

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

Odhad šířky pánve z morfologie stehenní kosti

Barbora Valešová

Plzeň 2014

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra antropologie

Studijní program Antropologie

Studijní obor Antropologie populací minulosti

Diplomová práce

Odhad šířky pánve z morfologie stehenní kosti

Barbora Valešová

Vedoucí práce:

Mgr. Lukáš Friedl, Ph.D.

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2014

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval(a) samostatně a použil(a) jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, duben 2014

.....

Poděkování

Ráda bych především poděkovala Mgr. Lukášovi Friedlovi, Ph.D. za jeho rady a připomínky, které mi velice pomohly při zpracování této práce.

Děkuji také Dr. Benjaminovi Auerbachovi za poskytnutí dat, bez kterých by práce nemohla být vůbec zpracována.

Dále chci poděkovat všem svým blízkých, kteří mi byli oporou během celého mého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	STANOVENÍ HYPOTÉZ A CÍL PRÁCE	6
3	TEORETICKÁ VÝCHODISKA	8
3.1	Klimatická adaptace	8
3.1.1	Ekogeografická pravidla	9
3.1.2	Bergmannovo pravidlo	10
3.1.3	Allenovo pravidlo	11
3.1.4	Cylindrický model.....	12
3.2	Evoluce pánevní a stehenní kosti	13
	<i>Australopithecus</i>	14
	Počátek rodu <i>Homo</i>	18
	<i>Homo ergaster/erectus</i>	19
	<i>Homo neanderthalensis</i>	21
4	MATERIÁL A METODY	26
4.1	Materiál.....	26
4.2	Metody.....	27
4.2.1	Výběr proměnných.....	27
4.2.2	Rozdělení dat	28
4.2.3	Statistické zpracování.....	29
4.2.4	Standardizace.....	30
5	VÝSLEDKY	33
5.1	Bikristální šíře (BIB)	33
5.2	Rozdíl maximální a bikondylární délky stehenní kosti (Fe1-Fe2).....	36
5.3	Maximální šíře kondylů stehenní kosti (FAB).....	38
5.4	Medio-laterální šíře v 50% délky těla stehenní kosti (FMLD).....	40

5.5 Vztah BIB a Fe1-Fe2	42
<i>Chladné klima</i>	43
<i>Mírné klima</i>	45
<i>Subtropické klima</i>	46
<i>Tropické klima</i>	48
5.6 Vztah BIB a FAB	49
<i>Chladné klima</i>	50
<i>Mírné klima</i>	52
<i>Subtropické klima</i>	53
<i>Tropické klima</i>	55
5.7 Vztah BIB a FMLD.....	56
<i>Chladné klima</i>	57
<i>Mírné klima</i>	59
<i>Subtropické klima</i>	61
<i>Tropické klima</i>	62
6 DISKUSE.....	65
7 ZÁVĚR.....	71
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ	73
9 RESUMÉ	79
10 PŘÍLOHY.....	81
10.1 Příloha 1	81
10.2 Příloha 2	82
10.3 Příloha 3	83

Seznam tabulek

Tabulka 1. Lokality a počty jedinců ve čtyřech klimatických zónách.

Tabulka 2. ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání BIB ve čtyřech klimatických zónách.

Tabulka 3. ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání BIB u žen ve čtyřech klimatických zónách.

Tabulka 4. ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách.

Tabulka 5. Výsledky analýzy ANOVA FAB ve čtyřech klimatických zónách.

Tabulka 6. Výsledky analýzy ANOVA srovnání FMLD ve čtyřech klimatických zónách.

Tabulka 7. Korelační koeficienty pro BIB a Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 8. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 9. Korelační koeficienty pro BIB a FAB ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 10. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FAB ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 11. Korelační koeficienty pro BIB a FMLD ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 12. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB FMLD ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 13. Korelační koeficienty pro BIB a FE1/FE2 ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 14. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FE1/FE2 ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 15. Korelační koeficienty pro BIB a FEB ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 16. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FEB ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 17. Korelační koeficienty pro BIB a FAPD ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 18. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FAPD ve čtyřech klimatických zónách

Seznam grafů

- Graf 1. Srovnání bikristální šíře (BIB) ve čtyřech klimatických zónách
- Graf 2. Srovnání bikristální šíře (BIB) u žen ve čtyřech klimatických zónách
- Graf 3. Srovnání rozdílu Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách
- Graf 4. Srovnání FAB ve čtyřech klimatických zónách
- Graf 5. Srovnání FMLD ve čtyřech klimatických zónách
- Graf 6. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v chladném klimatu
- Graf 7. Regresní analýza BIB a Fe1-Fe2 u žen v chladném klimatu
- Graf 8. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v mírném klimatu
- Graf 9. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u žen v mírném klimatu
- Graf 10. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v subtropickém klimatu
- Graf 11. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u žen v subtropickém klimatu
- Graf 12. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v tropickém klimatu
- Graf 13. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u žen v tropickém klimatu
- Graf 14. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v chladném klimatu
- Graf 15. Regresní analýza pro BIB a FAB u žen v chladném klimatu
- Graf 16. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v mírném klimatu
- Graf 17. Regresní analýza pro BIB a FAB u žen v mírném klimatu
- Graf 18. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v subtropickém klimatu
- Graf 19. Regresní analýza pro BIB a FAB u žen v subtropickém klimatu
- Graf 20. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v tropickém klimatu
- Graf 21. Regresní analýza pro BIB a FAB u žen v tropickém klimatu
- Graf 22. Regresní analýza pro BIB a FMLD u mužů v chladném klimatu

Graf 23. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v chladném klimatu

Graf 24. Regresní analýza pro BIB a FMLD u mužů v mírném klimatu

Graf 25. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v mírném klimatu

Graf 26. Regresní analýza pro BIB) a FMLD u mužů v subtropickém klimatu

Graf 27. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v subtropickém klimatu

Graf 28. Regresní analýza pro BIB FMLD u mužů v tropickém klimatu

Graf 29. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v tropickém klimatu

1 ÚVOD

Pánevní kost je jednou z nejdůležitějších kostí v těle, co se týče její vypovídající hodnoty. V průběhu evoluce prošla řadou morfologických proměn. Stavba pánevní kosti je u dnešních *Homo sapiens* výsledkem adaptace na bipední chůzi, porod a klimatické podmínky (Ruff, 1994, 1995). Prostřednictvím kosti pánevní odhadujeme u jedince pohlaví a věk (Phenice 1969; Suchey a Brooks, 1990; Bruzek, 2002; Buckberry a Chamberlain, 2002). Šířka pánve pozitivně koreluje se šíří trupu, tudíž je také důležitým ukazatelem tělesných proporcí (Auerbach, 2008; Ruff, 2002, 2009). Ty jsou populačně a pohlavně specifické. Tato variabilita se pak na celém světě může lišit až z 25%, když hovoříme o bikristální šíři pánve (Ruff, 2002). V té se také odráží gradační trend v závislosti na zeměpisné šířce (Auerbach, 2008; Cowgill et al., 2012).

Každá populace se adaptuje na podmínky prostředí, ve kterém žije. Adaptace je ovlivněna mnoha faktory, ať už genetickými či negenetickými. Mezi ty negenetické patří např. výživa, zdraví, ale i chování (oděv, obydlí). Jednou z nejdůležitějších komponent daného prostředí jsou podmínky klimatické, protože ty člověka ovlivňují komplexně a dlouhodobě. A právě šíře pánve je např. na rozdíl od proporcí končetin, výšky postavy i tělesné hmotnosti nejméně ovlivněna výživou a jinými vlivy, které souvisí s vývojem člověka (Ruff, 2002; Auerbach, 2008).

Tělesnými proporcemi ve vztahu ke klimatickému prostředí se zabývali Carl Bergmann (1847) a Joel Asaph Allen (1877). Na základě jejich výzkumů a pozorování byla vytvořena tzv. ekogeografická pravidla (Mayr, 1956; Ruff, 1994). Ta nám jednoduše říkají, že u široce rozšířených druhů budou mít populace v chladných klimatických podmínkách větší a širší těla (Bergmannovo pravidlo) a relativně krátké extremity (Allenovo pravidlo). Naopak populace žijící v teplých klimatických podmínkách budou mít menší a užší těla a relativně dlouhé extremity (Bergmann, 1847; Allen, 1877).

Christopher Ruff se ve svých pracích věnuje tzv. cylindrickému či válcovému modelu, který řeší poměr povrchu těla (*surface area*) a objemu těla (*body mass*) (Ruff, 1994). Konstatuje, že populace žijící v podobných klimatických podmínkách budou mít podobnou šíři těla, bez ohledu na to, jak vysokí jsou. Naopak populace žijící v odlišných klimatických podmínkách budou mít odlišnou šíři těla (Ruff, 1994).

Mnoho předchozích studií bylo zaměřeno na proporcionalitu a robusticitu končetin a celkové tělesné proporce (Auerbach, 2008, 2012; Holliday, 1997, 1999, 2012; Ruff, 1994, 2002, 2004), další např. na proporce trupu ve vztahu k délce končetin (Katzmarzyk et al, 1998) nebo na odhad tělesné hmotnosti z hlavice stehenní kosti (Ruff et al. 1991; McHenry 1992; Grine et al. 1995; Ruff et al. 2012). Tělesné proporce jsou často diskutovány u fosilních homininů a neandrtálců (Trinkaus, 1981; Holliday, 1997; Waeber, 2003; Tilkens et al, 2007). Autoři se zaměřují na

evoluční změny jednotlivých kosterních elementů, např. jak se pánevní kost adaptovala na potřeby porodního mechanismu, bipední chůzi, apod. (Trinkaus, 1981; Lovejoy, 1988; Holliday, 1997; Ruff, 1994, 1995, 2013; Weaver, 2003). Pánevní kosti jsou samozřejmě z hlediska morfofunkčního vztahu ke kosti stehenní zkoumány také (Ruff, 1995), ale z mého hlediska se tomuto tématu autoři věnují minimálně (Ruff et al., 1994; Ruff, 1995, 2004, 2005).

Ruff (1994) se věnuje např. vlivu zeměpisné šířky na šířku pánve, vlivu výšky postavy na šířku pánve nebo vlivu délky stehenní kosti na šířku pánve u konkrétních populací. Ruff (1995) popisuje potom např. vztah šířky pánve a délky stehenní kosti, který porovnává u několika populací v čase. Také se zabývá délkou krčku stehenní kosti a jejím vlivem na antero-posteriorní a medio-laterální ohyb těla kosti stehenní. Otázka, zda lze na základě morfologie stehenní kosti (obecně) popsat i jiné tělesné proporce, např. šíři těla, je podle mého názoru otevřená. Pánevní kosti obecně vykazují nízkou zachovalost (kolem 30%) (Waldron, 1987) a tudíž je žádoucí najít nějakou jinou kost, díky níž bychom mohli tělesné proporce odhadovat.

Za předpokladu, že všichni lidé při vzpřímeném stoji drží kolena u sebe, jsou jejich stehenní kosti v proximální části více či méně laterálně inklinované. Předpokládám tudíž, že s rostoucí šířkou pánve se bude tato inklinace zvětšovat. Se zvyšující se inklinací by se pak měl zvětšovat i rozdíl mezi maximální a bikondylární délkou kosti stehenní. To můžeme

předpokládat zejména u populací z chladných prostředí, které mají široká těla, tudíž i širší pánev. Naproti tomu u populací teplých klimatických zón bude rozdíl délek pravděpodobně menší. Rozdíl v inklinaci stehenních kostí bude pravděpodobně odlišný i v závislosti na pohlaví. U žen, které mají obecně širší pánev, očekávám výraznější rozdíl než u mužů.

Jestliže předpokládáme, že se zvětšující se šířkou pánve se zvyšuje inklinace stehenní kosti, mohl by se tento vztah odrážet i na jejích dalších proporcích. Míra vnější inklinace bude pravděpodobně také ovlivněna délkou krčku stehenní kosti a úhlem, který krček a tělo svírá (kolodiazární úhel). S větší laterální inklinací bude stehenní kost více zatěžována v medio-laterálním směru a to se může odrazit v rozložení hutné kostní tkáně ve středu těla kosti. Ruff (2005) zmiňuje mimo pohlavního dimorfismu pánve dimorfismus vázaný na morfologii stehenní kosti v medio-laterální tloušťce kosti. U žen předpokládá tloušťku větší, protože stehenní kosti žen jsou více laterálně inklinované kvůli potřebě oddálení kyčelních kloubů kvůli porodu. Zvětšení prostoru mezi kyčelními klouby je dosaženo skrze rozšíření pánevní šíře a prodloužení krčku stehenní kosti (Ruff, 2005). Podobně by mohlo docházet k ovlivnění distální části stehenní kosti - šířky kondylů či epikondylů buď skrze ontogenetické nastavení velikosti artikulačních ploch (Lieberman et al., 2001) nebo jako druhotný efekt zatížení mimo striktně vertikální orientaci (Pearson a Lieberman, 2004).

Benjamin Auerbach (2008) se ve své disertační práci také zabývá pohlavním dimorfismem pánve a stehenní kosti. Na základě výsledků jeho studie konstatuje, že muži a ženy mají odlišnou citlivost na klimatické prostředí. Tento fakt se ale neodráží u všech populací stejně. Je ovlivněn nejen klimatem obecně, ale spíše extrémními výkyvy teplot a historií dané populace. Také adaptace žen na porod ovlivňuje morfologii pánve a tím i stehenní kosti. Tudíž předpokládám, že výsledky analýz budou odlišné v závislosti na pohlaví.

2 STANOVENÍ HYPOTÉZ A CÍL PRÁCE

Cílem práce je zjistit, zda existuje nějaký vztah mezi rozdílem maximální a bikondylární délky stehenní kosti (Fe1-Fe2) a bikristální šíří (BIB). Pokud bude nějaký vztah nalezen, tak je cílem ověřit, jakou predikční sílu pro bikristální šíři stehenní kost má. V kontextu stanoveného cíle jsem se rozhodla testovat čtyři hypotézy.

1) H_1 : BIB se v jednotlivých klimatech bude lišit.

První hypotéza vychází z předpokladu, že rozměr bikristální šíře bude rozdílný u jednotlivých klimatických zón, a to pravděpodobně podle Bergmannova pravidla.

2) H_2 : existuje vztah mezi Fe1-Fe2 a BIB.

Druhá hypotéza předpokládá, že rozměry Fe1-Fe2 a BIB spolu pozitivně korelují. Pokud se tedy rozměry BIB liší v závislosti na klimatu (viz 1. hypotéza), lze předpokládat, že se bude lišit i rozdíl mezi rozměry Fe1 a Fe2. Se zvětšující se BIB se pak pravděpodobně bude zvětšovat i vnější inklinace stehenní kosti.

3) H_3 : vztah Fe1-Fe2 a BIB bude významnější u populací z chladných oblastí.

Tato hypotéza předpokládá, že pozitivní korelace Fe1-Fe2 a BIB bude statisticky významnější u populací, které mají relativně větší šířku těla, tedy u populací žijících v chladných klimatických podmínkách.

4) H4: vztah Fe1-Fe2 a BIB bude významnější u žen.

Poslední hypotéza vychází z předpokladu, že vztah Fe1-Fe2 a BIB bude významnější u žen, protože ženy mají obecně širší pánev než muži.

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

3.1 Klimatická adaptace

Morfologie lidského těla a vlastně i morfologie těla našich předků je výsledkem adaptace na konkrétní podmínky vnějšího prostředí. Člověk je druh rozšířený po celém světě a osídlil tak extrémní geografické a klimatické oblasti, jako je polární klimatický pás (Beall a Steegmann, 2000). Teplotní stres představuje jedno z největších omezení, kterému se lidé museli přizpůsobit (Katzmarzyk et al, 1998).

Vnitřní tělesná teplota se pohybuje mezi 37°C – 37,6°C. Pokud tělesná teplota klesne nebo se naopak o několik málo stupňů zvýší, dochází k zásadním zdravotním komplikacím. Aby se lidé vyhnuli takovým stresorům, vyvinuly se u nich poměrně sofistikované termoregulační mechanismy, které pomáhají co nejefektivněji udržovat tělesnou teplotu (Beall a Steegmann, 2000).

Díky těmto mechanismům pak mohou být regulovány i několika stupňové odchylky. Vedle behaviorálních adaptací jako je oblečení, obydlí, apod. se lidské tělo se ztrátou tepla dokáže vyrovnat fyziologicky pomocí určitých tělesných subsystémů. Je to vrstva podkožního tuku a svalová hmota, která funguje jako tepelný izolátor a producent tepla. Dále jsou to tělesné proporce a počet kapilár v pokožce. Pokud tělo pocítí snížení teploty, periferní receptory, které jsou v pokožce, předají tuto informaci procesorům v mozku a následně dojde k aktivaci fyziologických,

ale také behaviorálních procesů, které pomáhají vytvářet teplo. Zrychlí se metabolismus, dochází k chvění svalů a k zúžení cév (Beall a Steegmann, 2000).

Jak již bylo zmíněno v úvodu, tělesné proporce a klima spolu korelují, ale jejich vztah však není tak jednoduchý. U recentních populací už nejsou tělesné proporce rozloženy tak jednoznačně klinálně jako u starších populací (Beall a Steegmann, 2000). Je také důležité zohlednit zeměpisnou šířku jednotlivých populací i nadmořskou výšku, ve které žijí. Na základě Ruffova (1994) výzkumu je zřejmé, že korelace bikristální šíře a zeměpisné šířky je velice významná ($r = 0,866$). U žen je korelace ještě významnější ($r = 0,919$) než u mužů ($r = 0,884$). Korelace mezi tělesnou váhou a zeměpisnou šířkou je slabší, než v případě bikristální šíře ($r = 0,607$) a korelace mezi výškou těla a zeměpisnou šířkou je nejslabší ($r = 0,230$). Ruff (1994) také zkoumal korelaci mezi poměrem povrchu těla a velikosti těla (SA/BM) a zeměpisnou šířkou ($r = -0,649$). Poměr SA/BM tedy v závislosti na zeměpisné šířce klesá. Podle jeho výsledků se tedy ani tělesná hmotnost ani vzrůst nemění přímo s teplotou, tak jako tělesná šířka (Ruff, 1994).

3.1.1 Ekogeografická pravidla

Morfologie těla jako výsledek adaptace na vnější prostředí podléhá jako u většiny geograficky rozšířených teplokrevných druhů tzv. ekogeografickým pravidlům. Tímto tématem se zhruba v polovině 19.

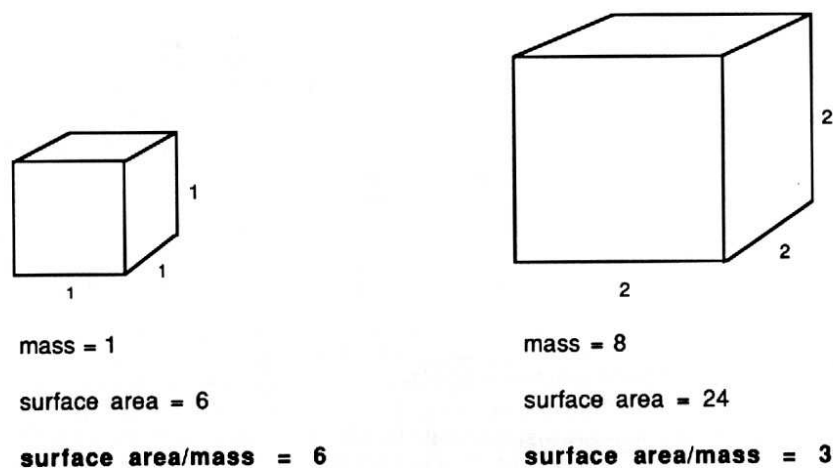
století zabývali Carl Bergmann a Joel A. Allen, podle kterých jsou pravidla pojmenována. Podle těchto pravidel platí, že pro populace žijící v teplých klimatických podmínkách je výhodnější mít malé tělo a relativně dlouhé končetiny a naopak pro populace žijící v chladných klimatických podmínkách bude výhodnější mít tělo větší a končetiny kratší tak, aby se minimalizoval povrch na úkor objemu (Ruff, 1994).

Některé práce (Stini, 1974; Ruff, 1994, 2002) se zabývají i vlivem výživy na změnu morfologie těla, ale např. Ruff (2002) udává, že tyto změny nejsou tak výrazné co se týče šířky těla a především bikristální šířky. Stravovací návyky ovlivňují spíše vzrůst a tělesnou hmotnost, šíří těla nikoli (Ruff, 2002; Auerbach, 2008).

3.1.2 Bergmannovo pravidlo

Bergmannovo pravidlo bylo formulováno na základě studií německého badatele Carla Bergmanna (1847). Pravidlo říká, že populace široce rozšířených druhů - endotermních (teplokrevných) živočichů žijících v chladném prostředí budou mít větší tělesnou velikost vůči populacím teplých prostředí. Pokud se zvětší velikost těla, změní se i poměr tělesné hmotnosti a povrchu těla (obrázek 1). Pro populace chladných oblastí je výhodné mít větší množství podkožního tuku či svaloviny, které produkují teplo. Tělo tak vyprodukuje více energie, která se díky menšímu povrchu těla neztrácí. Naopak populace žijící v teplém klimatu budou mít větší povrch těla, ale menší tělesnou velikost. U lidí se tyto poměry nejlépe

překládají do vztahu mezi výškou a šířkou těla. Proto je při adaptaci na teplé klima výhodnější mít vyšší a užší tělo, protože tak může efektivně docházet k odvodu tepla a nehrozí v takové míře problémy spojené s přehřátím organismu (Ruff, 1994).



Obrázek 1. Ilustrace Bergmannova pravidla (Ruff 1994)

3.1.3 Allenovo pravidlo

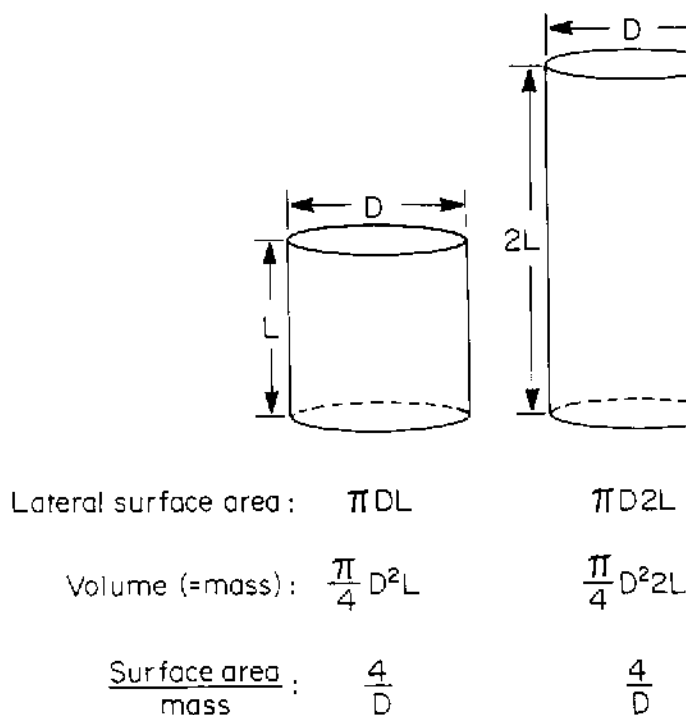
Na podobném principu funguje i Allenovo pravidlo, které vzniklo na základě pozorování amerického zoologa a ornitologa Joela A. Allena (1877). Allenovo pravidlo říká, že živočichové žijící v chladném klimatickém prostředí mají relativně kratší extremity (končetiny, nos). Tím se zmenšuje i relativní povrch těla k celkové velikosti (objemu těla) a nedochází tak ke ztrátám tělesného tepla. Naopak pro živočichy žijící v teplém klimatu je výhodné mít extremity relativně dlouhé. Opět zde

funguje princip zvětšení tělesného povrchu k celkovému objemu těla, tak aby byl odvod tepla co nejefektivnější (Ruff, 1994).

3.1.4 Cylindrický model

Ruff (1994) definoval tzv. cylindrický model, který vlastně shrnuje Bergmannovo a Allenovo pravidlo v jedno univerzální tvrzení. Cylindrický model řeší poměr povrchu těla (surface area - SA) a velikosti těla (body mass - BM). V literatuře označován jako SA/BM. Problematiku tohoto poměru jako první řešil Eugene Schreider (1950) a konstatoval, že model lze aplikovat na lidské populace (Katzmarzyk et al, 1998). Poměr SA/BM je maximalizován v teplých klimatických oblastech a minimalizován v oblastech s klimatem chladným. Model platí pro celkovou velikost těla, pro velikost trupu, ale i pro tvar končetin. Poměr SA/BM se mění pouze tehdy, mění-li se šířka těla. Nezáleží tedy na výšce (obrázek 2). Ruff (1994) tvrdí, že přímo s teplotou se mění pouze tělesná šířka a že populace žijící v podobných klimatických podmínkách budou mít tedy podobnou šířku těla.

Aby se zvětšil poměr SA/BM je třeba zvětšit tělesnou velikost. Toho lze dosáhnout rozšířením bikristální šíře a relativním zkrácením končetin. Tento poměr se také mění v závislosti na principech termoregulace (Ruff, 1994).

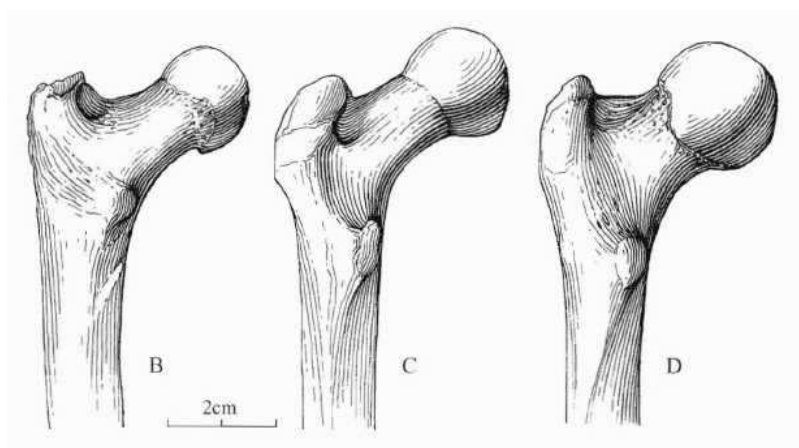


Obrázek 2. Cylindrický model (Ruff, 1994)

3.2 Evoluce pánevní a stehenní kosti

Pánev, ale i stehenní kost jsou významné kosterní elementy z hlediska jejich vztahu k demografickým a funkčně - anatomickým parametrům (Phenice 1969; Suchey a Brooks, 1990; Bruzek, 2002; Buckberry a Chamberlain, 2002). Morfologie kostěné pánve se vůči našim předkům logicky více či méně liší. Pánevní kost byla adaptována na klimatické podmínky, na bipední chůzi a také se během evoluce změnil u žen porodní mechanismus, který zapříčinil morfologické změny na pánevní kosti (Ruff, 2009), ale i na kosti stehenní (Auerbach, 2008).

Stehenní kost (bez ohledu na porod u žen) prošla výraznou morfologickou přestavbou (změny v délce a šířce diafýzy, délka a velikost úhlu krčku, velikost hlavice stehenní kosti, morfologie trochanterů, atd.; viz obrázek 3.) Je z ní odhadována např. výška postavy (Sjøvold, 1990). Na základě velikosti hlavice stehenní kosti pak může být odhadována tělesná hmotnost (Ruff et al. 1991; McHenry 1992; Grine et al. 1995; Ruff et al. 2012). I stehenní kost se pak (stejně jako pánev) mění v závislosti na klimatických podmínkách.



Obrázek 3. Proximální část stehenní kosti (B. *Australopithecus aferensis*; C. raný *Homo*; D. moderní člověk).

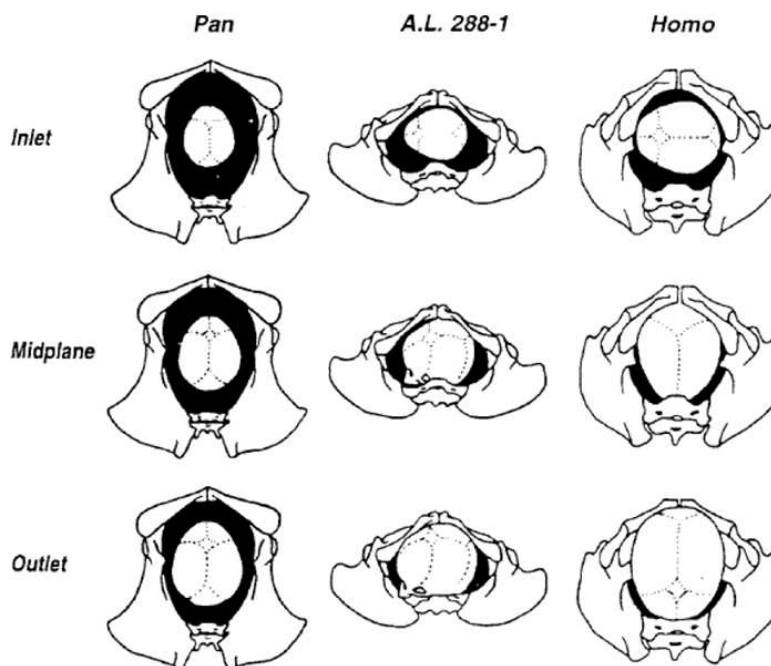
(<http://sinanthropus.blogspot.cz/2010/07/in-my-earlier-post-i-reported-on.html>)

Australopithecus

Nejvýznamnějším nálezem australopitéka jsou ostatky AL 288-1 z Hadaru, staré přibližně 3,2 milionu let a pojmenované jako „Lucy“. Jde

o poměrně kompletní skelet. Na základě specifických znaků, jako je např. druhotné zakřivení páteře, orientace *foramen magnum*, a právě morfologie pánve (krátká a relativně široká lopata kosti kyčelní) se předpokládá, že „Lucy“ byla schopná se pohybovat bipedně. Sedací kost je také relativně krátká, kost křížová je široká, kolenní i hlezenní kloub je relativně podobný člověku (Wolpoff 1999:270-272; Vančata, 2012:107). Stehenní kosti se tvarem také přibližují k rodu *Homo* (např. zvětšení hlavice stehenní kosti, zvětšení *fossa trochanterica* nebo prodloužení krčku stehenní kosti (dále např. humero-femorální index u australopitéků je 85%, u šimpanzů 110% a u člověka 72%). Stehenní kosti australopitéků jsou relativně kratší, ale viditelně delší oproti jiným fosilním či žijícím lidoopům (Vančata, 2012:103). „Lucy“ pravděpodobně využívala převážně bipední lokomoci, ale předpokládá se, že si ještě udržovala určité adaptace pro pohyb ve stromech jako např. humero-femorální index, který je ale konkrétně u „Lucy“ pravděpodobně odrazem malé velikosti těla (Lovejoy, 1988; Franciscus a Holliday 1992; Ward, 2002; Holliday a Franciscus, 2009, 2012). Pánev „Lucy“ je relativně podobná druhu *Homo sapiens* až na její celkovou šířku, která je kratší (obrázek 3), což je viditelné především na tvaru kostí kyčelních. Také kosti stydké jsou delší. Šířka pánve u australopitéků obecně je odrazem rozšíření porodního kanálu (obrázek 3), kónického tvaru trupu a s tím související rozšíření boků kvůli udržení rovnováhy ve vzpřímeném postoji (Wolpoff, 1999:270-272). U

pozdějších forem australopitéků se jejich pánev podobá lidské ještě více (Lovejoy, 1988; Vančata, 2012:134). Berge (1998) zkoumá pánev australopitéka (nálezy Sts 14, AL 288 a MLD 7) z hlediska ontogeneze a porovnává její vývoj ve vztahu k lidoopům a modernímu člověku. Ve svém výzkumu srovnávala 150 pánví lidoopů, 60 pánví moderních lidí a 3 pánve australopitéků. Měřila celkem 19 různých rozměrů na pánevních kostech. Došla k závěru, že pánev australopitéků se vyvíjí podobně jako pánev lidoopů, avšak některé její rysy u dospělých australopitéků se podobají morfologii pánve novorozenců rodu *Homo*. Autorka také předpokládá, že určitá přeměna pánve u rodu *Homo* je způsobena delším dospíváním a růstovým spurtem v pubertě (Berge, 1998).



Obrázek 3. Porodní mechanismus u rodu *Pan*, A.L. 288-1 a rodu *Homo*

(Tague a Lovejoy, 1986).

Co se týče morfologie stehenní kosti i ta vykazuje určité evoluční změny. Mezi významné nálezy patří opět AL 288-1 a také tzv. „Maka femur“ – MAK-VP-1/1. Maka femur je jedním z nejstarších kosterních elementů vypovídajících o pohybu australopitéka afarského starého 3,4 milionů let. Jedná se o proximální část stehenní kosti, u které není dochována hlavice. Lovejoy et al. (2002) porovnávají proximální části stehenních kostí u šimpanzů, goril, australopitéka a rodu *Homo*. Detailně se zaměřují na studium morfologické délky krčku, biomechanické délky krčku a hloubky *fossa trochanterica*. Zkoumají tak doklady bipední chůze u australopitéka. Důležitým znakem je snížení *trochanter major* u bipedně se pohybujících jedinců a také změna v morfologii *trochanter minor* (Lovejoy et al., 2002). U australopitéka a samozřejmě i rodu *Homo* se začíná objevovat i *trochanter tertius*. Autoři se domnívají, že krček stehenní kosti se prodloužil vlivem transformace velkého hýžděového svalu (*musculus gluteus maximus*). Dále např. u šimpanzů se vyskytuje velmi hluboká *fossa trochanterica*, která není přítomna u goril a rodu *Homo* (Lovejoy et al., 2002). Na základě snímků z CT je zřetelné, že krček stehenní kosti u člověka je oproti jiným primátům široký, ale obsahuje jen tenkou vrstvu kortexu, podobně jako stehenní kost z Maka. Důležitým výsledkem je tedy zjištění, že *Australopithecus afarensis* měl morfologicky podobný krček stehenní kosti jako rod *Homo* – relativně dlouhý a široký, s úzkým prstencem kortikální kosti a právě takto uzpůsobený krček stehenní

kosti je adaptací na bipední lokomoci (spolu s transformací velkého hýžďového svalu) (Lovejoy et al., 2002). Ruff a Higgins (2013) se zabývají krčkem a hlavicí stehenní kosti u časných homininů. Krček stehenní kosti se u australopitéku začíná prodlužovat a supero-inferiorně zvětšovat. Antero-posteriorní šíře krčku ve vztahu k velikosti hlavice je podle nich u všech homininů relativně podobná. Prodloužení krčku a zmenšení hlavice stehenní kosti souvisí s větším laterálním vychýlením těžiště těla (Ruff a Higgins, 2013). Také se tím snižuje tlak na kyčelní kloub a zlepšuje se tak pohyb stehenní kosti. Šimpanzi mají např. krček kratší, ale robustnější, tak aby odolal relativně velkému zatížení. Jak je tedy možné, že můžeme bipedně chodit i když máme oproti šimpanzům tak úzký krček stehenní kosti, který drží váhu téměř celého těla? Odpověď je v aktivitě, synchronizaci a poloze abduktorů. Dochází k eliminaci tlaku na horní část krčku, a proto je zapotřebí „silné vrstvy kortexu“ v jeho dolní části. V tomto aspektu je australopiték jednoznačně blíže člověku, než např. šimpanzům. Krček samotný je pak u australopitéka dokonce delší než u anatomicky moderních lidí (Lovejoy, 1988).

Počátek rodu *Homo*

První zástupci rodu *Homo* se objevují přibližně od 2,3 milionů let před současností. Za prvního zástupce rodu *Homo* je považován *H. habilis*. Stavba těla je už specializovanější na bipední lokomoci než u

australopitéků. Jedinci (rodu *Homo* obecně) jsou celkově vyšší a mají i větší tělesnou hmotnost. Dochází k morfologickým změnám jak na dolní končetině, která je již prodloužená, tak k přestavbě pánve. Ta je výrazně široká a nízká (i když ne tolik jako u australopitéků). Trup je relativně krátký a oploštělý. Horní končetiny jsou také relativně krátké. Rané formy *Homo* (*H. habilis* a *H. rudolfensis*) ještě mají určité znaky shodné s australopitéky. *H. erectus* (*H. ergaster*) pak vykazuje nápadnější rysy vedoucí k *H. sapiens* (Ruff, 1994; Cartmill a Smith 2009).

Homo ergaster/erectus

H. ergaster a *H. erectus* jsou v celku dobře poznané taxony. Nesou znaky, které jsou indikativní linie vedoucí k *H. sapiens*. Jedním z nejvýznamnějších nálezů tohoto taxonu je KNW–WT 15000, tzv. „Nariokotome boy“. Jde o nedospělého jedince, datovaného na přibližně 1,53 milionů let (Ruff, 1994). Podle Ruffova (1994) cylindrického modelu u WT 15000 klesá poměr bikristální šíře k celkové velikosti těla mírně pod průměr recentních afrických populací. Jeho pánev je celkově v horizontální poloze, kyčelní kosti jsou plně rozšířené. Bikristální šíře u WT 15000 měří 26,6 cm, u recentních afrických populací je to 23 – 26,3 cm a u recentních evropských populací 27,4 – 29,8 cm. Bikristální šíře neandrtálců měří v průměru 32 cm (Cartmill a Smith 2009:259,310). Bikristální šíře

KNW–WT 15000 dobře odráží Bergmannovo pravidlo, tedy adaptaci na horké klimatické podmínky a relativně suché prostředí, ve kterém žijí současné populace z oblasti subsaharské Afriky (Vančata, 2012:153). Viditelný rozdíl je i ve výšce postavy např. mezi AL 288-1 (malá a zavalitá postava) a WT 15000 (vysoká a „lineární“ postava). Vysoká postava WT 15000 (a všech nálezů *H. erectus*) je pak výhodná z důvodu termoregulace. Rozvíjí se systém pocení a vytrácí se původní ochlupení (Ruff, 1994).

Dolní končetiny jsou u *H. ergaster/H. erectus* (i pozdějších taxonů) relativně dlouhé, především co se týče stehenní kosti. Kvůli široké pánvi a udržení stability se prodloužil krček stehenní kosti, ale u moderních populací je pak zpětně redukován (Ruff, 2005; Cartmill a Smith 2009:310). Postupně se zvětšuje i hlavice stehenní kosti, která dosahuje největších rozměrů u neandrtálců. U *H. sapiens* je zas redukována. Humero-femorální index se u časných forem *Homo* také zvětšuje. Je dokonce vyšší, než průměrná hodnota u *H. sapiens* (Holliday, 2012). Ruff (2008) se ve své studii zabývá průřezy těl stehenních a pažních kostí u zástupců *H. erectus* (nebo *H. ergaster*), nedospělého KNM-WT 15000 a dospělého KNM-ER 1808 (pravděpodobně žena) a porovnává je se vzorky moderních lidí a šimpanzů. Na základě průřezů ze sádrových odlitků a snímků z CT bylo zjištěno, že relativní mechanické zatížení dolních a horních končetin u obou fosilních jedinců je velmi podobné a zároveň se

podobá jedincům patřícím modernímu člověku. To znamená, že u taxonů *H. erectus/H. ergaster* byla bipední chůze již plně vyvinuta. Jedinec KNM-ER 1808 spadal vždy v rámci distribuce nad regresní přímkou pro moderní dospívající ženy.

Homo neanderthalensis

Homo neanderthalensis je datován mezi 200 a 30 tisíc let před současností. Tělesná morfologie neandrtálců je dobrým příkladem adaptace na klimatické prostředí. Neandrtálci byli relativně širší a těžší než ostatní zástupci rodu *Homo* (Cartmill a Smith 2009:310). Na základě měření stehenních kostí byla odhadována jejich tělesná výška, která je poměrně nízká. Distální elementy končetin neandrtálců byly také relativně krátké (předloktí a bérec), což je důsledek adaptace na chladné klima (Holliday, 1997). Jde o vyjádření Allenova pravidla, které nám říká, že jedinci žijící v chladném prostředí budou mít relativně krátké končetiny, které byly výhodné i pro efektivní termoregulaci (Tilkens et al., 2007). Protože jsou však neandrtálci relativně nízcí a širocí, potvrzuje se i Bergmannovo pravidlo. Neandrtálci žijící v chladných klimatických podmínkách měli tedy široké a podsadité tělo. To bylo potřeba kvůli co nejnižšímu úniku tělesné teploty. Neandrtálci byli dokonce těžší (asi o 30%) než dnešní na chlad adaptované populace, např. Eskimáci. Průměrná výška neandrtálců byla asi 160 – 165 cm a váha mnohdy přesahovala 80 kg (u mužů, ženy byly

pravděpodobně o něco nižší a lehčí). Jiné tělesné proporce pak vykazovali „asijské neandrtálci“. Ti měli končetiny o něco delší než klasičtí (evropští) neandrtálci, protože se nemuseli adaptovat na tak nízkou teplotu. Všichni zástupci neandrtalců měli viditelně široký, robustní a hluboký hrudník. Jejich kónický hrudník a dané proporce končetin ukazují i na odlišnou fyziologii dýchání oproti moderním lidem (Ruff, 1994; Holliday, 1997; Weaver a Numbers, 2005). Na základě velkých svalových úponů lze soudit, že neandrtálci byli velice svalnatí. Mimo potřeby fyzické síly k lovu to zefektivňovalo i systém jejich termoregulace (Vančata, 2012:190). Pokud se detailněji podíváme na pánev a stehenní kost tak i zde jsou logicky viditelné odlišnosti od druhů před i po neandrtalcích. Pánev je poměrně široká a bikristální šíře u neandrtalců je dokonce vyšší než u moderního člověka. Také mají specificky delší kost stydkou (Vančata, 2012:177). Je zde vidět určitá korelace mezi vysokou hodnotou bikristální šíře a širokého hrudníku (Cartmill a Smith 2009:375). Pánevní kosti jsou viditelně robustní. Naopak velikost hlavice stehenní kosti není výrazně větší než u anatomicky moderních lidí. Evidentní je pohlavní dimorfismus na úrovni sedacího zářezu a otevřeného, širokého porodního kanálu u žen. Dolní rameno stydké kosti je často dlouhé a relativně úzké, opět podobně jako u moderního člověka a u *H. heidelbergensis* (může však být variabilní v závislosti na celkové tělesné šířce ženy). U recentních

jedinců se pánevní kosti sklání více dopředu (Cartmill a Smith 2009:379-380).

Stehenní kost neandrtálců byla velice robustní a poměrně krátká. V průměru měřila 443 mm u mužů a 399 mm u žen, zatímco u raného anatomicky moderního člověka je to 495 mm u mužů a 441 mm u žen (Vančata, 2005:82). Weaver (2003) ve své práci pracuje s hypotézou, že takto robustní stehenní kost u neandrtálců je výsledkem zvýšené aktivity a jejich limitovanými kulturními schopnostmi. Samozřejmě také poukazuje na odlišnou adaptaci neandrtálců a anatomicky moderního člověka (chlad versus teplo). Autor také morfometricky zkoumá kloubní plochy kyčelního kloubu. Kloubní plochy byly v poměru k délce kosti dosti velké. Dále i tělo stehenní kosti bylo kulaté a široké s poměrně malým úhlem mezi tělem a krčkem stehenní kosti. V poměru k relativně krátké stehenní kosti byla pánev neandrtálců široká, zatímco moderní lidé mají pas užší a stehenní kost ve srovnání s neandrtálci delší. Hlavice stehenní kosti se zvětšuje u populací, které jsou adaptované na chladné prostředí, tudíž i u neandrtálců je o něco větší (a proximální část celkově), ale asi ne tolik, jak bychom mohli očekávat. Velikost hlavice stehenní kosti u neandrtálců je podobně velká jako např. u dnešních Aleutů. Weaver (2003) ve svém výzkumu porovnával také pánevní kosti (např. šířku roviny vchodu pánevního, délku stydkých kostí) nejen u fosilních neandrtálců a raných vývojových forem moderního člověka, ale také u moderních populací, které jsou

adaptované jak na chladné, tak na teplé klimatické podmínky (afričtí Bantuové a Sanové, Inuité, Britové, apod.). Došel k závěru, že lze najít viditelné odlišnosti ve tvaru a velikosti kyčlí (hlavicí stehenní kostí a kyčelní kostí) mezi jednotlivými skupinami. Velikost resp. šířku kyčlí podle autora přímo odráží podnebí, ve kterém daná populace žije. Jak lze očekávat, „nejužší“ tvar vykazují populace z Východní Afriky, Sanové, dále Britové jsou někde na pomezí „chladných a teplých populací.“ Nadprůměrnou šíři pak naopak vykazují Inuité a Aleuti, kteří jsou adaptováni na chladné klima. Většina neandrtálců spadá do rozpětí hodnot skupiny Aleutů a Inuitů, avšak někteří jedinci (neandrtálci) vykazují ještě větší kyčelní šíři než Aleuté či Inuité. Recentní populace spadají blíže k populacím africkým (Weaver, 2003).

Rozdíl mezi neandrtálci a ranými anatomicky moderními lidmi ve tvaru průřezu těla stehenní kosti je pravděpodobně mechanickým důsledkem odlišných tělesných proporcí, ale také projevem odlišných klimatických podmínek, ve kterých se vyskytoval. Úhel krčku stehenní kosti se mění už v průběhu vývoje novorozence. Po narození je relativně vysoký, ale časem se postupně snižuje. Tento proces je řízen pravděpodobně mechanickým namáháním. Když dítě začne chodit, mění se síla působení na kyčle a tudíž i na krček stehenní kosti (Ruff, 1995, 2005; Weaver, 2003).

Fosílie našich předků jsou nesporně tím nejdůležitějším materiálem pro poznání lidské evoluce a pro poznání toho, jak vysoce jsou

kosterní elementy schopné adaptovat se na okolní prostředí. Prakticky už od narození se morfologie těla utváří v závislosti na klimatických podmínkách, v menší míře pak v závislosti na výživě, zdraví, apod. Růst a celkový vývoj tělesných proporcí je také řízen z části geneticky a z části hormonálně (Ruff, 1994, 1995; Auerbach, 2008).

Cílem této kapitoly bylo nastínit evoluční vývoj kosti stehenní a kosti pánevní. Lze pozorovat, jak se kostra postupně adaptovala nejen na klimatické prostředí, ale i bipední lokomoci a jak se např. měnil porodní mechanismus spolu s přestavbou pánevní kosti. Je zřejmé, že australopitéci již využívali bipední chůzi, ačkoli jsou u nich přítomné ještě určité znaky, na základě kterých by se dalo argumentovat, že byli ještě částečně přizpůsobení na pohyb ve stromech (Vančata, 2012:107). Časní zástupci rodu *Homo* (*H. erectus*/*H. ergaster*) již byli plně adaptováni na bipední chůzi, což je zřejmé z tvaru jejich pánve a morfologie stehenní kosti. Jsou také příkladem jedinců adaptovaných na teplé klima. Naopak neandrtálci jsou „ukázkovým“ příkladem jedinců přizpůsobených se velmi chladnému klimatu a jejich stavba těla se podobala dnešním na chlad adaptovaným populacím.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Materiál

Materiálem využitým k této práci je Goldmanova osteologická sbírka dat, která je volně přístupná na internetových stránkách (<http://web.utk.edu/~auerbach/GOLD.htm>). Sbíрка obsahuje 1538 jedinců pocházejících ze 44 holocénních populací. Data byla sesbírána Dr. Benjaminem M. Auerbachem, který působí na katedře antropologie na univerzitě v Tennessee v Knoxville. Dr. Auerbach data naměřil v letech 2001 až 2003 v rámci svého disertačního výzkumu. Měřil pažní, loketní, vřetenní, stehenní, holenní a lýtkové kosti. Dále pak několik rozměrů na pánvi.

Při zpracování dat pro potřeby tohoto projektu byli jedinci zredukováni podle dostupnosti měřených rozměrů kostí. Z původních 1538. jedinců tak bylo pro výzkum využito jen 1298 jedinců pocházejících ze 43. geografických lokalit. Výčet lokalit a příslušné počty jedinců jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Lokality a počty jedinců ve čtyřech klimatických zónách.

Tropické klima		Subtropické klima		Mírné klima		Chladné klima	
Lokalita	n	Lokalita	n	Lokalita	n	Lokalita	n
Andamanské ostrovy	11	Argentina	18	Rakousko	64	Aljaška, US	96
Austrálie	29	Arizona, US	20	Belgie	33	Aleutské ostr., US	51
Kanárské ostrovy	8	Arkansas, US	3	Kalifornie, US	21	Grónsko	2
Dem. rep. Kongo	5	Čína	2	Colorado, US	6		
Ekvádor	4	Itálie	45	Anglie, UK	67		
Egypt	76	Japonsko	74	Francie	8		
Hawaii, US	1	Kentucky, US	59	Německo	97		
Indonésie	1	Nové Mexiko, US	69	Chile	15		
Madagaskar	14			Illinois, US	41		
Malajsie	1			New Jersey, US	14		
Papua Nová Guinea	1			Ohio, US	178		
Filipíny	20			Rusko	6		
Šalamounovy ostrovy	4			Skotsko, UK	12		
Jižní Afrika	4			Jižní Dakota, US	54		
Súdán	45			Utah, US	30		
Tasmánie	1			Washington, US	9		
Celkem	225	Celkem	290	Celkem	655	Celkem	149

4.2 Metody

4.2.1 Výběr proměnných

Pro účel mého výzkumu byly použity následující rozměry: **Maximální délka stehenní kosti (Fe1)**, definovaná jako vzdálenost od proximálního konce hlavice stehenní kosti k nejvzdálenějšímu bodu na kondylu (obvykle *condylus medialis*). **Bikondylární délka stehenní kosti (Fe2)**, která je definovaná jako vzdálenost mezi nejproximálnějším bodem hlavice stehenní kosti a spojnicí procházející nejdistančnějšími body mediálního i laterálního kondylu. **Medio-laterální šíře kondylů stehenní**

kosti (FAB) je vzdálenost od nejlaterálnějšího bodu mediálního kondylu k nejlaterálnějšímu bodu kondylu laterálního. **Medio-laterální šíře epikondylů stehenní kosti** (FEB) je vzdálenost dvou nejvíce prominujících bodů na mediálním a laterálním epikondylu stehenní kosti. **Medio-laterální šíři stehenní kosti v 50% délky těla** (FMLD), **anterio-posteriorní šíře stehenní kosti v 50% délky těla** (FAPD). Tyto dva rozměry jsou měřeny ve středu těla stehenní kosti ve dvou uvedených rovinách. **Bikristální šíře** (BIB) je rozměr definovaný jako vzdálenost mezi nejvzdálenějšími body *crista illiaca* pravé a levé pánevní kosti (Martin, 1928; Bräuer, 1988; Auerbach 2008).

4.2.2 Rozdělení dat

Nejprve byla data rozdělena podle jednotlivých klimatických pásem na populace z chladných, mírných a teplých klimatických pásů. U některých geografických lokalit byl však problém rozlišit, zda spadají spíše do mírného pásma nebo spíše do pásma teplého. Proto byla nakonec vytvořena čtvrtá kategorie – populace ze subtropického klimatického pásu. Při rozdělování geografických lokalit do kategorií byla zohledněna především zeměpisná šířka, která pozitivně koreluje s bikristální šíří (Cowgill et al, 2012), ale i průměrná roční teplota a nadmořská výška. Z použitých dat byla vyřazena oblast Peru. Podnebí Peru je velice rozmanité a i když se nachází v tropickém podnebním pásu, jsou tam jak suché pouštní oblasti, tak i vysoká pohoří And a v pobřežních

oblastech vane chladný oceánský vítr. Některá data z Peru lze zařadit na základě bližší informace o kosterním souboru, u jiných však není znám přesný geografický původ, a proto jsem se rozhodla tato data nepoužít, aby nezkreslila výsledky. Pro rozdělení do čtyř skupin klimatických zón byly použity atlasy světa (Vokálek et al., 1970; Verlag, 2010) a disertační práce B. Auerbacha (2008). Pro třídění dat byl použit Microsoft Excel 2007. U rozměrů dlouhých kostí byly použity vždy hodnoty z levé kosti. Z rozměrů maximální a bikondylární délky stehenní kosti byl vypočten rozdíl a označen jako Fe1-Fe2.

4.2.3 Statistické zpracování

Pro zpracování statistických analýz byl využit program Past 2.17. Pro zobrazení průměrů bikristální šíře pánve ve zmiňovaných čtyřech klimatických zónách, byly vytvořeny krabicové grafy (Boxploty). Na základě rozložení průměrů jednotlivých proměnných můžeme usuzovat, zda existuje vůbec nějaký rozdíl v bikristální šíři v závislosti na klimatu. Stejný postup byl proveden pro zjištění průměrů Fe1-Fe2 a dalších proměnných vždy pro muže i ženy dohromady. Pouze u proměnné BIB byl vytvořen navíc krabicový graf samostatně pro ženy. K testování 1. hypotézy byla použita analýza rozptylu (ANOVA). Rozdíly mezi jednotlivými skupinami byly testovány pomocí Tukeyho post-hoc testů. Analýza ANOVA nám ukazuje, zda se soubory z jednotlivých klimatických zón od sebe navzájem liší.

Hypotézy 2, 3 a 4 byly testovány pomocí regresní analýzy a byly zjištěny Pearsonovy korelační koeficienty. Korelační koeficient se pohybuje pouze v hodnotách intervalu od -1 do 1. Pokud je roven 1, je mezi veličinami vztah přímé úměry. Pokud je mezi veličinami vztah nepřímé úměry, je korelační koeficient roven -1 (Agresti a Finlay, 1997:327). Prostřednictvím regresní analýzy odhadujeme hodnotu závislé proměnné (Fe1-Fe2) na základě znalosti proměnné nezávislé (BIB). U 2. hypotézy testujeme pouze vztah BIB a Fe1-Fe2 a to ve všech klimatických zónách. Poslední hypotéza je testována také lineární regresní analýzou, kdy sledujeme, zda je vztah BIB a Fe1-Fe2 výraznější u žen oproti mužům, a to ze všech klimatických zón. V regresních analýzách byla použita metoda redukované hlavní osy (RMA – reduced major axis). Data byla převedena na dekadický logaritmus, protože jednotky jsou v jiném rozpětí. Logaritmování rovněž zajistí linearizaci vztahů mezi proměnnými (Zar, 1999). Grafy regresní analýzy jsou vytvořeny pro muže a ženy odděleně.

4.2.4 Standardizace

Při analýze metrických dat je většinou třeba taková data standardizovat na určitou míru tělesné velikosti, protože jinak bychom interpretovali rozdíly v tělesné velikosti a nikoliv rozdíly v měřených parametrech. V případě této práce by bylo vhodné standardizovat data na výšku postavy, protože ta může ovlivnit míru vnější inklinace stehenní

kosti. U vyšších jedinců by předpokládaná inklinace nebyla tak výrazná jako u nižších jedinců. Výšku postavy odráží samotná délka dlouhých kostí, nicméně pokud bychom pro standardizaci použili odhadnutou výšku postavy z délek dlouhých kostí, zanesli bychom do dat chybu odhadu, a proto je tento přístup nežádoucí. Navíc se populace různých klimatických zón liší relativními proporcemi končetin, speciálně délkou proximálního a distálního elementu (Holliday, 1999) a tuto variabilitu bychom nebyli schopni efektivně zohlednit, protože neexistují populačně specifické regresní rovnice pro odhad výšky postavy pro všechny populace použité v této práci.

Data bychom mohli efektivně standardizovat na výšku postavy v případě, že ta by byla u všech jedinců odhadnuta pomocí anatomické metody (Raxter et al., 2006). Nicméně ani to není možné vzhledem k povaze použitých dat, ze kterých vzhledem k zachovalosti není možné takto výšku postavy odhadovat. Další variantou by bylo data standardizovat na součet délek stehenní a holenní kosti, kde by se zohlednila klimatická variabilita v délce proximálního a distálního elementu, ale problém by vznikl tím, že pro standardizaci je použit parametr, který je primárním cílem zkoumání (v tomto případě délka stehenní kosti). Domnívám se proto, že žádná korekce a standardizace na velikost není natolik oproštěná od chyby, aby byla použitelná. Jediná použitelná metoda standardizace je skrze relativní proporce maximální (Fe1) a fyziologické (Fe2) délky stehenní kosti. Veškeré analýzy v této

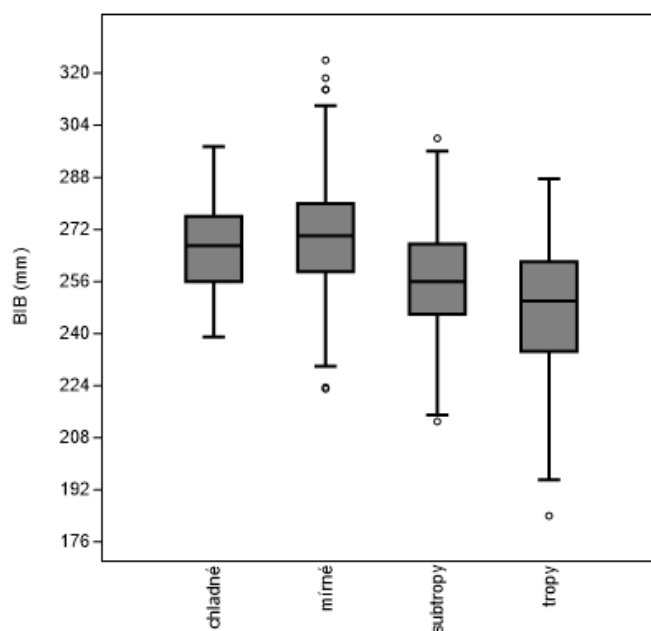
práci jsou tedy provedeny bez velikostní standardizace a v případě korelačních analýz je navíc použit ukazatel poměru dvou délek (Fe_1/Fe_2), který jako relativní míra nevyžaduje standardizaci (viz příloha 1).

5 VÝSLEDKY

Výsledky jsou strukturovány jednak na základě jednotlivých proměnných a jednak podle klimatických zón. Nejprve budou vyhodnoceny výsledky analýzy ANOVA pro jednotlivé proměnné – BIB, Fe1-Fe2, FAB, FMLD. Výsledky jsou zobrazeny vždy pro muže a ženy dohromady, až na proměnnou BIB, kde jsou výsledky zobrazeny i pro samotné ženy, aby bylo možné lépe ověřit hypotézu č. 4. Doplnující výsledky proměnných FEB a FAPD jsou zobrazeny v přílohách 2 a 3. V další části pak budou zobrazeny výsledky pro korelační a regresní analýzy jednotlivých proměnných (Fe1-Fe2, FAB, FMLD) ve vztahu k BIB. Výsledky jsou členěny od chladného klima po tropické. Grafy zobrazují vždy výsledky pro muže a ženy zvlášť.

5.1 Bikristální šíře (BIB)

Rozložení bikristální šířky v populacích jednotlivých klimatických zón je zobrazeno v grafu 1. Z grafu 1 je patrné, že se bikristální šíře v závislosti na odlišných klimatických zónách liší. Naznačuje Bergmannovo pravidlo. Od mírného klimatu přes subtropy až k tropům se bikristální šířka zmenšuje. U populací z chladného podnebí je průměr BIB nepatrně menší než u populací z mírného klima. Rozdíly v průměrech byly následně testovány analýzou ANOVA. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.



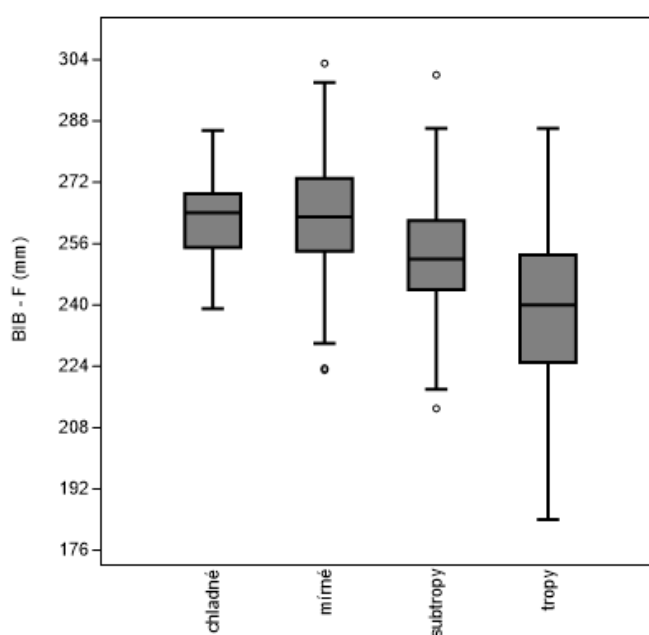
Graf 1. Srovnání BIB ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 2. Výsledky analýzy ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání BIB ve čtyřech klimatických zónách

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	p
Mezi skupinami	3	98669,1	32889,7	118,9	0,000
Uvnitř skupin	1294	358007	276,667		
Celkem	1297	456676			
Tukeyho post-hoc srovnání (p hodnoty)					
		BIB tropy	BIB subtropy	BIB mírné	BIB chladné
BIB tropy			0,000	0,000	0,000
BIB subtropy				0,000	0,000
BIB mírné					0,299
BIB chladné					

Z tabulky 2 je patrné, že soubory se vzájemně významně liší ($p = 0,000$). Jediné populace, které se od sebe v průměru BIB významně neliší, jsou populace z chladného a mírného prostředí ($p = 0,299$).

Rozložení bikristální šířky jednotlivých klimatických zón pouze s použitím dat žen je zobrazeno v grafu 2. Na první pohled je evidentní klesající trend směrem od chladných klimatických zón až po tropy. Na základě výsledků analýzy ANOVA (tabulka 3) se však data žen z mírného a chladného prostředí významně neliší ($p = 0,995$), stejně jako v tabulce 2.



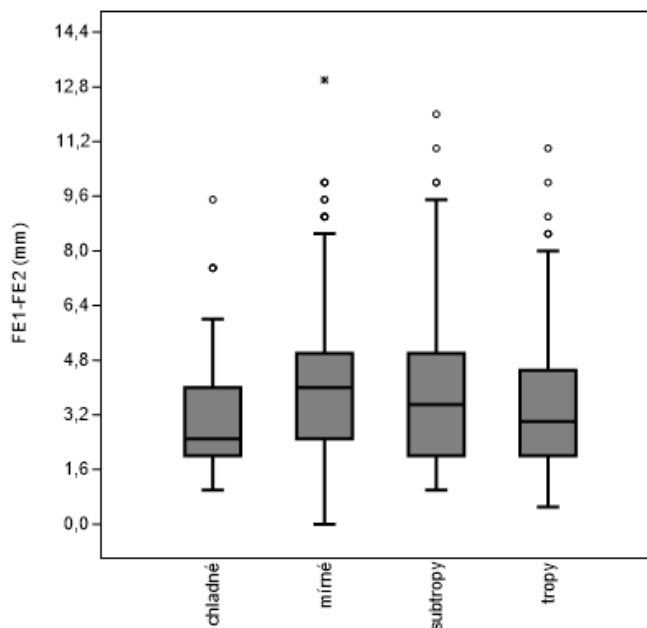
Graf 2. Srovnání BIB u žen ve čtyřech klimatických zónách

Tabulka 3. Výsledky analýzy ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání BIB u žen ve čtyřech klimatických zónách

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	p
Mezi skupinami	3	38400,8	12800,3	48,58	0,000
Uvnitř skupin	452	119094	263,482		
Celkem	455	157495			
Tukeyho post-hoc srovnání (p hodnoty)					
		BIB tropy	BIB subtropy	BIB mírné	BIB chladné
	BIB tropy		0,000	0,000	0,000
	BIB subtropy			0,000	0,000
	BIB mírné				0,995
	BIB chladné				

5.2 Rozdíl maximální a bikondylární délky stehenní kosti (Fe1-Fe2)

Stejně jako u bikristální šíře byl nejprve vytvořen boxplot pro rozložení rozdílů Fe1 a Fe2 ve čtyřech klimatických zónách. V grafu 3 je možné opět vidět klesající tendenci od mírného klima až po tropy. Průměr Fe1-Fe2 u populací z chladných klimatických zón je však nižší než u populací pocházejících ze subtropů a dokonce i tropů.



Graf 3. Srovnání rozdílu Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách

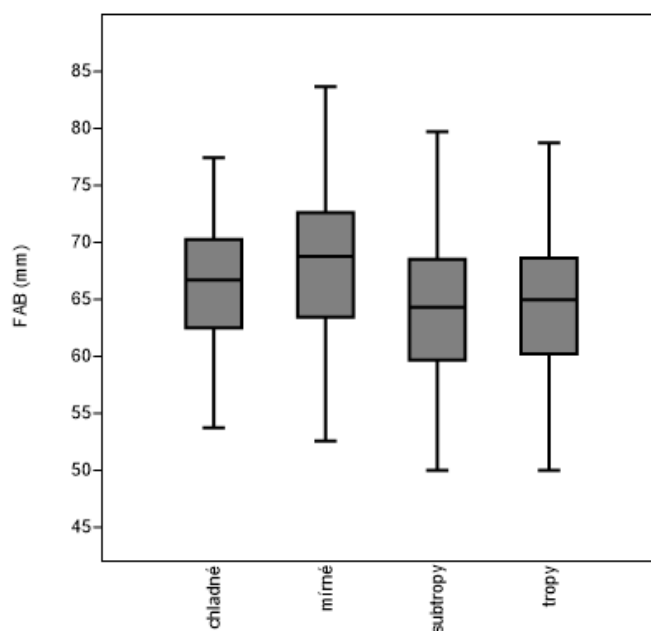
Z analýzy ANOVA (tabulka 4) je zřejmé, že populace chladných klimatických zón se významně liší od všech ostatních klimatických zón ($p = 0,000$), avšak opačně než bychom očekávali, tj. rozdíl délek je menší než u populací teplejších zón. Významně se od sebe liší ještě populace z mírného klima od populací žijících v tropickém klimatu ($p = 0,05$). Krabicový graf je zde pouze pro muže a ženy dohromady, protože grafy pro obě pohlaví zvlášť jsou téměř identické.

Tabulka 4. Výsledky analýzy ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	<i>p</i>
Mezi skupinami	3	170,651	56,583	15,09	0,000
Uvnitř skupin	1294	4878,470	3,770		
Celkem	1297	5049,120			
Tukeyho post-hoc srovnání (<i>p</i> hodnoty)					
		FE1-FE2 tropy	FE1-FE2 subtropy	FE1-FE2 mírné	FE1-FE2 chladné
	FE1-FE2 tropy		0,204	0,005	0,008
	FE1-FE2 subtropy			0,538	0,000
	FE1-FE2 mírné				0,000
	FE1-FE2 chladné				

5.3 Maximální šíře kondylů stehenní kosti (FAB)

Statistické analýzy byly provedeny i pro rozměr maximální šíře kondylů stehenní kosti. V grafu 4 je tento rozměr opět zobrazen ve čtyřech zvolených klimatických zónách.



Graf 4. Srovnání FAB ve čtyřech klimatických zónách

Trend klesající šíře není na první pohled zřejmý, ale je vidět, že populace pocházejících z chladných a mírných klimatických zón mají FAB širší než populace ze subtropů a tropů. Nicméně podobně jako u předchozích proměnných to nefunguje směrem od chladného klimatu k mírnému, protože průměr FAB je u chladných zón neočekávaně menší než u mírného pásma.

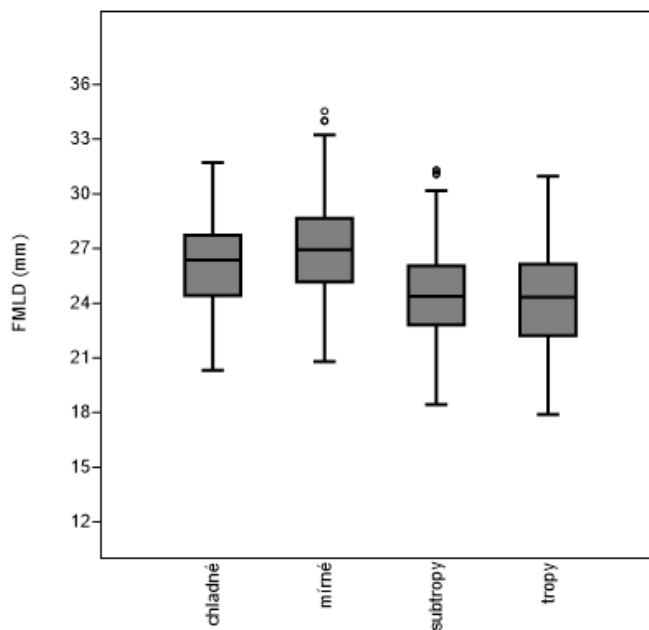
Tabulka 5. Výsledky analýzy ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání FAB ve čtyřech klimatických zónách

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	p
Mezi skupinami	3	4357,58	1452,53	45,89	0,000
Uvnitř skupin	1294	40958,5	31,652		
Celkem	1297	45316			
Tukeyho post-hoc srovnání (p hodnoty)					
		FAB tropy	FAB subtropy	FAB mírné	FAB chladné
	FAB tropy		1	0,000	0,000
	FAB subtropy			0,000	0,000
	FAB mírné				0,000
	FAB chladné				

Podle tabulky 5 je zřejmé, že soubory se medio-laterální šíří kondylů navzájem mezi sebou významně liší ($p = 0,000$). Jediné soubory, které se od sebe neliší, jsou populace z tropů a subtropů ($p = 1$).

5.4 Medio-laterální šíře v 50% délky těla stehenní kosti (FMLD)

Graf 5 zobrazuje průměr medio-laterální šíře v 50% délky těla stehenní kosti. V tomto grafu už klesající trend zřejmý není, až na hodnoty populací z mírného klima ve vztahu k populacím ze subtropů a tropů, kde jsou ale hodnoty zas nepatrně vyšší než u populací ze subtropů.



Graf 5. Srovnání FMLD ve čtyřech klimatických zónách

Z tabulky 6 je opět vidět, že na základě uvedených hodnot se populace od sebe v průměrech medio-laterální šíře stehenní kosti v 50% délky těla liší, až na výjimku u tropů a subtropů ($p = 0,683$).

Tabulka 6. Výsledky analýzy ANOVA a Tukeyho post-hoc srovnání FMLD ve čtyřech klimatických zónách

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměr čtverců	F	<i>p</i>
Mezi skupinami	3	1960,49	653,50	106,1	0,000
Uvnitř skupin	1294	7972,7	6,161		
Celkem	1297	9933			
Tukeyho post-hoc srovnání (<i>p</i> hodnoty)					
		FMLD tropy	FMLD subtropy	FMLD mírné	FMLD chladné
	FMLD tropy		0,683	0,000	0,000
	FMLD subtropy			0,000	0,000
	FMLD mírné				0,000
	FMLD chladné				

5.5 Vztah BIB a Fe1-Fe2

Pro zjištění vztahu mezi dvěma proměnnými byly provedeny korelační a regresní analýza (regrese metodou redukované hlavní osy). Data byla vždy logaritmována. Tabulka 7 zobrazuje korelační koeficienty pro BIB a Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách vždy pro muže a ženy. Z výsledků je patrné, že významný vztah je viditelný pouze u mužů z chladného prostředí, kde je korelace velice významná ($p = 0,001$). Ve všech ostatních případech je vztah BIB a Fe1-Fe2 nevýznamný. Výsledky bivariačních vztahů s použitím ukazatele poměru dvou délek (Fe1/Fe2), lze nalézt v Příloze 1.

Tabulka 7. Korelační koeficienty pro BIB a Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách

		n	r	r ²
CH	M	80	0,312**	0,097
	F	62	-0,177	0,031
M	M	432	-0,022	0,000
	F	177	0,021	0,000
S	M	178	-0,053	0,002
	F	128	-0,068	0,004
T	M	152	-0,030	0,000
	F	89	0,016	0,000

**korelace významnější než 0.01

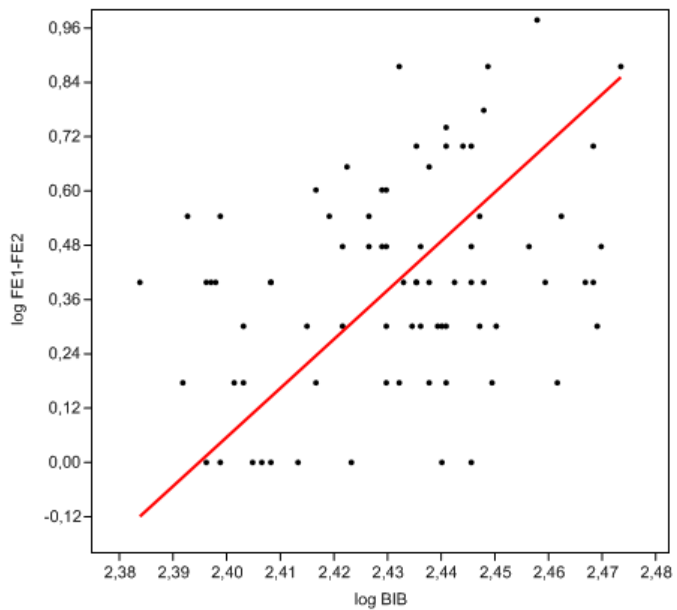
Tabulka 8. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a Fe1-Fe2 ve čtyřech klimatických zónách

Klima		n	r	p	Úsek		Sklon	
					Parametr	S.E.	Parametr	S.E.
CH	M	80	0,312	0,001	-25,927	8,114	1,826	1,171
	F	62	-0,177	0,171	29,346	13,750	-11,960	1,532
M	M	432	-0,022	0,490	23,594	1,238	-9,484	0,457
	F	177	0,021	0,772	-23,917	3,439	10,138	0,766
S	M	178	-0,053	0,477	22,590	2,777	-9,177	0,690
	F	128	-0,068	0,439	20,369	3,087	-8,229	0,731
T	M	152	-0,030	0,710	20,113	2,573	-8,187	0,668
	F	89	0,016	0,876	-13,154	2,145	5,745	0,615

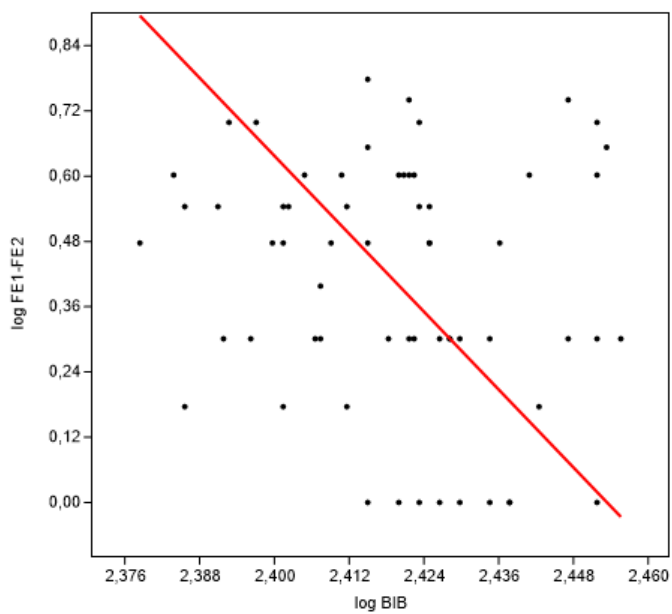
CH - chladné klima; **M** - mírné klima; **S** - subtropy; **T** - tropy; M - muži; F - ženy

Chladné klima

Grafy 6 a 7 zobrazují míru korelace dvou sledovaných proměnných. Nejsilnější korelaci nacházíme u hodnot naměřených u mužů v chladném klimatickém prostředí ($r = 0,312$; $p = 0,001$). Korelace už ale není zřejmá u žen ($r = -0,177$ a $p = 0,171$).



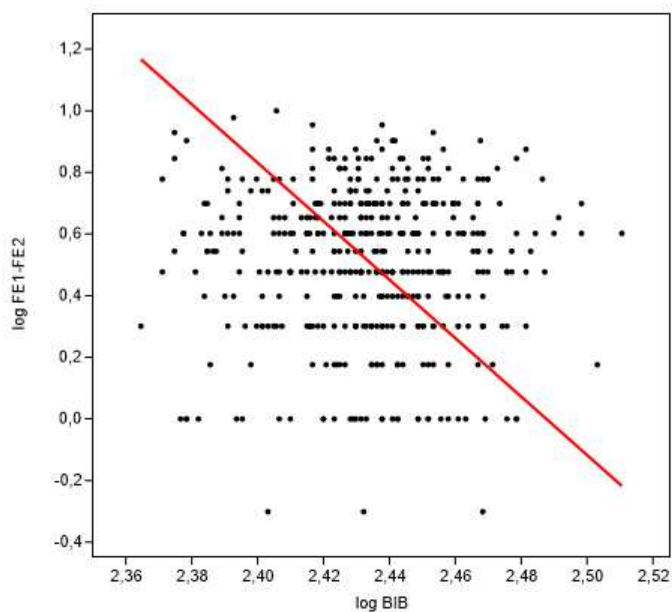
Graf 6. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v chladném klimatu



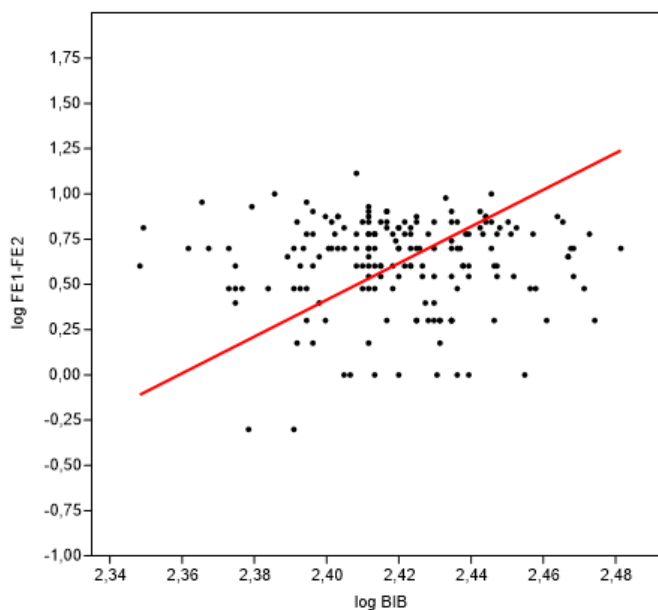
Graf 7. Regresní analýza BIB a Fe1-Fe2 u žen v chladném klimatu

Mírné klima

Bivariační vztah BIB a Fe1-Fe2 v mírném klimatickém prostředí zobrazují grafy 8 a 9. Korelace mezi proměnnými není patrná u mužů ($r = -0,022$; $p = 0,490$) ani u žen ($r = 0,021$; $p = 0,772$).



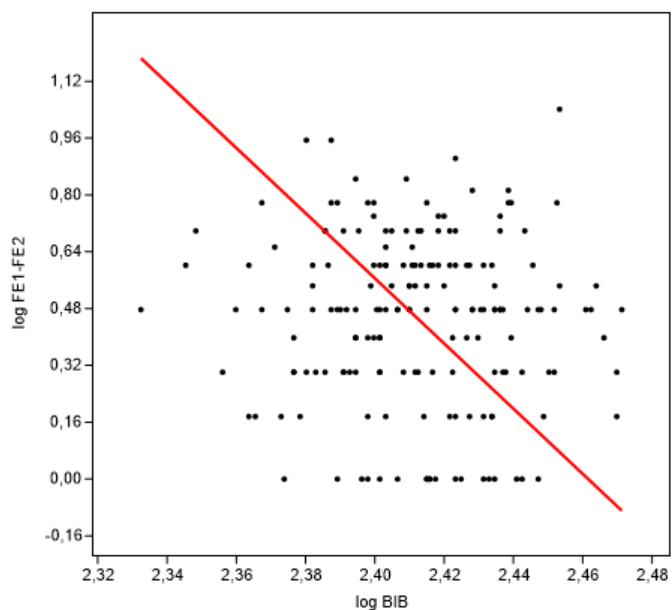
Graf 8. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v mírném klimatu



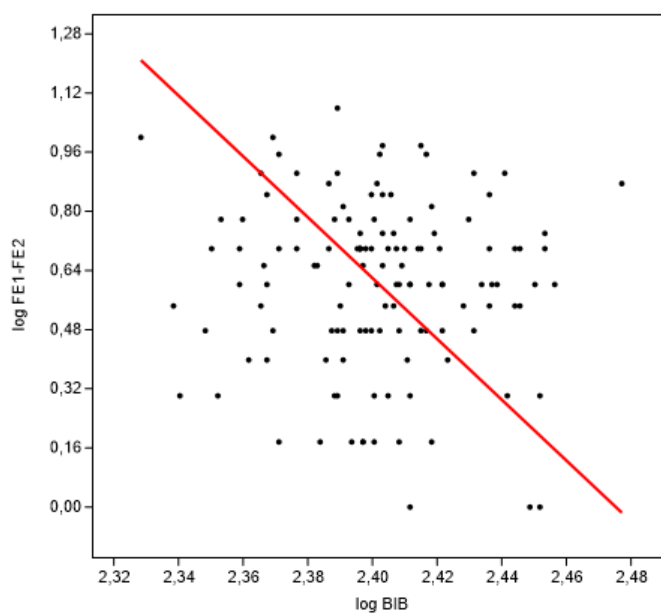
Graf 9. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u žen v mírném klimatu

Subtropické klima

Grafy 10 a 11 zobrazují bivariační vztah BIB a Fe1-Fe2 mužů a žen ze subtropické klimatické zóny. U mužů je korelace negativní a nevýznamná ($r = - 0,053$; $p = 0,477$), stejně jako u žen ($r = - 0,068$; $p = 0,439$).



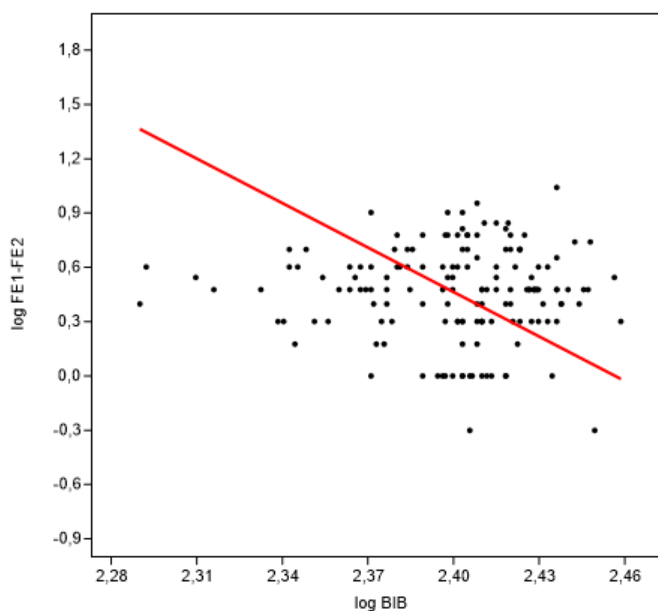
Graf 10. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v subtropickém klimatu



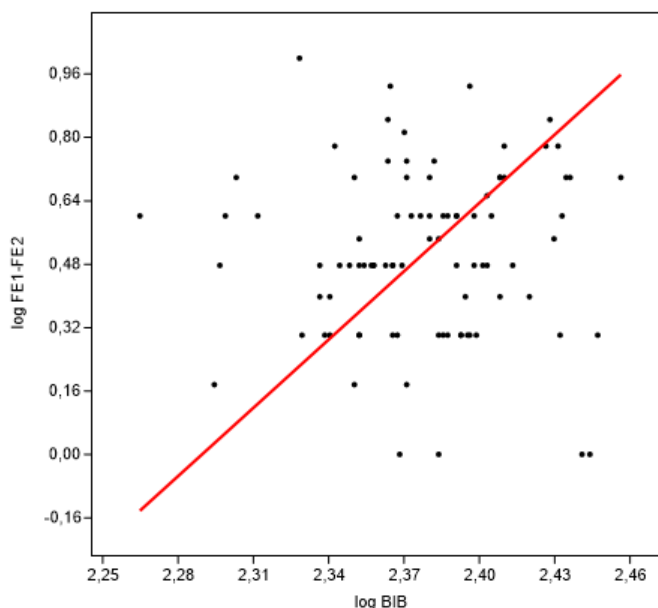
Graf 11. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u žen v subtropickém klimatu

Tropické klima

Grafy 12 a 13 zobrazují výsledky vztahu proměnných BIB a Fe1-Fe2 pomocí regresních přímk v tropickém klimatickém pásu. U mužů i žen jsou regrese nevýznamné ($r = -0,030$; $p = 0,710$ resp. ($r = 0,016$; $p = 0,876$).



Graf 12. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u mužů v tropickém klimatu



Graf 13. Regresní analýza pro BIB a Fe1-Fe2 u žen v tropickém klimatu

5.6 Vztah BIB a FAB

Tabulka 9 zobrazuje výsledky korelační analýzy mezi BIB a FAB. Na rozdíl od vztahu BIB a Fe1-Fe2, kde byl korelační koeficient významný pouze u mužů z chladného prostředí (tabulka 7), je vztah těchto dvou proměnných významný u mužů i žen ze všech klimatických zón. Zajímavé je, že právě u populací z chladného prostředí je korelace nižší než u ostatních klimatických pásů. Tabulka 10 zobrazuje výsledky regresní analýzy pro BIB a FAB ve všech klimatických zónách.

Tabulka 9. Korelační koeficienty pro BIB a FAB ve čtyřech klimatických zónách

		n	r	r ²
CH	M	80	0,242*	0,058
	F	62	0,302*	0,091
M	M	432	0,396**	0,157
	F	177	0,288**	0,083
S	M	178	0,497**	0,247
	F	128	0,423**	0,179
T	M	152	0,461**	0,212
	F	89	0,362**	0,131

*korelace významnější než 0.05

**korelace významnější než 0.01

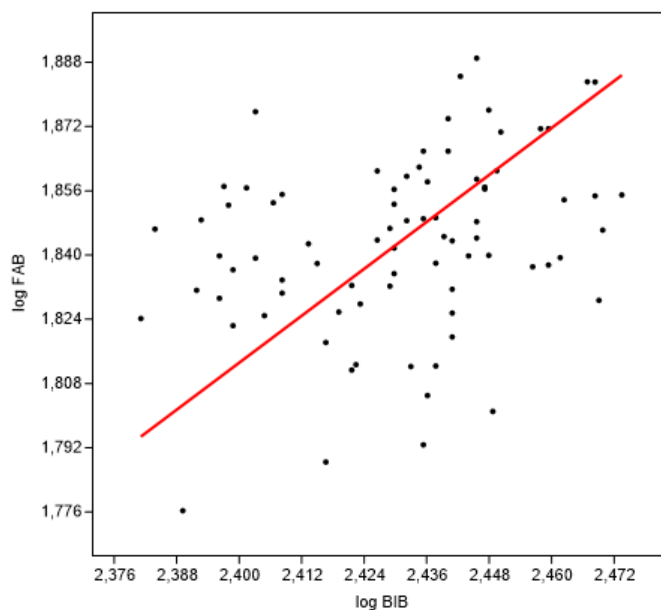
Tabulka 10. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FAB ve čtyřech klimatických zónách

Klima		n	r	p	Úsek		Sklon	
					Parametr	S.E.	Parametr	S.E.
CH	M	80	0,242	0,003	-0,495	0,068	0,962	0,107
	F	62	0,302	0,016	-1,046	0,121	1,172	0,144
M	M	432	0,396	0,000	-0,896	0,014	1,127	0,049
	F	177	0,288	0,000	-0,323	0,023	0,874	0,063
S	M	178	0,497	0,000	-0,64	0,026	1,024	0,669
	F	128	0,423	0,000	-0,518	0,034	0,954	0,077
T	M	152	0,461	0,000	-0,572	0,030	0,999	0,072
	F	89	0,362	0,000	-0,308	0,043	0,876	0,088

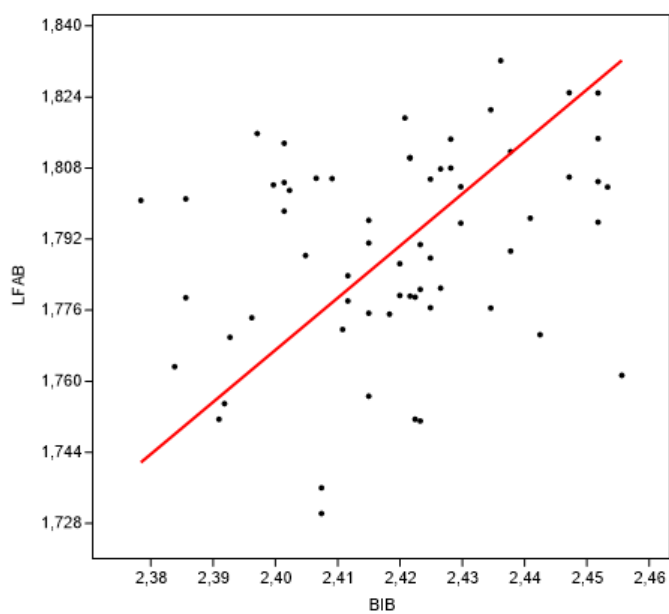
CH - chladné klima; **M** - mírné klima; **S** - subtropy; **T** - tropy; M - muži; F - ženy

Chladné klima

Grafy 14 a 15 zobrazují bivariační vztah mezi BIB a FAB u populací chladných klimatických zón. U mužů je vztah proměnných statisticky významný ($r = 0,242$; $p = 0,003$), stejně jako u žen ($r = 0,302$; $p = 0,016$).



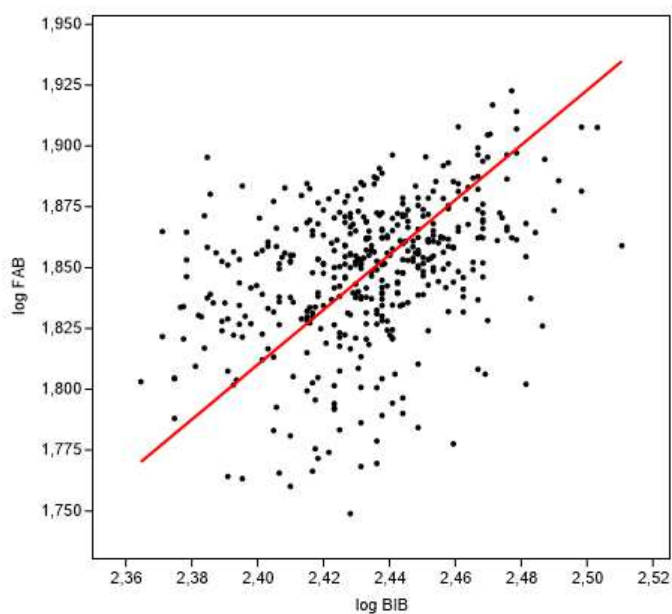
Graf 14. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v chladném klimatu



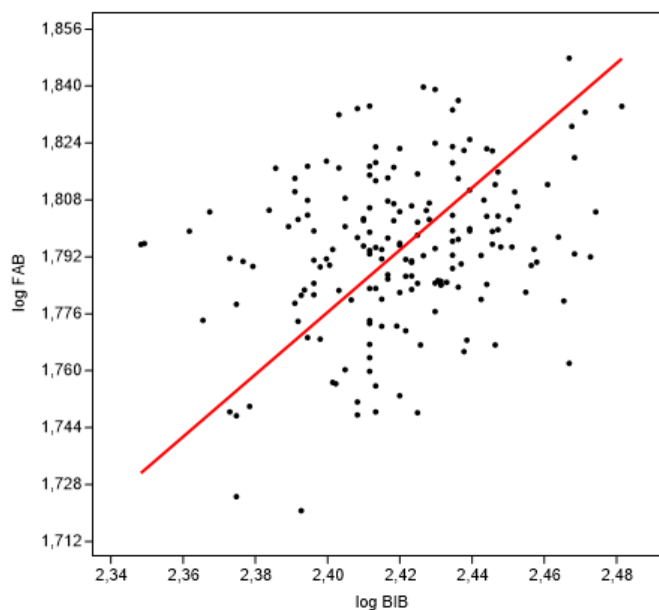
Graf 15. Regresní analýza pro BIB a FAB u žen v chladném klimatu

Mírné klima

Grafy 16 a 17 zobrazují bivariační vztahy BIB a FAB u populací z mírných klimatických zón. U mužů i žen je vztah proměnných vysoce významný, ale korelační koeficient je u žen spíše slabý a u mužů středně silný ($r = 0,396$; $p = 0,000$); ($r = 0,288$; $p = 0,000$).



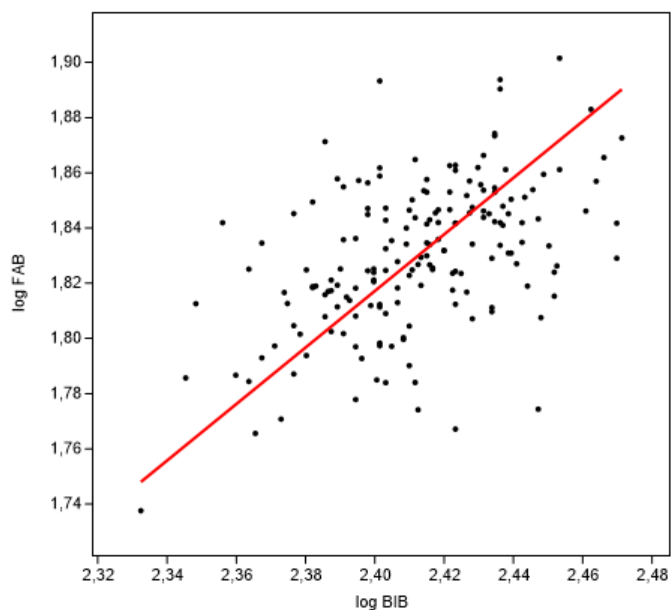
Graf 16. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v mírném klimatu



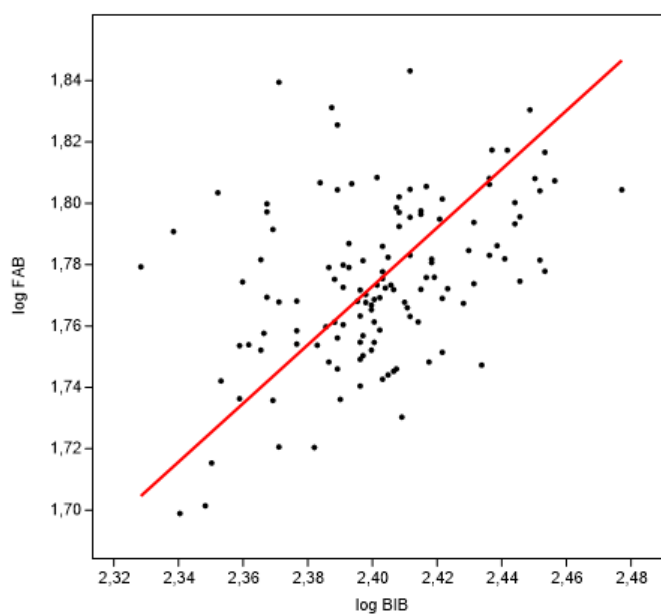
Graf 17. Regresní analýza pro BIB a FAB u žen v mírném klimatu

Subtropické klima

Grafy 18 a 19 zobrazují bivariační vztah BIB a FAB u populací ze subtropických klimatických zón. U mužů je vztah proměnných opět vysoce významný, korelační koeficient relativně silný ($r = 0,497$; $p = 0,000$). U žen jsou pak výsledky velice podobné ($r = 0,423$; $p = 0,000$).



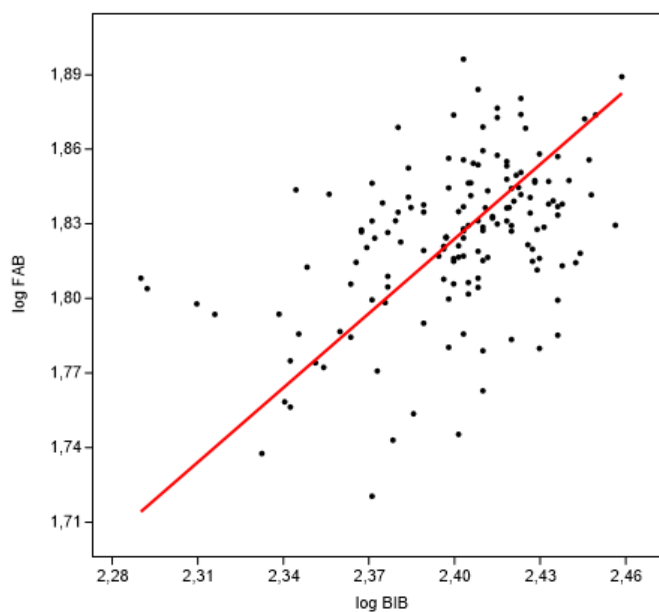
Graf 18. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v subtropickém klimatu



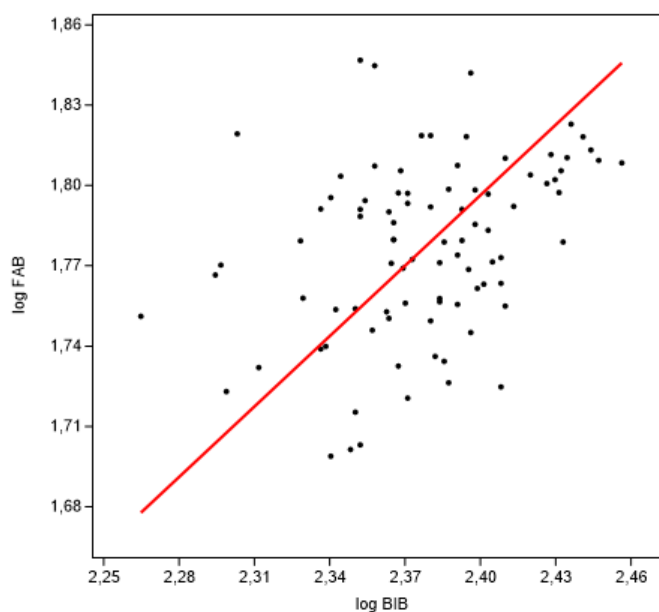
Graf 19. Regresní analýza pro (BIB) a FAB u žen v subtropickém klimatu

Tropické klima

Grafy 20 a 21 zobrazují vztah mezi proměnnými BIB a FAB u populací z tropických klimatických zón. Tento vztah je u mužů velmi významný ($r = 0,441$; $p = 0,000$), stejně jako u žen ($r = 0,342$; $p = 0,000$). Korelační koeficienty jsou středně silné.



Graf 20. Regresní analýza pro BIB a FAB u mužů v tropickém klimatu



Graf 21. Regresní analýza pro BIB a FAB u žen v tropickém klimatu

5.7 Vztah BIB a FMLD

Tabulky 11 a 12 zobrazují korelační koeficienty a regresní vztahy pro BIB a FMLD, které jsou významné u mužů i žen z mírného, subtropického i tropického prostředí. Korelační koeficienty jsou většinou středně silné. U chladného prostředí je tento vztah významný pouze u žen, u mužů nikoli.

Tabulka 11. Korelační koeficienty pro BIB a FMLD ve čtyřech klimatických zónách

		n	r	r ²
CH	M	80	0,196	0,038
	F	62	0,312**	0,097
M	M	432	0,417**	0,174
	F	177	0,446**	0,198
S	M	178	0,532**	0,283
	F	128	0,576**	0,332
T	M	152	0,558**	0,312
	F	89	0,494**	0,244

**korelace významnější než 0.01

Tabulka 12. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB FMLD ve čtyřech klimatických zónách

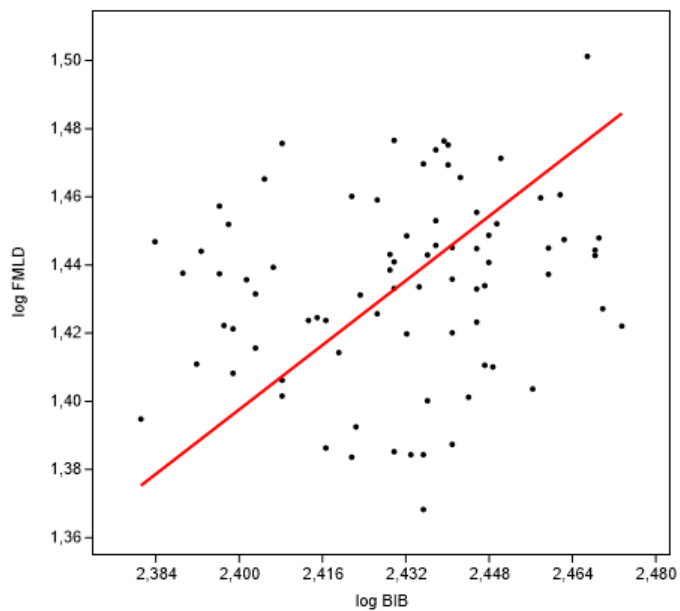
Klima		n	r	p	úsek		sklon	
					parametr	S.E.	parametr	S.E.
CH	M	80	0,196	0,079	-1,438	0,101	1,181	0,131
	F	62	0,312	0,013	-2,611	0,241	1,653	0,202
M	M	432	0,417	0,000	-1,935	0,021	1,388	0,060
	F	177	0,446	0,000	-1,500	0,038	1,196	0,081
S	M	178	0,532	0,000	-2,199	0,053	1,494	0,095
	F	128	0,576	0,000	-1,841	0,054	1,344	0,097
T	M	152	0,558	0,000	-1,820	0,047	1,341	0,090
	F	89	0,494	0,000	-1,331	0,063	1,128	0,105

CH - chladné klima; **M** - mírné klima; **S** - subtropy; **T** - tropy; M - muži; F - ženy

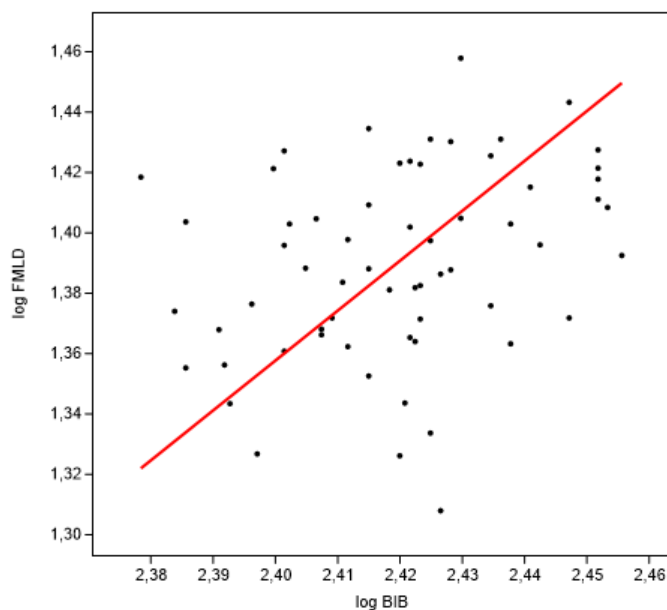
Chladné klima

Grafy 22 a 23 zobrazují bivariační vztahy proměnných BIB a FMLD mužů a žen z chladných klimatických zón. U mužů je vztah statisticky nevýznamný ($r = 0,196$; $p = 0,079$). U žen je vztah proměnných statisticky

významný, ale korelační koeficient je relativně slabý ($r = 0,312$; $p = 0,013$).



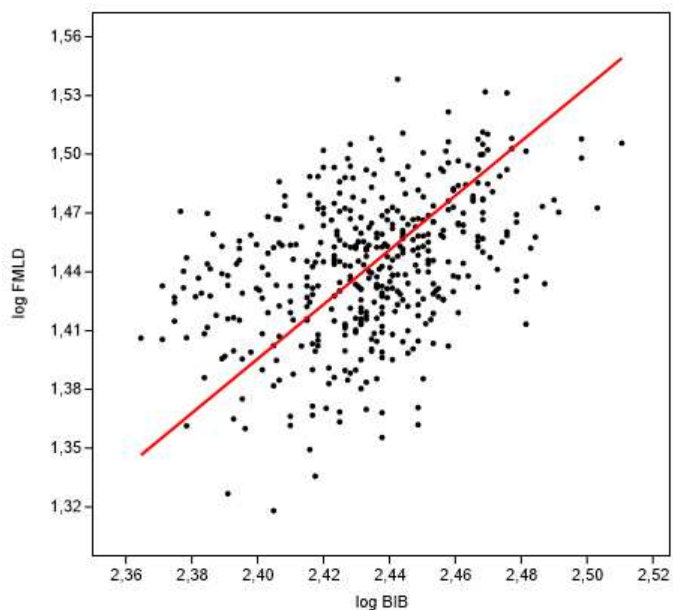
Graf 22. Regresní analýza pro BIB a FMLD u mužů v chladném klimatu



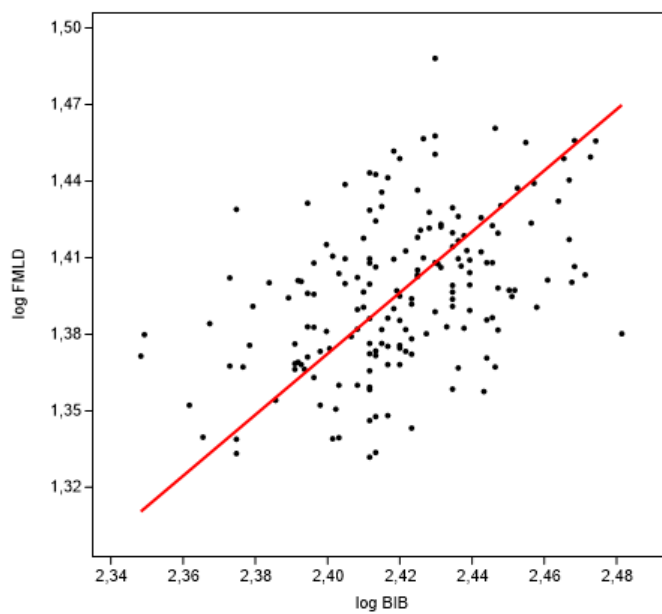
Graf 23. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v chladném klimatu

Mírné klima

Grafy 24 a 25 zobrazují bivariační vztahy proměnných BIB a FMLD u populací z oblastí mírných klimatických zón. U mužů je vztah proměnných vysoce významný a korelační koeficient je středně silný ($r = 0,417$; $p = 0,000$). Velmi podobný je výsledek i u žen ($r = 0,446$; $p = 0,000$).



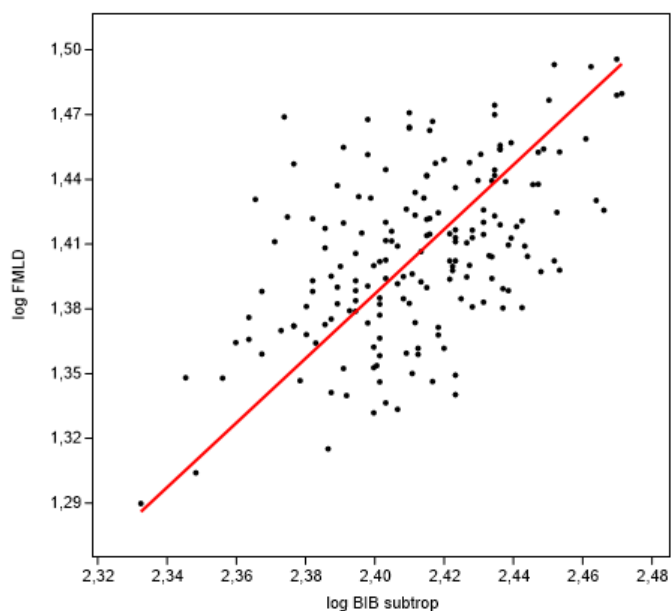
Graf 24. Regresní analýza pro BIB a FMLD u mužů v mírném klimatu



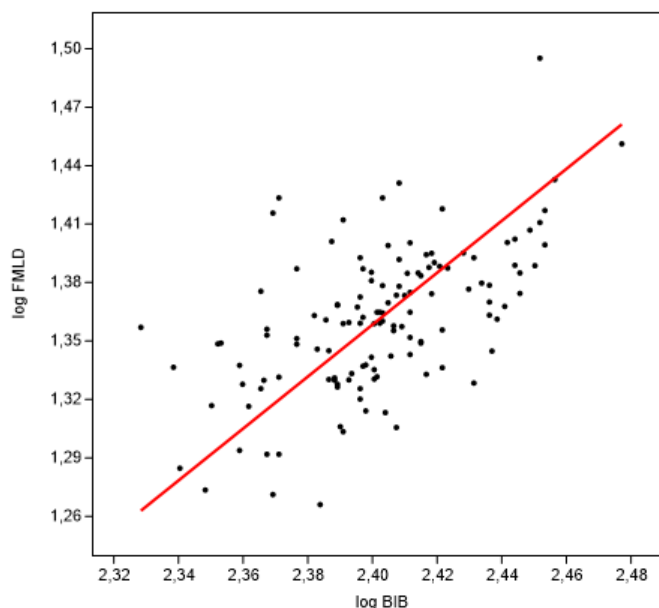
Graf 25. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v mírném klimatu

Subtropické klima

Grafy 26 a 27 zobrazují bivariační vztahy proměnných BIB a FMLD mužů a žen ze subtropických klimatických zón. U mužů i žen je vztah proměnných velice významný a korelační koeficienty jsou relativně silné ($r = 0,532$; $p = 0,000$); ($r = 0,576$; $p = 0,000$).



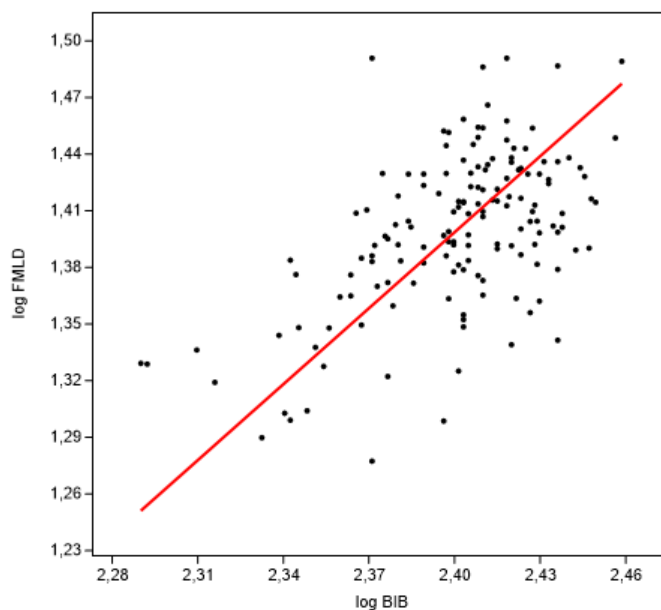
Graf 26. Regresní analýza pro BIB) a FMLD u mužů v subtropickém klimatu



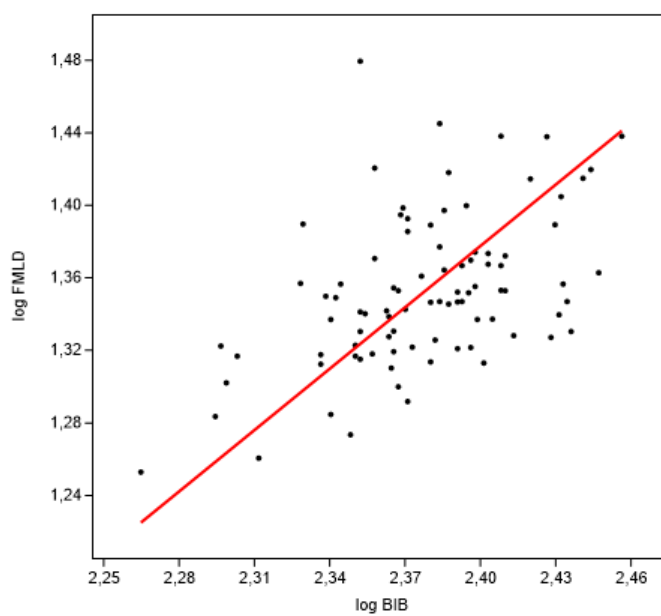
Graf 27. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v subtropickém klimatu

Tropické klima

Grafy 28 a 29 zobrazují bivariační vztahy proměnných BIB a FMLD mužů a žen z oblastí tropických klimatických zón. U mužů i žen je vztah proměnných opět velice signifikantní a korelační koeficienty také relativně silné ($r = 0,558$; $p = 0,000$); ($r = 0,494$; $p = 0,000$).



Graf 28. Regresní analýza pro BIB FMLD u mužů v tropickém klimatu



Graf 29. Regresní analýza pro BIB a FMLD u žen v tropickém klimatu

Výsledky pro proměnné šířky epikondylů stehenní kosti (FEB) a antero-posteriorní šíře v 50% délky těla stehenní kosti (FAPD) jsou uvedeny v přílohách 2 a 3. Rozměr FEB slouží spíše jako doplnění pro proměnnou šířku kondylů stehenní kosti (FAB) a i výsledky jsou velmi podobné ve vztahu k BIB. Na základě výsledků vztahu BIB a FMLD je zřejmé, že výsledky jsou významné a se zvětšující se BIB a zvětšuje i rozměr FMLD. Bylo však důležité prověřit, zda se stehenní kost (v 50% délky jejího těla) nezvětšuje i antero-posteriorně. Na základě výsledků korelační a regresní analýzy se tento vztah potvrdil. S bikristální šíří tedy nekoreluje jen medio-laterální šíře stehenní kosti (v 50 % délky těla), ale i antero-posteriorní šířka.

6 DISKUSE

Na základě výsledků je zřejmé, že vztah mezi bikristální šířkou a rozdílem mezi maximální a bikondylární šířkou stehenní kosti je významný u mužů z chladných klimatických zón. Nicméně u žen už tento vztah zřejmý není. U dalších klimatických zón, tj. mírného podnebí, subtropického i tropického, vztah mezi bikristální šíří a rozdílem dvou délek stehenní kosti evidentní není. Bikristální šíře se sice v různých klimatických zónách liší, avšak ne zcela podle očekávání. U populací z chladného pásma je pánevní šíře téměř totožná, ne-li užší než u populací z pásma mírného. To by mohlo být zdůvodněno skrze migrace, kdy chladné a extrémní klimatické zóny začali lidé obývat později a pomaleji. Data populací z chladných klimatických pásem pochází převážně z Aljašky a Aleutských ostrovů. Osídlení Aleutských ostrovů je spojováno s koncem doby ledové a nástupem holocénu, asi před osmi tisíci lety (Auerbach, 2008; Moran, 1981), nebo dle dalších autorů (West et al., 2010) v rozmezí třech až devíti tisíc let před současností. Aljaška byla osídlena pravděpodobně dříve, asi před osmnácti tisíci lety, migrací ze Sibiře, která nebyla osídlena o mnoho dříve (Auerbach, 2008). Vzhledem k tomu, že u dat není přesně známo, z jaké části holocénu kosterní nálezy pochází, je možné, že u těchto jedinců byl proces adaptace zahájen později. V takovémto případě se projevy adaptace na chladné klima nemusí nutně zapsat do kosterních pozůstatků. To by mohlo vysvětlovat proč se bikristální šíře a rozdíl maximální a bikondylární

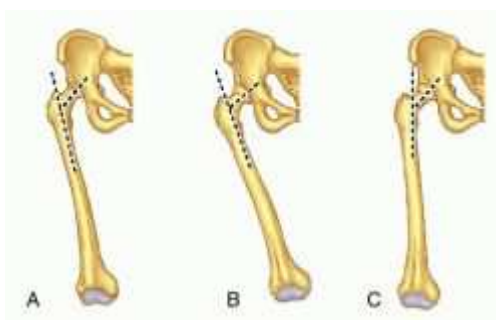
délky stehenní kosti směrem od mírného klimatu přes subtropy a tropy snižují, ale směrem od chladných klimatických zón k mírným se bikristální šíře i rozdíl maximální a bikondylární délky zvyšují (graf 1). Otázkou je, zda je osmnáct tisíc let (v případě Aleutských ostrovů jen osm tisíc let) dostatečně dlouhá doba na to se adaptovat, především co se týče morfologie pánevní kosti, u které je proces adaptace výrazněji pomalejší než např. u kostí končetin (Auerbach, 2008). Po odfiltrování dat mužů se zdá, že průměry žen (BIB) se od chladných klimatických zón až po tropické nepatrně snižují, avšak na základě analýzy ANOVA bylo zjištěno, že populace chladných a mírných klimatických pásů se od sebe navzájem významně neliší (graf 2, tabulka 3). Vzhledem k tomu, že asi třetinu dat populací chladných klimatických oblastí tvoří populace Aleutů, mohla tato data výsledek ovlivnit.

Míra pohlavního dimorfismu a porodní mechanismus u žen se během evoluce změnil (Ruff, 1994; Lovejoy, 1988; Rutová, 2005) (viz kapitola 3.2). S tím souvisí proces encefalizace mozku a následná potřeba rozšíření porodního kanálu u žen. Kvůli porodnímu mechanismu se změnila i morfologie kosti stehenní, konkrétně se zmenšil úhel krčku stehenní kosti (Ruff, 2005). Následkem je větší laterální inklinace stehenní kosti u žen, a proto byla očekávána korelace mezi bikristální šíří a rozdílem dvou délek stehenní kosti. Vztah těchto proměnných však u žen nebyl signifikantní ani v jedné z klimatických zón.

Obecně jsou všechny transversální rozměry na ženské pánvi větší než mužské (Čihák, 2001:283). Dolní ramena kostí stydkých u žen jsou štíhlé a sbíhají se v tupý úhel (*arcus pubicus*). To zabezpečuje jednodušší průchod hlavičky plodu. U mužů se dolní ramena stydkých kostí sbíhají v ostrém úhlu (*angulus pubicus*) (Čihák, 2001:283; Rutová, 2005). Můžeme předpokládat, že pánevní šíře u žen se nemusí významně lišit, protože u všech žen bez ohledu na klima bude adaptována kvůli porodu stejně. Nicméně na základě analýzy ANOVA bylo zjištěno, že se bikristální šíře s ohledem na klima liší (až na rozměry z mírných klimatických zón ve vztahu k chladným klimatickým zónám). To by mohlo být opět vysvětleno skrze kratší adaptaci populací z chladných klimatických zón. Dále např. Auerbach (2008) ve své práci zmiňuje, že klimatické faktory obecně, více korelují s morfologií těla u mužů než u žen, kdy ženy jsou na změny klimatu méně citlivé a to především ve vztahu k morfologii šířky pánve. Tento fakt ale funguje pouze u některých populací (např. Tennessee, Kalifornie, Florida) a bylo by třeba ho zkoumat komplexněji a na více populacích.

Dalším zkoumaným vztahem je vztah mezi bikristální šířkou a šíří kondylů (případně epikondylů). Vztah těchto proměnných je významný u žen i u mužů a to ze všech klimatických zón (mimo epikondylů u mužů z chladného prostředí). Se zvětšující se laterální inklinací stehenních kostí (obrázek 3), je kost zatížena pod úhlem a v pozdějších fázích ontogeneze pak vlivem tohoto zatížení (pod větším úhlem) pravděpodobně dochází k

zesílení kosti v medio-laterální rovině, což se projeví v šíři kondylů (i epikondylů). Mechanické zatížení zejména v ontogenezi ovlivňuje i velikosti artikulačních ploch a tvar kloubu, což se pravděpodobně projeví i ve tvaru kondylů a epikondylů. Je ale třeba vzít v úvahu i tělesnou hmotnost, která pozitivně koreluje s velikostí kloubních ploch u dolní končetiny a zatížení kosti (např. určitou prací či sportem) (Lieberman et al., 2001). Se zvětšující se šíří pánve se tedy zvětšuje i šířka kondylů, stejně tak epikondylů. Tímto se zabývá tzv. Wolffův zákon, který říká, že tvar kosti je tvořen interakcí s mechanickým prostředím. Kost se adaptuje na určité mechanické podněty, jako je právě zatížení stehenní kosti pod určitým úhlem. Není to ale tak jednoduché, je potřeba zvážit i vliv genetiky a plasticity fenotypu (Pearson a Lieberman, 2004). Mechanické zatížení stehenní kosti samozřejmě nebude ovlivněno jen šíří pánve, ale pravděpodobně i velikostí úhlu krčku stehenní kosti (kolodiafyzárním úhlem).



Obrázek 3. Zobrazení laterální inklinace stehenní kosti

(<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/coxa+vara>)

Podobný trend pak funguje i u medio-laterální šíře v 50% délky těla stehenní kosti. Ruff (2005), hovoří o větší laterální inklinaci stehenních kostí u žen (kvůli porodnímu mechanismu) a předpokládá tak větší tloušťku těla stehenní kosti. Toto tvrzení se potvrdilo u žen ze všech klimatických zón, nicméně rozměr pozitivně koreluje i s bikristální šíří u mužů. S větším medio-laterálním zatížením stehenní kosti má kost tendenci se funkčně adaptovat apozicí v příslušné rovině (Frisancho et al, 1970; Ruff, 1995; Trinkaus et al., 1994; Lieberman et al., 2001; Lieberman et al., 2001; Pearson a Lieberman, 2004; Ruff, 2005). Avšak tento trend nelze jednoznačně považovat za důkaz vlivu laterální inklinace stehenní kosti, protože kost se s rostoucí bikristální šíří rozšiřuje i antero-posteriorním směrem (viz příloha 3) a to opět u mužů i žen.

Asi nejdůležitějším faktorem negativního výsledku je absence dat již zmíněného kolodiafizárního úhlu krčku stehenní kosti a jeho délky. Tato data pro zpracováváný soubor naměřena nebyla a pravděpodobně by poskytla klíčové informace o vztahu bikristální šíře a rozdílu dvou délek stehenní kosti. Jak kolodiafizární úhel tak délka krčku ovlivňují inklinaci stehenní kosti (Ruff, 1995, 2005), což by pravděpodobně významně ovlivnilo výsledek výzkumu. Proto se zde otevírá celá řada otázek o vztahu pánevní a stehenní kosti. Např. zda by bikristální šíře pozitivně korelovala právě s kolodiafizárním úhlem a také s délkou krčku stehenní kosti a jaká by byla míra pohlavního dimorfismu, pokud by byl vůbec evidentní. Dále by bylo dobré hlouběji prověřit vztah šířky pánve s průřezy

těla stehenní kosti v 50 % jeho délky, a to jak v medio-laterální, tak v antero-posteriorní šíři. Antero-posteriorní šíře pozitivně korelovala s bikristální šíří u populací z tropických, subtropických a mírných klimatických zón, ale ne z těch chladných. U medio-laterální šíře byly výsledky podobné.

Výsledky by teoreticky mohly být ovlivněny také šíří stydké spony (*symphysis pubica*). Neexistence dat o šíři stydké spony, ale efektivně blokuje zohlednění této proměnné. Výzkum by musel být prováděn s daty z žijících jedinců pomocí CT snímků, kde by byla zobrazena pánev a celé kosti stehenní. Dalším faktorem, který by teoreticky ovlivnil výsledek je výška postavy, kterou u dat neznáme, nicméně podle Ruff (1994) je oproti jiným proměnným (šíře těla, hmotnost, atd.) korelace mezi výškou těla a zeměpisnou šířkou nejslabší ($r = 0,230$), což je zřejmé už během ontogeneze (Cowgill et al., 2012).

7 ZÁVĚR

Tato práce byla zaměřena na zkoumání vztahů pánevní a stehenní kosti. Vychází z teorií ekogeografických pravidel, konkrétně předpokladu, že v chladných oblastech budou mít lidé širší tělo (bikristální šíři) a naopak v teplých oblastech budou mít populace spíše tělo užší. Výzkum vycházel z předpokladu, že se tento fakt odrazí i na rozdílu dvou měřitelných délek stehenní kosti.

Prostřednictvím statistických analýz lze ve vztahu k těmto hypotézám vyvodit několik závěrů:

- 1) Bikristální šíře se v závislosti na klimatu opravdu liší, ale ne všude. Směrem od mírného klima po subtropické a tropické se snižuje. Potvrzuje se tedy Bergmannovo pravidlo. Rozdíl však není významný u mírného a chladného klima. I v analýze samotných žen jsou výsledky stejné. Toto by mohlo být vysvětleno skrze migrace, kdy lidé osidlující chladné oblasti nejsou na chlad adaptováni dostatečně dlouhou dobu, a tudíž se změny tolik neodrážejí na morfologii jejich pánve, která se adaptuje nejpomaleji.
- 2) Vztah bikristální šíře a rozdílu dvou délek stehenní kosti je významný pouze u populací z chladných oblastí, a to pouze u mužů. Ve všech ostatních klimatech není korelace významná. Závěr je takový, že z rozměru rozdílu maximální a bikondylární délky stehenní kosti nelze usuzovat na bikristální šíři. Rozdíl

maximální a fyziologické délky stehenní kosti je pravděpodobně ovlivněn i jinými rozměry, jako je délka krčku stehenní kosti a kolodíafyzární úhel.

- 3) Vztah bikristální šíře a rozdílu maximální a fyziologické délky stehenní kosti je (jak bylo zmíněno výše) významný pouze u populací z chladných klimatických oblastí, a pouze u mužů. Třetí hypotézu tak nemůžeme přijmout, protože vztah proměnných se nepotvrdil u žen.
- 4) Poslední hypotézu zamítáme, protože vztah bikristální šíře a rozdílu maximální a fyziologické délky stehenní kosti není u žen významný ani v jednom klimatickém pásu. To bychom mohli pravděpodobně vysvětlit skrze pohlavní dimorfismus ve vztahu k adaptaci, kdy ženy jsou méně citlivé na okolní prostředí (teplotní výkyvy). Dále by se pravděpodobně bikristální šíře u žen nemusela v takové míře lišit kvůli porodnímu mechanismu. Nicméně na základě výsledků analýzy ANOVA se bikristální šíře žen lišila (kromě populací chladných a mírných klimatických zón).

Podle rozdílu dvou měřitelných délek stehenní kosti tedy nemůžeme odhadovat šířku pánve. Je třeba prověřit vztah bikristální šíře a délky a úhlu krčku stehenní kosti, který by výsledky pravděpodobně ovlivnil a byl by pro odhad šířky pánve ze stehenní kosti možná klíčový.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

Agresti A, Finlay B. 1997. Statistical methods for the social sciences. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

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

Auerbach BM. 2008. Human skeletal variation in the New World during the Holocene: Effects of climate and subsistence across geography and time. PhD Dissertation. Baltimore: Johns Hopkins University School of Medicine. p 1107

Auerbach BM. 2012. Skeletal Variation Among Early Holocene North American Humans: Implications for Origins and Diversity in the Americas. *American Journal of Physical Anthropology* 149(4):525-536.

Beall CM, 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.

Berge Ch. 1998. Heterochronic Processes in Human Evolution: An Ontogenetic Analysis of the Hominid Pelvis. *American Journal of Physical Anthropology* 105(4):441-459.

Bergmann C. 1847. Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. *Göttingen Studien* 3(1):595-708.

Bräuer G. 1988. Osteometrie. In: Knußmann R. (Ed.). *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen, Volume I*, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. 160-232.

Bruzek J. 2002. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *American Journal of Physical Anthropology* 117(2):157-168.

Buckberry JL, Chamberlain AT. 2002. Age estimation from the auricular surface of the ilium. A revised method. *American Journal of Physical Anthropology* 119(3):231-239.

Cartmill M, Smith FH. 2009. *Human Lineage*. Wiley-Blackwell. N.J. 624 s.

Cowgill LW, Eleazer CD, Auerbach BM, Temple DH, Okazaki K. 2012. Developmental variation in ecogeographic body proportions. *American journal of physical anthropology*, 148(4), 557-570.

Čihák, Radomír 2001: *Anatomie 1*. Praha: Grada Publishing. 479 s.

Frisancho, AR, Garn SM, Ascoli W. 1970. Subperiosteal and endosteal bone apposition during adolescence. *Human biology*, 639-664.

Franciscus RG, Holliday TW. 1992. Hindlimb skeletal allometry in Plio-Pleistocene hominids with special reference to AL-288-1 ("Lucy"). *Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 22, 1–16.

Grine FE, Jungers WL, Tobias PV, Pearson OM. 1995. Fossil Homo Femur from Berg Aukas, Northern Namibia. *American Journal of Physical Anthropology* 97(2):151-185.

Holliday TW. 1997. Postcranial Evidence of Cold Adaptation in European Neandertals. *American Journal of Physical Anthropology* 104:245-258.

Holliday TW. 1999. Brachial and crural indices of European late upper paleolithic and mesolithic humans. *American Journal of Physical Anthropology* 130:374-384.

Holliday TW. 2012. Body Size, Body Shape, and the Circumscription of the Genus Homo. *Current Anthropology* 53:330-345.

- Holliday TW, Franciscus RG. 2009. Body size and its consequences: Allometry and the lower limb length of Liang Bua 1 (*Homo floresiensis*). *Journal of Human Evolution* 57, 253–257.
- Holliday TW, Franciscus RG. 2012. Humeral Length Allometry in African Hominids (sensu lato) with Special Reference to A.L. 288-1 and Liang Bua 1. *PaleoAnthropology*, 1–12.
- Katzmarzyk PT, Leonard WR. 1998. Climatic Influences on Human Body Size and Proportions: Ecological Adaptations and Secular Trend. *American Journal of Physical Anthropology* 106:483-503.
- Lieberman DE, Devlin MJ, Pearson OM. 2001. Articular surface area responses to mechanical loading: effects of exercise, age, and skeletal location. *American Journal of Physical Anthropology* 116:266-277.
- Lovejoy CO, 1988. Evolution of Human Walking. *Scientific American* 259 (5):118-125.
- Lovejoy CO, Meindl RS, Ohman JC, Heiple KG, White TD. 2002. The Maka femur and its bearing on the antiquity of human walking: applying contemporary concepts of morphogenesis to the human fossil record. *American Journal of Physical Anthropology* 119:97-133.
- Martin R. 1928. *Lehrbuch der Anthropologie in Systematischer Darstellung mit Besonderer Berücksichtigung der Anthropologischen Methoden für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende. Zweiter Band: Kraniologie, Osteologie. Second Edition. Jena: Gustav Fisher.*
- Mayr E. 1956. Geographical character gradients and climatic adaptation. *Evolution* 10:105-108.
- McHenry HM. 1992. Body size and proportions in early hominids. *American Journal of Physical Anthropology* 87(4):407-431.

- Moran EF. 1981. Human Adaptation to Arctic Zones. *Annual Review of Anthropology* 10:1-25.
- Pearson OM, Lieberman DE. 2004. The Aging of Wolff's "Law": Ontogeny and Responses to Mechanical Loading in Cortical Bone. *Yearbook of Physical Anthropology* 47:63-99.
- Phenice TW. 1969. A newly developed visual method of sexing in the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 30:297-301.
- Raxter MH, Auerbach, BM, Ruff, CB. 2006. Revision of the Fully technique for estimating statures. *American Journal of Physical Anthropology* 130:374-384.
- Ruff CB. 1994. Morphological Adaptation to Climate in Modern and Fossil Hominids. *Yearbook of Physical Anthropology* 37:65-107.
- Ruff CB. 1995. Biomechanics of the Hip and Birth in Early *Homo*. *American journal of physical anthropology* 98:527-574.
- Ruff CB. 2002. Variation in Human Body Size and Shape. *Annual Review of Anthropology* 31:211-232.
- Ruff CB. 2005. Mechanical determinants of bone form: Insights from skeletal remains. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions* 5: 202-212.
- Ruff CB. 2008. Femoral/humeral strength in early African *Homo erectus*. *Journal of Human Evolution* 54:383-390.
- Ruff CB. 2009. Body Size and Body Shape in early Hominis – Implications of the Gona Pelvis. *Journal of Human Evolution* 58:166-178.
- Ruff CB, Scott WW, Liu, AC. 1991. Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *American Journal of Physical Anthropology* 86(3):397-413.

Ruff, CB, Holt BM, Niskanen M, Sladek V, Berner M, Garofalo E, Tompkins D. 2012. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *American Journal of Physical Anthropology* 148(4):601-617.

Ruff CB, Higgins, R. 2013. Femoral Neck and Function in Early Hominis. *American Journal of Physical Anthropology* 150(4):512-525.

Rutová K. 2005. Antropologie porodu. Diplomová práce. Brno. 143 s.

Sjøvold, T. 1990. Estimation of stature from long bones utilizing the line of organic correlation. *Human evolution* 5.5:431-447.

Stini WA. 1974. Adaptive strategies of human populations under nutritional stress. In: Johnston, FE a Watts, ES. (eds.). *Biosocial Interrelations in Population Adaptation*: 19-40.

Suchey JM, Brooks B. 1990. Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Human Evolution* 5 (3):227-238.

Tilkens MJ, Wall-Scheffler C, Weaver TD, Steudel-Numbers K. 2007. The effects of body proportions on thermoregulation: an experimental assessment of Allen's rule. *Journal of human evolution*, 53(3):286-291.

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

Trinkaus E, Churchill SE, Ruff CB. 1994. Postcranial robusticity in Homo II: Humeral bilateral asymmetry and bone plasticity. *American Journal of Physical Anthropology* 93:1-34.

Vančata V. 2012. *Paleoantropologie a evoluční antropologie*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. 303 s.

Verlag, W. 2010. *Nový velký atlas světa*. Praha: Euromedia Group. 320 s.

Vokálek V, Janáčková M, Ščipák J. 1970. Atlas sveta. Praha: Slovenská kartografia.

Waldron T. 1987. The relative survival of the human skeleton: implications for palaeopathology. *Death, Decay and Reconstruction: Approaches to Archaeology and Forensic Science*, Manchester University Press, Manchester: 55-64.

Ward C. 2002. Interpreting the posture and locomotion of *Australopithecus afarensis*: where do we stand? *Yearbook of Physical Anthropology* 35:185-215.

Weaver TD. 2003. The shape of the Neandertal femur is primarily the consequence of a hyperpolar body form. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100.12: 6926-6929.

Weaver TD, Numbers KS. 2005. Does climate or mobility explain the differences in body proportions between Neandertals and their Upper Paleolithic successors?. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 14.6:218-223.

West D, O'Rourke D, Crawford MH. 2010. Origins and Settlement of the Indigenous Populations of the Aleutian Archipelag. *Human Biology* 82:481-486.

Wolpof MH, 1999. *Paleoanthropology*. New York: McGraw-Hill. 878 s.

Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. 663 s.

9 RESUMÉ

The pelvic breadth is an important parameter in terms of body proportions. It is population and sex specific and follows the ecogeographical rules – Bergmann's and Allen's Rules. Both of the ecogeographical rules are actually special cases of a more general relationship between surface area (SA) and body mass (BM). The ratio between the two (SA/BM) is maximized in warmer climates and minimized in colder climates. Assuming that all people hold their knees close together during the stance, their femur is more or less laterally inclined in its proximal portion. It means that the wider the pelvis is, the more pronounced lateral inclination of the femur we should be able to observe. The aim of my thesis, therefore, is to evaluate whether there is any relationship between the difference between femoral maximum (Fe1) and bicondylar lengths and the bi-iliac breadth (BIB). If there is any relationship found, the next aim is to determine whether we can reliably estimate the bi-iliac breadth from the morphology of the femur. The material used consists of the Goldman's osteological data set, which contains over 1500 individuals representing 44 populations. The populations are divided into four categories in relation to climate: tropic, subtropic, mild, and cold. They are also divided by sex. Besides femoral lengths and bi-iliac breadth, other variables representing femoral proportions were also analyzed (femur condylar and epicondylar breadths, femur 50% diaphyseal mediolateral and anteroposterior diameters). Data

were analyzed using descriptive statistics, analysis of variance (ANOVA), and regression analysis. Statistically significant correlation between the femoral lengths difference and bi-iliac breadth was found only for cold adapted men. The relationship has been found to be insignificant for other climate zones and all females. The bi-iliac breadth, however, correlates well with all the other variables (condylar and epicondylar breadths, femur 50% diaphyseal mediolateral and anteroposterior diameters) in all the climate zones. The principle result that we cannot reliably estimate bi-iliac breadth from the difference between maximum and bicondylar femoral lengths is probably due to unknown nature about the other variables that shape proximal femoral morphology (neck-shaft angle and neck length). Exploring the same questions with data on these two variables might be a fruitful future research venue.

10 PŘÍLOHY

10.1 Příloha 1

Tabulka 13. Korelační koeficienty pro BIB a FE1/FE2 ve čtyřech klimatických zónách

		n	r	r ²
CH	M	80	0,283*	0,080
	F	62	-0,151	0,023
M	M	432	-0,090	0,008
	F	177	-0,052	0,003
S	M	178	-0,099	0,010
	F	128	-0,136	0,019
T	M	152	-0,047	0,002
	F	89	-0,004	0,000

*korelace významnější než 0.05

Tabulka 14. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FE1/FE2 ve čtyřech klimatických zónách

Klima		n	r	p	úsek		sklon	
					parametr	S.E.	parametr	S.E.
CH	M	80	0,283	0,012	-0,183	0,000	0,077	0,008
	F	62	-0,151	0,242	0,191	0,001	0,078	0,010
M	M	432	-0,090	0,062	0,171	0,000	-0,069	0,003
	F	177	-0,052	0,493	0,227	0,000	0,092	0,007
S	M	178	-0,099	0,190	0,167	0,000	-0,068	0,005
	F	128	-0,136	0,125	0,213	0,000	-0,086	0,008
T	M	152	-0,047	0,567	0,140	0,000	-0,569	0,005
	F	89	-0,004	0,970	0,127	0,000	-0,052	0,006

CH - chladné klima; **M** - mírné klima; **S** - subtropy; **T** - tropy; M - muži; F - ženy

10.2 Příloha 2

Tabulka 15. Korelační koeficienty pro BIB a FEB ve čtyřech klimatických zónách

		n	r	r ²
CH	M	80	0,303**	0,092
	F	62	0,400**	0,160
M	M	432	0,443**	0,197
	F	177	0,415**	0,172
S	M	178	0,555**	0,309
	F	128	0,493**	0,243
T	M	152	0,567**	0,321
	F	89	0,455**	0,207

** korelace významnější než 0.01

Tabulka 16. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FEB ve čtyřech klimatických zónách

Klima		n	r	p	úsek		sklon	
					parametr	S.E.	parametr	S.E.
CH	M	80	0,303	0,007	-0,261	0,057	0,889	0,098
	F	62	0,400	0,001	-0,440	0,075	0,947	0,113
M	M	432	0,443	0,000	-0,474	0,011	0,978	0,042
	F	177	0,415	0,000	0,074	0,015	0,736	0,051
S	M	178	0,555	0,000	-0,363	0,020	0,934	0,059
	F	128	0,493	0,000	-0,351	0,029	0,912	0,071
T	M	152	0,567	0,000	-0,310	0,022	0,914	0,061
	F	89	0,455	0,000	-0,113	0,035	0,819	0,078

CH - chladné klima; **M** - mírné klima; **S** - subtropy; **T** - tropy; M - muži; F - ženy

10.3 Příloha 3

Tabulka 17. Korelační koeficienty pro BIB a FAPD ve čtyřech klimatických zónách

		n	r	r ²
CH	M	80	0,302	0,910
	F	62	0,046	0,002
M	M	432	0,405**	0,255
	F	177	0,255**	0,065
S	M	178	0,454**	0,206
	F	128	0,510**	0,260
T	M	152	0,378**	0,143
	F	89	0,210*	0,044

* korelace větší než 0.05

** korelace větší než 0.01

Tabulka 18. Výsledky regresní analýzy (RMA) pro BIB a FAPD ve čtyřech klimatických zónách

Klima		n	r	p	úsek		sklon	
					parametr	S.E.	parametr	S.E.
CH	M	80	0,302	0,065	-1,876	0,130	1,376	0,149
	F	62	0,046	0,723	-3,176	0,351	1,899	0,245
M	M	432	0,405	0,000	-1,940	0,022	1,395	0,062
	F	177	0,255	0,000	-1,849	0,056	1,343	0,098
S	M	178	0,454	0,000	-1,940	0,052	1,404	0,094
	F	128	0,510	0,000	-1,793	0,059	1,324	0,101
T	M	152	0,378	0,000	-1,577	0,052	1,256	0,095
	F	89	0,210	0,047	-1,496	0,091	1,211	0,127

CH - chladné klima; **M** - mírné klima; **S** - subtropy; **T** - tropy; M - muži; F - ženy