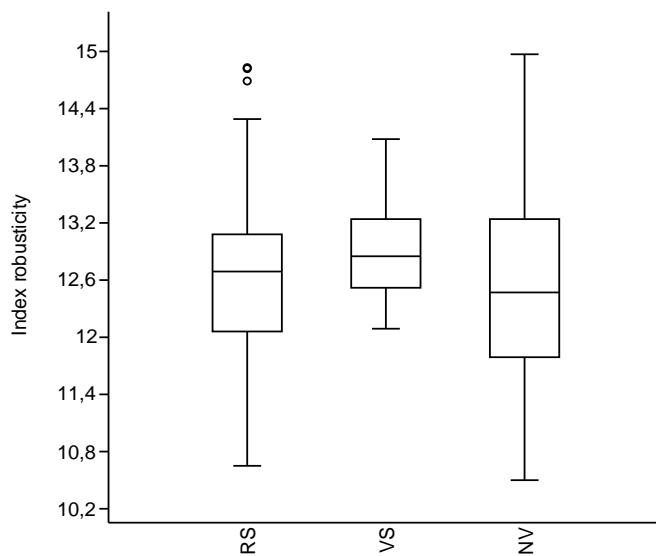


Graf 22. Krabicové grafy proměnné index horního obličej pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)

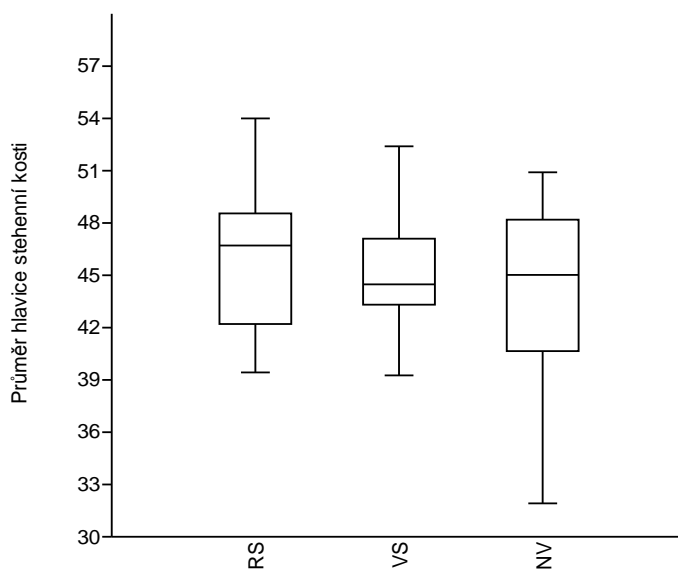
11.3. Krabicové grafy pro proměnné postkraniálního skeletu



Graf 23. Krabicové grafy proměnné délka stehenní kosti nosu pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)



Graf 24. Krabicové grafy proměnné index robusticity pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)



Graf 25. Krabicové grafy proměnné průměr hlavičky stehenní kosti pro jednotlivá období (RS = raný středověk; VS = vrcholný středověk - středověké klimatické optimum; NV = novověk - malá doba ledová)