

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie
Katedra antropologie a genetiky člověka



Radka Firlová

**Spolehlivost metody navržené Klaes et al. (2012) k odhadu pohlaví podle pánevní
kosti na základě CT snímků pánve**

Diplomová práce

Školitel: doc. RNDr. Jaroslav Brůžek, CSc., PhD

Praha 2014

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 13. 8. 2014

.....

Radka Firlová

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. RNDr. Jaroslavu Brůžkovi, CSc.,PhD za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

Osnova

Abstrakt.....	7
Abstract.....	8
1. ÚVOD	9
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	10
2.1. Pohlavní dimorfismus	10
2.2. Přesnost a spolehlivost	17
3. URČOVÁNÍ POHLAVÍ Z KOSTERNÍHO MATERIÁLU	18
3.1. Morfoskopické přístupy.....	19
3.2. Metrické přístupy	24
3.3. Využití geometrické morfometrie k odhadu pohlaví	27
4. ZOBRAZOVACÍ METODY V ANTROPOLOGII.....	31
5. CÍLE PRÁCE.....	35
6. MATERIÁL	36
7. METODY	37
7.1. Metoda Phenice (1969).....	37
7.2. Modifikace - Metoda Klales et al. (2012).....	39
7.3. Statistické hodnocení.....	44
8. VÝSLEDKY.....	44
9. DISKUZE	54
10. ZÁVĚR.....	67
11. SEZNAM LITERATURY.....	68

Seznam příložených obrázků a tabulek

Přílohy I. - Obrázky

Obrázek 1: Křivky znázorňující dva pohledy na pohlavní rozrůznění. (A) Absolutní dimorfismus, (B) Nekompletní dimorfismus (převzato z Blackless et al. 2000).	11
Obrázek 2: Schéma jednotlivých sekcí ženské pánve a rotace hlavičky procházející pánví během porodu (převzato z Correia et al. 2005).....	15
Obrázek 3: Lokalizace <i>os pubis</i> v rámci kosti pánevní a určení anatomických rovin (převzato z Buikstra and Ubelaker 1994).	23
Obrázek 4: a) umístění landmarků (1 a 2) a semilandmarků na <i>incisura ischiadica major</i> b) umístění landmarků (3 a 4) a semilandmarků na ischiopubické části (převzato z González et al. 2009).	29
Obrázek 5: A) Pohled na levou pánevní kost, kde landmarky vymezují <i>os ilium</i> , <i>os pubis</i> a <i>os ischii</i> . B) Pohled na levou pánevní kost, kde byly landmarky použity na vymezení modifikované <i>os illium</i> , modifikované <i>os pubis</i> a ischiopubického komplexu. C) Pohled na levou pánevní kost s landmarky vymezujícími iliopubické komplex. D) Pohled na levou pánevní kost, kde landmarky ohraničují ilioischiatický komplex. E) Pohled na levou pánevní kost s landmarky pro celou <i>os coxae</i> (převzato z Bilgeld et al. 2012).	30
Obrázek 6: Grafické znázornění analýzy křivek na 3D modelu pánve. A) Analýza zakřivení <i>incisura ischiadica major</i> B) Analýza zakřivení <i>arcus / angulus pubicus</i> C) Analýza zakřivení velké pánve (převzato z Biwasaka et al. 2012).	33
Obrázek 7: Ukázka snímání rozměrů z pánevní kosti a z 3D modelu pánve. A) Rozměr definovaný na 3D modelu pánve mezi body SA a SS. B) Preacetabulární rozměr stydké kosti měřený přímo na <i>os coxae</i> . C) Postacetabulární délka sedací kosti měřená na 3D modelu (převzato z Chapman et al. 2013).	34
Obrázek 8: A-1) Ventrální oblouk na ventrálním povrchu ženské <i>os pubis</i> . B-2) Mírný hřeben na ventrálním povrchu mužské <i>os pubis</i> . C-3) Subpubická konkavita nahlížena z dorzální strany ženské <i>os pubis</i> a ischiopubické větve. D) Dorsální aspekt mužské <i>os pubis</i> a ischiopubické větve. E-4) Hřeben na mediální straně ženské ischiopubické větve. F-5) Široký mediální povrch na mužské ischiopubické větvi (převzato z Phenice 1969).	38
Obrázek 9: A) Správná orientace <i>os pubis</i> pro hodnocení ventrálního oblouku. B) Správná orientace pro hodnocení subpubické konkavity. C) Správná orientace pro hodnocení mediálního hřebínku (převzato z Klales et al. 2012).	39
Obrázek 10: Nákrasy jednotlivých stádií rozvoje znaků a ordinální skóre pro suppubickou konturu (první řada nákrasů shora), mediální hřebínek (řada uprostřed) a ventrální oblouk (řada dole) (převzato z Klales et al. 2012).	42
Obrázek 11: Fotografie jednotlivých stádií rozvoje znaků. Shora suppubická kontura, mediální hřebínek a ventrální oblouk (převzato z Klales et al. 2012).	43
Obrázek 12: (A) ROC křivka metody Phenice (1969). (B) ROC křivka metody Klales et al. (2012).	54
Obrázek 13: Část stydké kosti mladé, adolescentní ženy vykazující přítomnost prekursoru ventrálního oblouku. Pohled na ventrální stranu (převzato z Sutherland and Suchey 1991).	61
Obrázek 14: Část stydké kosti muže vykazující hřeben v místě výskytu ženského ventrálního oblouku, který může být lehce zaměněn za znak ženský. Pohled na ventrální stranu (převzato z Sutherland and Suchey 1991).	62

Přílohy II. – Tabulky

Tabulka 1: Pohlavní rozdíly lidské pánve (převzato z Stloukal et al. 1999).....	20
Tabulka 2: Morfologické charakteristiky pánve pohlavně determinující (převzato z Ferembach et al. 1979).	21
Tabulka 3: Znaky hodnotící pohlaví dle pánevní kosti (převzato z Brůžek 2002).	22
Tabulka 4: Sedmnáct vybraných rozměrů.	26
Tabulka 5: Počet jedinců v testovacím souboru (Phenice 1969).	39
Tabulka 6: Revidované morfoskopické znaky z původní studie Phenice (1969) a popis jejich jednotlivých variací na pětistupňové škále dle Klales et al. (2012).	41
Tabulka 7: Hodnoty intraobservační shody vypočtené na základě Cohenovy vážené kappy (Klales et al. 2012).	43
Tabulka 8: Klasifikační přesnost uvedena v procentech, vypočtena na základě logistické regrese pro znaky a jejich kombinace pro výsledky hodnocení jednoho zkušeného pozorovatele (převzato z Klales et al. 2012).	44
Tabulka 9: Hodnocení intraobservační chyby	45
Tabulka 10: Individuální hodnoty rozvoje tří morfologických struktur <i>os pubis</i> užívaných k odhadu pohlaví podle Phenice (1969) a Klales et al. (2012) v souboru virtuálních modelů francouzské recentní populace: I. hodnocení.	45
Tabulka 11: Individuální hodnoty rozvoje tří morfologických struktur <i>os pubis</i> užívaných k odhadu pohlaví podle Phenice (1969) a Klales et al. (2012) v souboru virtuálních modelů francouzské recentní populace: II. hodnocení.	49
Tabulka 12: Souhrnné výsledky statistického hodnocení intraobservační chyby, přesnosti, senzitivity a specifity metody Phenice (1969) a Klales et al. (2012).	53
Tabulka 13: Frekvence pozorování třech morfoskopických znaků na <i>os pubis</i> (převzato z Kelley 1978).	55
Tabulka 14: Frekvence pozorování pro možné kombinace znaků u stydké kosti (převzato z Kelley 1978). ..	56
Tabulka 15: Přesnost odhadu pohlaví u jednotlivých souborů (převzato z MacLaughlin and Bruce 1990). ..	57
Tabulka 16: Přesnost odhadu pro jednotlivý znak jakožto nezávislý indikátor pohlaví (převzato z MacLaughlin and Bruce 1990).	57
Tabulka 17: Přesnost odhadu pohlaví pro metodu Phenice (1969) a jednotlivé znaky. Srovnání zkušenějších a méně zkušených hodnotitelů na skotském skeletálním souboru (převzato z MacLaughlin and Bruce 1990).	58
Tabulka 18: Výsledky jednotlivých studií, které hodnotily přesnost metody Phenice (1969).	64

Abstrakt

Studie je primárně zaměřena na testování metod odhadu pohlaví z *os pubis*, kterou původně navrhl Phenice (1969) a kterou ve své práci modifikovali Klales et al. (2012). Tato modifikace pracuje s myšlenkou, že původní metodu Phenice (1969) lze zpřesnit rozšířením hodnotící škály tří morfoskopických znaků ze dvou hodnot – přítomný / nepřítomný, na pět vývojových stupňů. Naše práce předpokládá, že úspěšnost metody Phenice (1969) souvisí se stupněm pohlavního dimorfismu hodnocené populace a tedy, že rozšíření hodnotící škály nepovede ke zvýšení přesnosti metody a zároveň bude mít za důsledek snížení její reliability.

Nejprve byla hodnocena individuální intraobservační chyba metod Phenice (1969) a Klales et al. (2012) na vzorku 30 izolovaných pánevních kostí ze sbírky Katedry antropologie a genetiky člověka Univerzity Karlovy v Praze a teprve následně byl hodnocen celý testovací vzorek, který sestával z 200 třírozměrných modelů pánevních kostí vysegmentovaných z CT snímků dospělých jedinců současné francouzské populace. Na tomto souboru byla hodnocena intraobservační chyba pomocí Cohenovy kappy, přesnost, senzitivita a specifita pomocí chybové matice a vztah mezi specificitou a senzitivitou dané metody byl testován na základě ROC křivky a dle plochy pod výslednou křivkou (AUC – area under curve).

Výsledky ukazují, že metoda Phenice (1969) vykazuje dobrou intraobservační shodu mezi dvěma sadami hodnocení znaků a rovněž podstatnou míru přesnosti (85 %), metoda Klales et al. (2012) dosáhla při porovnání dvou sad hodnocení stupňů rozvoje znaku slabou intraobservační shodu a rovněž její přesnost byla nižší (83 %). Tyto závěry rovněž potvrzuje ROC analýza.

Výsledky tedy podporují naši hypotézu, tedy že metoda Klales et al. (2012) svým rozšířením hodnotící škály nedosáhne vyšší přesnosti a zároveň dojde ke snížení reliability, což souvisí s naším předpokladem, že úspěšnost metody Phenice (1969) souvisí zřejmě s úrovní pohlavního dimorfismu *os pubis* v dané populaci.

Klíčová slova:

Metoda Phenice (1969), *os pubis*, pohlavní dimorfismu, určování pohlaví, spolehlivost a přesnost metody

Abstract

The study is primarily focused on testing of the method which assesses sex from pubis. This method was originally proposed by Phenice (1969). Klales et al. (2012) modified this method in their study. They suggested to improve of the Phenice (1969) technique by extending the evaluation scale of three morphological traits from two values – present / absent to five development stage. Our study assumes that the success of Phenice (1969) method is related to the degree of sexual dimorphism of evaluated population. So the extension of evaluation scale will not lead to increased accuracy and will occur to decrease reliability of the method also.

Intraobserver error was evaluated for Phenice (1969) a Klales et al. (2012) methods on the sample of isolated pelvic bones from Department of anthropology and human genetics of Charles university in Prague in first time. After we evaluated the whole sample, which consist of 200 three-dimensional models of pelvic bones. These models were segmented from CT images of adult individuals from contemporary French population. This sample was statistically evaluated by Cohen kappa, accuracy, sensitivity and specificity using confusion matrix and relationship between specificity and sensitivity was tested by ROC curves and area under curve (AUC).

Results show that Phenice (1969) method shows good intraobserver agreement between two set of assessments of traits and also shows substantial degree of accuracy (85 %). Klales et al. (2012) method shows poor intraobserver agreement between two set of assessment of five-degree scale of development of traits and also accuracy was lower (83 %). The ROC analysis also confirms these conclusions.

Results confirm our hypothesis. Klales et al. (2012) method does not reach higher accuracy and also method's reliability is substantially decreased, so extending the evaluation scale will not lead to improvement Phenice (1969) technique. This conclusion is related to our assumption, that Phenice (1969) method's success is probably related to the degree of sexual dimorphism pubis of evaluated population.

Key words:

Phenice (1969) method, pubis, sexual dimorphism, sex assessment, the reliability and accuracy of method

1. Úvod

Přesnost a spolehlivost metod odhadu pohlaví je důležitá jak ve forenzní antropologii, tak v bioarcheologii (Buikstra and Ubelaker 1994). V současné době je stále publikována řada nových postupů a technik, které jsou navrženy k používání. Jejich testování je důležité a proto jsme se zaměřili na tuto otázku i v naší diplomové práci. Metoda Phenice (1969) je jednou z nejrozšířenějších a nejoblíbenějších technik odhadu pohlaví, o čemž svědčí množství odkazů napříč vědeckými internetovými databázemi.

První kapitola práce se věnuje samotné otázce konceptu pohlaví a pohlavního dimorfismu s ohledem na populační rozdíly. Vzhledem k zaměření tématu práce je zde věnován prostor pro detailnější vykreslení pohlavního dimorfismu pánve, s přihlédnutím k evolučním východiskům a v jisté míře i populačním diferencím. Rovněž je zde diskutována i statistická terminologie.

Druhá kapitola poukazuje na možnosti samotné pohlavní diagnostiky z hlediska různých metodologických přístupů. Zde si představíme jejich výhody a nevýhody a rovněž si ukážeme některé konkrétní metody morfoskopické, metrické či pohlavně diagnostické postupy pomocí geometrické morfometrie.

Ve třetí kapitole posuzujeme možnosti virtuální antropologie a zobrazovacích metod jakožto adekvátního nahrazení faktického kosterního materiálu a rovněž poukážeme na rozsah a možnosti analytických a statistických metod právě ve virtuálním prostředí.

Další kapitoly naší diplomové práce se již věnují praktickému experimentu, kdy na trojrozměrných modelech pánevních kostí dospělých jedinců současné francouzské populace hodnotíme přesnost a spolehlivost metody Klales et al. (2012), jež je modifikací původní metody Phenice (1969).

2. Teoretická východiska

2.1. Pohlavní dimorfismus

Dříve, než se budeme zabývat samotnou problematikou pohlavního dimorfismu, je nutné vymezit samotný obsah pojmu pohlaví. V nejobecnější rovině můžeme pohlaví zejména u savců chápat jako geneticky determinované. Kombinace chromozomu X a Y, která je zodpovědná za manifestaci pohlaví, byla objevena až na počátku 20. století Nettie Marie Stevens, která svůj závěr prezentovala v *Studies in Spermatogenesis*. (Brush 1978; Wessel 2011). Podstatným znakem je rovněž charakter gonády, vnitřního genitálu a vzhled vnějšího genitálu a součástí je také samotné psycho-sociální cítění jedince. Rozlišujeme tedy chromozomální (genetické), gonadální, genitální, hormonální a psychické pohlaví (Biaison-Lauber 2010; Blackless et al. 2000; Kříž 2007; Lee et al. 2006; Rey and Grinspon 2011). Můžeme tedy v rámci pohlaví oddělit dvě složky, a to *pohlaví biologické (sex)* a *pohlaví sociální (gender)*, které odkazuje k sociálně konstruovaným rolím jednotlivce (Dawson et al. 2011).

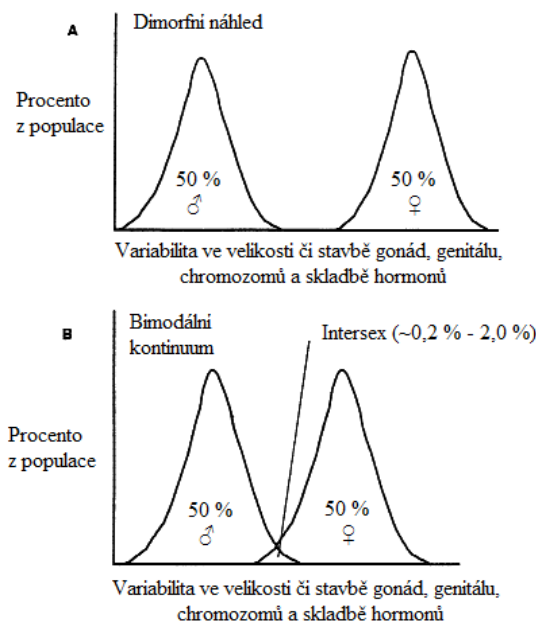
V naší práci se budeme zabývat pouze stránkou biologickou, přičemž musíme brát v úvahu samotnou povahu rozvoje fyzických pohlavních znaků. Sexuální diferenciaci je dána genetickou informací uloženou v buňkách člověka, tedy zda jedinec má chromozomální výbavu XX nebo XY (Blackless et al. 2000; Dawson et al. 2011; Kříž 2007; Rey and Grinspon 2011; Schafer and Goodfellow 1996). Typická genitální diferenciaci prochází celkem třemi stádii. První nediferenciovanou fází, ve druhé fázi dochází k vymezení geneticky podmíněných gonád, tedy ovárií nebo testes a třetí fáze zahrnuje vytvoření vnitřních a vnějších genitálií, nicméně zde již hraje roli přítomnost či nepřítomnost testikulárních hormonů (Rey and Grinspon 2011).

Ačkoliv se zdá výše popsáný průběh sexuální diferenciaci prostý, může v kterémkoli stádiu dojít k chybě a do té doby jasně vymezené alternativní povahy mužského a ženského pohlaví se počínají měnit. Mluvíme zde tedy o takzvaném intersexu, jehož příčiny jsou trojího typu. Za první se jedná o vliv chromozomálních aberací, za druhé o poruchy na úrovni žláz s vnitřní sekrecí a za třetí selhání citlivosti cílové tkáně na hormonální regulaci (Biaison-Lauber 2010; Blackless et al. 2000; Kříž 2007; Lee et al. 2006; Rey and Grinspon 2011). Konkrétně se jedná o poruchy SRY genu (sex-determining region Y gene), který je podstatný pro tvorbu testes (Biaison-Lauber 2010; Rey and Grinspon 2011; Schafer and Goodfellow 1996). Nebo o strukturální změny genů na autozomech, které přímo

souvisí s vývojem či správnou funkcí orgánů, jež mají vliv na správnou činnost pohlavního ústrojí. (Rey and Grinspon 2011).

Pohlavní hormony působí taktéž na rozvoj samotného skeletu, ale systémově a nepřímě. Pohlavní hormony u člověka přímo nepodporují tvorbu žádné specifické kostní struktury, nicméně pohlavní dimorfismus člověka je spojen se systémovým efektem tvořeným všemi kostními tkáněmi, což má za následek obecné rozdíly v celkové velikosti těla a jeho proporčnosti (Cabo et al. 2012).

Vzhledem k výše uvedenému nemůžeme pohlaví považovat za jakousi absolutní hodnotu alternativní povahy (muž, žena), spíše bychom měli pohlavní znaky konceptualizovat jako částečně se překrývající hodnoty (Blackless et al. 2000) (viz **Obrázek 1**). Z toho plyne, že pohlaví je vysoce variabilní kategorií a odchylky od dvou alternativních skupin v určitém znaku nejsou zase taková výjimka. Pro studium pohlavního dimorfismu a metod odhadu pohlaví je stěžejní premisa, že úspěšnost rozdělení jedinců na základě pohlavních znaků nemůže být absolutní, tedy 100% a rovněž absolutní shodu nemůžeme očekávat ani mezi genetickým a somatickým pohlavím. V konečném důsledku můžeme říci, že pohlaví člověka není tak jasně vymezenou kategorií, jak se na první pohled může zdát, avšak pro naše účely si biologické pohlaví vymežíme na základě normální genetické determinace.



Obrázek 1: Křivky znázorňující dva pohledy na pohlavní rozrůznění. (A) Absolutní dimorfismus, (B) Nekompletní dimorfismus (převzato z Blackless et al. 2000).

Tímto se dostáváme k problematice pohlavního dimorfismu. Přičemž antropologie se jím zabývá z různých důvodů. Například v rámci studia lidských populací se zaměřuje na určení pohlaví z lidských kosterních pozůstatků a bezprostředními příčinami variability pohlavního rozrůznění, jakým mohou být zdravotní stav či výživa (Plavcan 2011). Obecně můžeme říci, že lidé vykazují pohlavní dimorfismus v rámci své velikosti, tvaru těla a chování, nicméně samotný rozsah sexuálního dimorfismu se může notně lišit z hlediska populační variability (Frayner and Wolpoff 1985). Pohlavní dimorfismus můžeme tedy vyložit jako proporční různost (variabilitu) mezi pohlavími v některých jejich znacích. (Plavcan 2011).

Na příčiny a vývoj pohlavního dimorfismu je nahlíženo ze dvou základních perspektiv. Za prvé se jedná o ultimátní příčinnou souvislost, která spočívá v prezentaci pohlavního dimorfismu jako výsledku selekce, genetické adaptace na variety ekologických, sociální nebo ekonomických faktorů. Za druhé můžeme odlišit proximální příčinnou souvislost, která vidí pohlavní dimorfismus jako odpověď na nutriční stres nebo celkové zdokonalení rostoucího organismu vzhledem k prostředí, což objasňuje sekulární trendy, kdy dochází ke snižování sexuálního dimorfismu současných populací (Frayner and Wolpoff 1985). Kromě nich existují teorie, jež přisuzují evoluci sexuálního dimorfismu konkrétním úsekům genů vázaných na autozomech a gonozomech. Avšak otázkou zůstává, do jaké míry přispívají ke stávající genetické variabilitě pro dané znaky organismu a zda jsou proporční ke stupni sexuálního dimorfismu (Fairbairn and Roff 2006).

S ohledem na teorii ultimátní příčinné souvislosti je vztah rozsahu pohlavního dimorfismu a velikostí těla jednou z alternativ vztažených k teorii sexuální selekce (Frayner and Wolpoff 1985). Pohlavně dimorfní velikost těla si můžeme definovat jako statisticky signifikantní rozdíl v průměrné délce nebo váze pohlavně dospělého organismu dané populace v daném časovém rozpětí. Obecně existují dvě hlavní teorie, jež vysvětlují evoluci a udržování dimorfní velikosti těla. První předpokládá, že toto rozrůznění velikosti mezi pohlavími vyplývá ze selektivních faktorů, jež nejsou v přímém vztahu k prostředí, tedy se v podstatě jedná o Darwinovu teorii sexuální selekce. Druhý přístup se opírá o koncept přírodní selekce, tedy že dimorfismus je výsledkem interakce jednotlivých pohlaví s prostředím (Lovich and Gibbons 1992).

Obecně je poplatné, že muži jsou průměrně vyšší a těžší než ženy, což má za důsledek také delší a těžší kosti. Nicméně pro správné pochopení či analyzování pohlavní difference je

nutné brát v úvahu fyziologické, ekologické a evoluční důsledky a mít na paměti, že velikost těla hraje podstatnou úlohu ve všech těchto výše uvedených sférách. Nadto je velikost těla výsledkem činnosti gonadálních steroidních hormonů, a je plně znatelná a tedy i hodnotitelná až u dospělých jedinců, respektive až po období růstovém spurtu (Cabo et al. 2012).

V případě že se podrobněji podíváme na velikost těla z hlediska metrických dat, zjistíme, že vysoké ženy v podstatě sdílejí jednak mnoho metrických rozměrů tak i jisté kvalitativní charakteristiky s malými nebo průměrnými muži, toto samozřejmě platí i v opačném případě. Tento jev můžeme přičítat souvztažnosti mezi výškou a tělesnou hmotností, či spíše objemem svalové hmoty. Z čeho plyne, že muži se vyznačují výraznějšími kostními strukturami pro úpon svalů, avšak vysoké a robustnější ženy mohou tyto znaky manifestovat také. Rovněž je v tomto případě nutné brát v úvahu mezipopulační rozdíly, jelikož každá populace vykazuje rozdílnou průměrnou velikost těla (Cabo et al. 2012). Pro doplnění tématu je nutné zmínit dvě základní pravidla, jež podstatě souvisejí se sexuální variabilitou a to i v populačním kontextu. Jedná se o Bergmanovo pravidlo, jež pracuje se vztahem povrchu a objemu těla vzhledem k podnebí (Gustafsson and Lindenfors 2009) a o Renschovo pravidlo, které říká, že sexuální dimorfismus stoupá s velikostí těla u druhů, kde muži jsou průměrně větší. (Fairbairn 1997).

Pokud si shrneme všechny výše uvedené prvky, ovlivňující úroveň sexuálního dimorfismu, dospějeme k závěru, že se jedná o velmi komplikovaný problém s nesčetnými proměnnými ve výsledné rovnici. Za základ pohlavního rozruznění můžeme považovat samotnou činnost endokrinního systému. Hormony nepůsobí pouze na tvorbu vnitřních orgánů a svalů, ale rovněž se nepřímo podílejí na rozvoji kosterního aparátu. V čemž se odráží proporční různost mezi pohlavími, tedy jak bylo uvedeno výše, v průměru jsou vyšší muži, s čím souvisí i větší objem svalové hmoty a výraznější kostní struktury nutné pro úpony objemnějšího svalstva. Rovněž hledisko populační variability v souvislosti s různou zeměpisnou šířkou dokládá šíři a možnosti manifestace pohlavního dimorfismu.

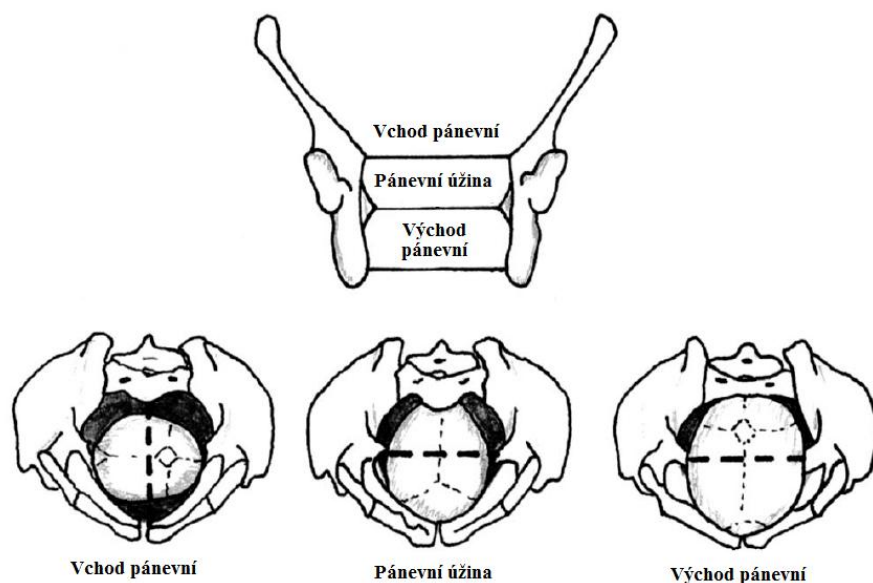
Zaměříme-li se nyní pouze na kostru člověka, v návaznosti na výše uvedené řádky, je jasné, že uvnitř každé populace se dospělý mužský a ženský skelet obecně liší jak ve své velikosti tak i tvaru. Tedy odhad pohlaví je založen jednak na měření daných dimorfních rozměrů, jako je například průměr hlavičky kosti stehenní nebo maximální faciální šíře, a jednak na pozorování morfologických znaků, u kterých je známo, že jsou u žen a mužů

rozdílné. Nicméně musíme mít stále na paměti, že schéma pohlavního dimorfismu se různí napříč lidskými populacemi. Z tohoto důvodu se metrické standardy vyvinuté v dané době a místě na příslušné populaci nedají aplikovat na vzorku obyvatelstva vzdáleném jak v lokaci, tak i v čase (Buikstra and Ubelaker 1994). Podobně jsou na tom i morfologické znaky, jež jsou typicky populačně specifické, nicméně toto tvrzení neplatí zcela pro kost pánevní (Brůžek and Murail 2006). Obecně můžeme tvrdit, že každá složka skeletu v určité menší či větší míře manifestuje znaky, či rozměry, které jsou spíše typické pro jedno nebo druhé pohlaví v závislosti na úrovni pohlavního dimorfismu v dané populaci.

Každá příručka pro studium kostry obsahuje kapitolu věnující se určování pohlaví ze skeletu. Povětšinou je rozdělena na hodnocení pohlaví metrickými a aspektivními metodami, další úrovní dělení jsou samotné kosti či komplex více kostí, přičemž obecně oddělujeme jako samostatné celky lebku, pánev a zbylé složky postkraniálního skeletu (Dirkmaat 2012; Stloukal et al. 1999). Ke každému kostnímu komplexu či samostatnému elementu existuje povětšinou více než jedna metoda, která s určitou přesností a spolehlivostí hodnotí pohlaví. Toto hodnocení se pohybuje na úrovni pravděpodobnosti, jelikož ve svém důsledku není určením pohlaví genetického ale somatického, jež vždy nemusí s genetických korespondovat. Tedy pohlaví z hlediska kosterní antropologie je stav skeletální soustavy, který vznikl během ontogenetického vývoje, a plně se rozvinul v dospělosti (Stloukal et al. 1999). Nicméně je nutné mít na paměti, že tyto konkrétní postupy pohlavní diagnostiky jsou založeny na faktické přítomnosti pohlavně dimorfních znaků na kostře. Vzhledem k zaměření celé práce je tudíž vhodné se podrobněji podívat na pohlavně dimorfní znaky kosti pánevní.

Fakt, že kost pánevní je částí skeletu, která poskytuje nejpřesnější a nejspolehlivější výsledky hodnocení pohlaví, je akceptován širokou vědeckou veřejností. To je důsledkem skutečnosti, že pánev je složkou lidské kostry, která vykazuje nejvyšší možnou míru sexuálního dimorfismu v rámci celého skeletu (Brůžek and Murail 2006). Nejmarkantnějším rozdílem je pravděpodobně velikost průměru malé pánve, jež je jako jediný rozměr průměrně větší u žen než u mužů. Což je samozřejmě výsledkem adaptace na porod. U obou pohlaví slouží pánev k pohybu, držení těla a uložení vnitřních orgánů, avšak u žen je navíc zahrnuta složka reprodukční, tedy ženská pánev je tvořena jako kompromis mezi lokomocí a porodem (Correia et al. 2005).

Abychom fyziologickým rysům pánve porozuměli v hlubších konsekvencích, je nutné pochopit jejich evoluci. U druhu *Homo sapiens* došlo ke vzpřímení postavy a tedy i k novému způsobu pohybu v terénu. Tento nový styl lokomoce vytvářel silný selekční tlak, který vedl k vývoji relativně úzké pánve, která měla za následek přesunutí váhy těla na dolní končetiny, čímž došlo ke zvýšení samotné efektivity pohybu. Nicméně u žen působil ještě jeden podstatný selekční tlak, a to porod. V případě že by pánev zůstala i u žen stejně úzká jako u mužů došlo by k významnému zvýšení rizika v průběhu porodu a ohroženo by nebylo pouze novorozence ale i samotná matka (Garvin 2012; Rosenberg and Trevathan 2002). Pokud se podíváme blíže na problematiku samotného porodu u druhu *Homo sapiens*, zjistíme, že velikost lebky rodivšího se dítěte (zralého plodu) a průměr malé pánve je téměř totožný. Existují dva faktory, jež jsou zodpovědné za tuto ne příliš jednoduchou situaci při porodu. Prvním z nich je větší velikost neurokránie u dítěte a druhou už výše zmiňovaná užší pánev, která je důsledkem zefektivnění bipedie. Proto se u lidského druhu vyvinul unikátní mechanismus porodu. Hlavička dítěte vstupuje do vchodu pánevního matky v transversální nebo šikmé poloze, nicméně když následně prochází pánevní úžinou, je na ní vyvíjen tlak příliš úzkými laterálními stranami průchodu a na tomto místě dochází k rotaci, při níž se dlouhá osa hlavičky dostává do anterioposteriorní polohy. V závěru kdy hlavička vystupuje z východu pánevního je její týl v anteriorní pozici (viz **Obrázek 2**) (Correia et al. 2005; Rosenberg and Trevathan 2002).



Obrázek 2: Schéma jednotlivých sekcí ženské pánve a rotace hlavičky procházející pánví během porodu (převzato z Correia et al. 2005).

Samotnou pánevní kost můžeme rozdělit celkem na tři morfologicko-funkční části. Za prvé se jedná o sakroiliakální část, která sestává z oblasti *facies auricularis ossis illi* a přilehlých struktur. Nejdůležitějším sexuálně diferentním znakem, jehož pohlavně určující charakter se s věkem zvyšuje je *incisura ischiadica major*. Za druhé je zde rozeznatelná část ischiopubická, jejíž pohlavně rozlišující tvar se začne rozvíjet s nástupem puberty a působením pohlavních hormonů, přičemž dochází u žen k otevírání subpubického úhlu a prodloužení *os pubis*, vzhledem k *os ischii*. Třetí částí je krajina acetabula, jež odráží samotnou prostorovou organizaci všech tří kostí, které zde srůstají a dotvářejí tak celkový konečný vzhled pánve. Všechny tyto výše uvedené úseky pánve svým výsledným tvarem u žen odrážejí jednak adaptaci na efektivní vzpřímenou chůzi a jednak na reprodukci, přičemž pánev jako celek není zatížena populačně specifickými charakteristikami. Nicméně v případě posuzování pouze jednotlivého segmentu z pánevní kosti může hrát velkou roli velikost, tedy populačně specifický rys (Brůžek and Murail 2006).

V důsledku separovaného hodnocení pohlavních znaků pouze na výše popsaných jednotlivých částech pánve, které rozhodně nemohou zastoupit celkový sexuální dimorfismus pánevní kosti, se dostáváme k problematice populačně specifických dimorfních znaků a s ní souvisejících referenčních souborů. Zde se zaměříme, na některé studie, které předpokládají existenci populačního rozdílu v souvislosti s pohlavním dimorfismem pánve.

Patriquin et al. (2003) ve své studii srovnávají na vzorku 400 párů pánevních kostí známého věku, pohlaví a etnické příslušnosti z kosterních sbírek Pretoria Collection a Dart Collection soubor pánevních morfologických charakteristik. Jejich výsledky poukazují na disproporce přesnosti hodnocení mezi původní populací jižní Afriky a populací přistěhovalých evropských osadníků. Konkrétně se například jedná o tvar stydké kosti, která vykazuje vyšší přesnost u populace evropské. Podobnou studii provedli také Steyn et al. (2004) na referenčním souboru 115 pánevních kostí známého pohlaví, věku a etnické příslušnosti ze sbírky Pretoria collection. Ti za pomocí metod geometrické morfometrie hodnotili profil *incisura ischiadica major* a zjistili, že průběh zářezu je shodný mezi ženami z obou populací a muži evropského původu. González et al. (2007) se ve své práci rovněž zabývali tvarem *incisura ischiadica major*, a navíc i ischiopubickou oblastí. Analýza byla provedena za pomocí metod geometrické morfometrie na populačním vzorku z jižní a severní Argentiny. Výsledky poukazují na to, že charakteristické tvary kostních

struktur jsou rozdílné u obou analyzovaných souborů, přičemž existuje markantní rozdíl v hloubce a šíři *incisura ischidica major*, délce kosti stydké, subpubické konkavitě a celkově ve stupni pohlavního dimorfismu. Na závěr rovněž studie Velemínská et al (2013) poukazuje na interpopulační i na intrapopulační variabilitu *incisura ischiadica major*, jež hodnotili pomocí analýzy hlavních komponent na Euroamerické a Hispánské populaci. Všechny výše uvedené příklady prací naznačují, že vyjádření sexuálně dimorfních znaků je populačně specifickou záležitostí. Tedy u tradičně aplikovaných morfologických znaků na pánvi, existuje statisticky významný rozdíl v rámci přesnosti hodnocení pohlaví v závislosti na populaci. A v souvislosti s tímto všechny studie prezentují význam populačně specifických standardů k zajištění co nejpřesnějších pohlavně diagnostických postupů.

S ohledem na výše uvedené příklady studií, které hodnotily jednotlivé pánevní struktury, je nutné podotknout, že z hlediska morfologie pánve můžeme rozlišit celkem 3 oddělené segmenty, jež různými způsoby manifestují pohlavní dimorfismus. Jedná se o sakroiliakální oblast, ischiopubickou oblast a acetabulum. Přičemž v rámci pohlavní diagnostiky je doporučováno, pokud je to možné, hodnotit všechny tyto tři úseky dohromady, jelikož v případě separovaného posuzování může dojít ke zkreslené klasifikaci vlivem populačně specifickým rozdílů, jak demonstrují výše uvedené studie. Metody, které jsou zaměřeny pouze na jednu část komplexu pánve, se potýkají s nižší přesností a spolehlivostí v souvislosti s jiným stupněm pohlavního dimorfismu napříč populacemi. Tedy, pokud posuzujeme pánevní kosti z různých geografických lokalit, jsou metody, které respektují hodnocení všech tří úseků dohromady úspěšnější než ty, které toto nečiní.

2.2. Přesnost a spolehlivost

Nejdůležitějším krokem při statistickém hodnocení je si definovat význam pojmů jako platnost, správnost, přesnost a spolehlivost metod. Termínem platnosti (*validity*) rozumíme s ohledem na oblast daného zájmu, tedy zda metoda měří skutečně to, co chceme, aby měřila (Hendl 2009; Řehák 1998). Co se dalších pojmů týče, pokud budeme vycházet z angličtiny, tak pojem přesnosti či správnosti (*accuracy*) můžeme definovat, jako vzdálenost měřené či počítané veličiny od její skutečné hodnoty, tedy konkrétně o míře oddělení obou pohlaví vyjádřené v procentech (Sokal and Rohlf 2009). Spolehlivost (*reliability*) metody je hodnocena na nezávislém vzorku jiné populace (Brůžek and Murail 2006). Za spolehlivost metody můžeme tedy považovat míru shody správnosti

v testovacím a testovaném souboru. Tedy pro stanovení míry reliability potřebujeme vždy opakovaná šetření. V souvislosti s tímto, může být metoda a její hodnocení současně neobjektivní, ale citlivé a může přinášet nesprávné, ale přesné hodnoty. Na druhou stranu necitlivá metoda může vést ke správným, ale nepřesným výsledkům (Sokal and Rohlf 2009).

Řešíme-li v rámci našeho výzkumu jeho metodologickou část, je tedy nutné vybrat takovou metodu, jež splňuje výše uvedené požadavky platnosti, přesnosti a spolehlivosti. Tedy kvalitně koncipovaná metoda, by neměla obsahovat pouze srozumitelný popis způsobu vlastní aplikace pro správné užití, ale rovněž statisticky zpracovaná data z testovacího souboru. Tyto údaje by měly být statisticky signifikantní a poskytovat procentuální míru validity a reliability zjištěné autorem na testovacím vzorku. Při popisu kvality pozorování musíme počítat se třemi zdroji variability. Zde řadíme náhodný efekt uvnitř systému, variabilitu mezi systémy a skutečnou chybu měření. Pokud se zaměříme na biologické obory je variabilita uvnitř systému a mezi systémy daleko větší než samotná chyba měření (Hendl 2009).

Rovněž důležitou součástí je samotná kvalita výzkumných dat. Ta se za prvé posuzuje z hlediska výběrových chyb, to znamená do jaké míry je daný soubor reprezentativní, tedy mluvíme o vztahu vybraného výzkumného souboru a cílové populace. Druhou složku tvoří chyba měření, která se ponejvíce posuzuje z hlediska validity a reliability (Řehák 1998). Pokud výše uvedená tvrzení zobecníme, tak vytvoření přesné, spolehlivé a platné metody pro hodnocení dat je závislé na samotné kvalitě souboru dat.

3. Určování pohlaví z kosterního materiálu

Přesnost a spolehlivost určení pohlaví má dvě základní omezení. Za prvé jde o kvalitu použité metody a za druhé o zachovalost a stupeň pohlavního dimorfismu skeletu. V souvislosti s tím, se u odhadu pohlaví z kosterního materiálu určuje míra pravděpodobnosti správného přiřazení, jelikož se nejedná o určení pohlaví genetického ale somatického z příslušných pohlavně dimorfních znaků. Tyto znaky však nenabývají dvě oddělné hodnoty, ale pohybují se na škále mezi dvěma krajními hodnotami (Stloukal et al. 1999). Tedy v případě kostry, mužské a ženské charakteristiky procházejí skrze kontinuum morfologických konfigurací a metrických hodnot. Izolace, interpretace a kvantifikace těchto znaků je základem pro kosterní analýzu (Loth and Henneberg 1996).

V následujících podkapitolách se budeme zabývat konkrétními přístupy a metodami určování pohlaví z pánve. Rozhodně se nejedná o souhrn veškerých vypracovaných postupů, spíše je zde kladen důraz na celistvé uchopení problematiky v rámci rozsahu možností užití daných přístupů a metod a jejich komparací.

3.1. Morfoskopické přístupy

Morfoskopické přístupy se opírají o hodnocení konkrétního dimorfního znaku kostry, přičemž je nutné znát jeho stupeň rozvoje, tedy jaké je procentuální zastoupení hodnocených kategorií u daného pohlaví a jaké je procento výskytu kategorií u pohlaví opačného. Na tomto základě se zjišťuje tedy míra vhodnosti znaku a posléze se může stanovit i jeho váha (Stloukal et al. 1999). Jedná se tedy o hodnocení validity. Na tomto principu v podstatě pracují metody založené na morfoskopickém hodnocení několika vybraných znaků.

Nicméně skopické hodnocení má jak určité výhody, tak i nevýhody, které musíme brát v úvahu při využívání jednotlivých metod. Nejvíce zdůrazňovaným problémem je poměrně dobrá zkušenost hodnotitele v souvislosti s morfologickou variabilitou hodnoceného znaku (Brůžek 2002; Brůžek and Murail 2006; Decker et al. 2011) s čímž dále souvisí vysoký stupeň objektivity v hodnocení a jeho nízká stálost. Jako výhodu můžeme vnímat, rychlost jejich užití a použitelnost v případě relativního poškození kosti (Brůžek 2002), navíc sexuálně dimorfní znaky jsou relativně snadno detekovatelné, nicméně ne už tak snadno měřitelné (Walker 2008).

Je obecně přijímáno, že pánev je část skeletu, která poskytuje přesné a spolehlivé výsledky pro určování pohlaví. To je dáno tím, že pánev je nejvíce dimorfní prvek lidské kostry, což je důsledkem rozdílných biologických funkcí u mužů a žen, čemuž jsme se věnovali v kapitole výše (Brůžek and Murail 2006; Dawson et al. 2011; Garvin 2012). Na jednotlivých pánevních kostech i na pánvi jako celku je celá řada pohlavně dimorfních hodnotitelných znaků (viz **Tabulka 1**), na jejichž základě jsou vytvářeny pohlavně diagnostické metody, přičemž je nezbytné, aby konkrétní metody užívaly omezený počet těchto znaků, jelikož jejich větší počet nepřináší vyšší přesnost, ale spíše se technika stává časově náročnou s nepotřebnými výsledky (Brůžek and Murail 2006).

Tabulka 1: Pohlavní rozdíly lidské pánve (převzato z Stloukal et al. 1999).

Znak	Muži	Ženy
pánev	masivní, hrubý povrch	gracilní, hladký povrch
tvár pánve	nálevkovitý, vertikálně orientovaný	předozadně oploštělý horizontálně orientovaný válec
vchod do malé pánve	srdečný s vyčnívajícím promotoriem	ledvinovitý
subpubický úhel	ostrý (70 - 75 stupňů)	se široce otevřenými větvemi (90 - 95 stupňů)
symfýza	vysoká	nizká
tělo stydké kosti	trojúhelníkovité	čtyřúhelníkovité
ischiopubická větev	náhlé vytočení v crista phalica	mírně a plynule vytočena
tvár incisura ischiadica major	užší, hlubší, asymetrická, tvar obráceného J	mělká, ramena se rozbíhají v široké symetrické V
tuberculum piriformis	vytvořeno	zřídka vytvořeno
tvár facies auricularis	ramena svírají ostřejší úhel, často zasahuje na S2	menší, často zasahuje na S3
zaškrcení dolního ramena facies auricularis	není zaškrcení	zaškrcení přítomno
arc composé	přední okraj facie auricularis plynule navazuje na oblouk velkého sedacího zářezu	oba oblouky se v prodloužení protínají
spina ischiadica	plošně hranatá	hrotnatá
foramen obturatum	velký, oválný s delší vertikální osou	menší, trojúhelníkovitý
sulcus preauricularis	úzký s rovnoběžnými hranami	hluboký, široký s růžencovitě uspořádanými jamkami oddělenými navzájem septy
acetabulum	velké, směřuje laterálně, průměr přibližně rovný délce stydké kosti	malé, směřuje anterolaterálně, průměr menší než délka stydké kosti
crista iliaca	výrazně esovitě zakřivení	méně esovitě zakřivená, více obloukovitá

Samotná metoda musí obsahovat i způsob hodnocení vybraných kategorií znaků, popřípadě i jejich váhu ve výsledném hodnocení pohlaví. Přičemž je důležitý fakt, že jednotlivé znaky nemohou být samostatně stejně pohlavně-diagnosticky přesné jako jejich soubor (Garvin 2012; Novotný 1981). Každá metoda vybírá určitý soubor znaků, které považuje za určující pro vyjádření pohlavního dimorfismu dvou odlišných segmentů pánve, tedy oblasti sakroiliakální a oblasti ischiopubické, přičemž nižší stupeň sexuálního dimorfismu jedné funkční části může být kompenzován vyšším stupněm dimorfismu jiné části pánve (Brůžek 2002; Brůžek and Murail 2006; Stloukal et al. 1999).

V následujících odstavcích si představíme známé a poměrně často užívané metody odhadu pohlaví z pánve, za účelem konkretizace výše uvedených obecně specifikovaných vlastností kvalitních metod. První z nich jsou Evropská doporučení (Ferembach et al. 1979), jež hodnotí celkem 11 znaků s přiřazenou váhou na pětistupňové škále (viz **Tabulka 2**). Následně se vypočte sexualizační index, tedy váha znaku násobena příslušnou hodnotou na škále, který je následně dělen součtem vah užitých znaků. Podobným způsobem Acsádi and Nemeskéri (1970) ve své práci hodnotili celkem deset pánevních znaků: *sulcus preauricularis*, *incisura ischiadica major*, *angulus subpubicus*, *arc coposé*,

os coxae, foramen obturatum, corpus ossis ischii, crista iliaca, fossa iliaca, pelvis major. Brůžek (1991) hodnotil dle této metody 8 znaků izolované pánevní kosti, přičemž spolehlivost metody stanovil na 93 %.

Tabulka 2: Morfologické charakteristiky pánve pohlavně determinující (převzato z Ferembach et al. 1979).

Znak	Váha	Hyperfeminní -2	Feminní -1	Neutrální 0	Maskulinní +1	Hypermaskulinní +2
Sulcus preauricularis	3	Hluboký, dobře ohraničený	Méně hluboký, ohraničený	Střední rozvoj	Mírné rozvinutí	Chybí
Incisura ischiadica major	3	Velmi široká, tvar U	Široká, tvar U	Přechodný typ	Tvar V	Uzavřený, zřetelný tvar V
Angulus pubis	2	Velmi tupý úhel	Tupý až téměř pravý úhel	Pravý úhel	Ostrý úhel	Velmi ostrý úhel, až tvar A
Arc composé	2		Dvojitý		Jednoduchý	
Os coxae	2	Nizká, široká, s otevřenými kyčelními lopatami a slabým svalovým reliéfem	Slabě vytvořené ženské znaky	Přechodný typ	Slabě vytvořené mužské znaky	Vysoká, úzká, se zřetelným svalovým reliéfem
Foramen obturatum	2	Ostré hrany, trojúhelníkový tvar	Trojúhelníkový tvar	Nevyhraněná forma	Oválný	Oválný, zaoblené hrany
Corpus ossis ischii	2	Úzké s nenápadným tuber ischiadicum	Úzké	Střední	Široké	Velmi široké s nápadným tuber ischiadicum
Crista iliaca	1	Velmi ploché esovitě zakřivení	Ploché esovitě zakřivení	Střední	Silné esovitě zakřivení	Velmi silné esovitě zakřivení, výrazný tvar S
Fosa iliaca	1	Velmi mělká a široká	Mělká a široké	Středně mělká a středně široká	Hluboká a úzká	Velmi hluboká a velmi úzká
Pelvis major	1	Velmi široká	Široká	Střední	Úzká	Velmi úzká
Pelvis minor	1	Velmi široká, oválná	Široká, oválná	Středně široká	Úzká, srdcovitého tvaru	Velmi úzká, srdcovitého tvaru

Brůžek (2002) hodnotí na pánvi dohromady pět znaků v souvislosti s funkční morfologií pánve, přičemž u některých znaků uvádí tři stupně jeho rozvoje (viz **Tabulka 3**). Preaurikulární oblast, *incisura ischiadica major* a *arc composé* se váží k pohlavně specifické adaptaci sakroiliakálního komplexu na bipedii. Inferiorní okraj pánve a vzájemné proporce *os ischii et pubis* reflektují morfologické přizpůsobení ženské pánve k reprodukci v rámci celého ischiopubického komplexu. Převaha ženských forem výše zmiňovaných znaků ukazuje na pohlaví ženské a převaha mužských forem na pohlaví mužské. Tato metoda byla navržena na vzorku 402 jedinců známého pohlaví z francouzských a portugalských sbírek z časového horizontu počátku 19. století až první poloviny století dvacátého a při užití všech pěti znaků se její přesnost pohybovala v rozmezí 93 – 98 %. Listi and Bassett (2006) hodnotily příslušnou metodou vzorek 876 levých pánevních kostí současné americké populace ze sbírek univerzity Tennessee, Terryho anatomické sbírky Národního muzea přírodní historie Washington a Donatovy

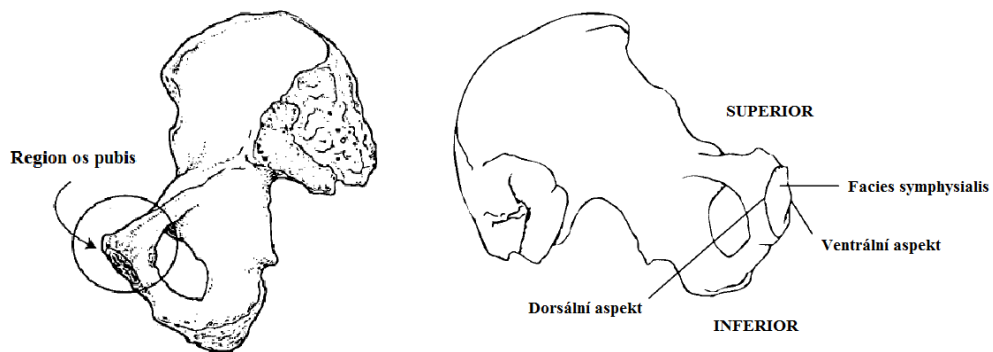
sbírky Státní univerzity v Louisianě. Přičemž stanovily spolehlivost metody mezi 90 – 92 %.

Tabulka 3: Znaky hodnotící pohlaví dle pánevní kosti (převzato z Brůžek 2002).

Znak	Charakter znaku	Pohlavní charakteristika	Pohlavní formy
Preaurikulární oblast	Rozvoj negativního reliéfu	dobře ohraničené hluboké deprese (jamky)	ženské
		přechodná forma	nespecifické
	Výskyt žlábků nebo jamek	hladný nebo jemný negativní reliéf	mužské
		uzavřené žlábků nebo jamky	ženské
		přechodná forma	nespecifické
		otevřené deprese	mužské
Rozvoj pozitivního reliéfu	nepřítomnost hrbolku	ženské	
	přechodná forma	nespecifické	
Incisura ischiadica major	Proporce délky zářezu	přítomnost hrbolku nebo výčnělku	mužské
		posteriorní tětíva segmentu (AC) je delší nebo rovna anteriorní tětívě segmentu (CB)	ženské
	Celkový typ kontury zářezu	přechodná forma	nespecifické
		posteriorní tětíva segmentu (AC) je kratší než anteriorní tětíva segmentu (CB)	mužské
		symetrický průběh vzhledem k nejhlubšímu bodu zářezu	ženské
		přechodná forma	nespecifické
	Typ posteriorní kontury	asymetrický průběh vzhledem k nejhlubšímu bodu zářezu	mužské
		kontura posteriorní tětivy nekříží kolmou linií	ženské
		přechodná forma	nespecifické
		kontura posteriorní tětivy kříží kolmou linií	mužské
Arc composé	Vztah mezi obrysem incisura ischiadica major a obrysem facies auricularis	dvojitá křivka	ženské
		přechodná forma	nespecifické
		jednoduchá křivka	mužské
Inferiorní okraj pánve	Celkový tvar okraje	vnější everze	ženské
		přechodná forma	nespecifické
	Přítomnost / absence crista phalica	přímý průběh mediální části	mužské
		crista phalica zcela chybí nebo je pouze jemně naznačena	ženské
		přechodná forma	nespecifické
		jednoznačná přítomnost crista phalica	mužské
Vzhled ischiopubické větve	gracilní	ženské	
	přechodná forma	nespecifické	
	robustní	mužské	
Ischiopubický komplex	Vztah délky os pubis a os ischii	os pubis je delší než os ischii	ženské
		přechodná forma	nespecifické
		os ischii je delší než os pubis	mužské

Pánevní kost je tvořena kosti kyčelní, sedací a stydkou a vytváří jednu pánevní kost, která je s druhou kostí pánevní spojena prostřednictvím spony stydké a kosti křížové, což tvoří kostěnou pánev. (Stloukal et al. 1999). Důležitou strukturou je *os pubis*, která se skládá

ze tří úseků: *corpus ossis pubis*, *ramus superior* a *ramus inferior ossis pubis* (viz **Obrázek 3**). Na kost stydkou jako na spolehlivý indikátor pohlaví se zaměřil ve své studii Phenice (1969), kde stanovil pohlavně dimorfní hodnotící znaky. Tyto znaky jsou však odečitatelné až v dospělosti, kdy dochází k plnohodnotnému rozvoji pohlavního dimorfismu této struktury. Nicméně samotná *os pubis* není pohlavním dimorfismem pánve samotné, je pouze její součástí a doplňuje celkový vzhled pohlavního dimorfismu *os coxae*. Na tuto metodu se kriticky zaměříme v následujících oddílech naší práce.



Obrázek 3: Lokalizace *os pubis* v rámci kosti pánevní a určení anatomických rovin (převzato z Buikstra and Ubelaker 1994).

Všechny výše vybrané příklady metod zabývajících se morfoskopickým odhadem pohlaví dle pánve měly demonstrovat praktický přístup k problematice pohlavně dimorfních struktur. Autoři pohlavně diagnostických metod jsou si dobře vědomi jejich charakteristického tvaru u žen a mužů, nicméně jak bylo řečeno dříve, jeden daný znak se pohybuje na škále mezi dvěma krajními hodnotami. Z tohoto důvodu je nutné vybrat takový soubor znaků, které jsou schopny reprezentovat pohlavní dimorfismus pánve celostně, či v nutných případech pouze jedné z kostí. Z praktického hlediska můžeme říct, že pohlavní diagnostika celého skeletu přináší 100% přesnost určení pohlaví, hodnocení celé pánve dosahuje 95% přesnosti (Krogman 1962), pokud tyto údaje srovnáme pouze s hodnocením stydké kosti, respektive metodou Phenice (1969), která vykazuje míru přesného určení pohlaví mezi 59 – 96 % (MacLaughlin and Bruce 1990; Phenice 1969) dojdeme k závěru, že stydká kost nemůže zastoupit celý pohlavní dimorfismus pánve a toto rovněž platí pro jednotlivé znaky, což si rovněž můžeme demonstrovat na metodě Phenice (1969). MacLaughlin and Bruce (1990) ve své studii prezentují procentuální přesnost pro jednotlivé znaky, kdy ventrální oblouk dosahuje 45 – 65%, subpubická konkavita 72 – 87% a mediální hřebínek 56 – 61% míry přesnosti. Tedy kombinace více znaků

či hodnocení pánve jako celku přináší vyšší míru správného přiřazení pohlaví (Brůžek 2002; Krogman 1962).

3.2. Metrické přístupy

Metrické přístupy se opírají o základní pravidlo pohlavního dimorfismu, tedy že uvnitř každé populace jsou průměrně větší muži než ženy. Přičemž se v případě jednorozměrové analýzy může užít pouze jeden rozměr nebo více rozměrů, pokud je užitá vícerozměrová analýza (Garvin 2012). Jelikož se ale stupeň sexuálního dimorfismu liší napříč populacemi, tak i samotné metody jsou navrženy na konkrétním populačním vzorku, tedy jejich užití je omezeno právě jenom na ně (Brůžek and Murail 2006; Garvin 2012). Samotný postup metrického hodnocení je založen na určení minimální a maximální hodnoty daného znaku u obou pohlaví a stanovení dělicí hranice pro danou populaci. Nejlepších výsledků dosahuje dělicí hodnota, která je umístěna mezi pásmo feminních hodnot překrývajících se s mužskými a pásmo maskulinních hodnot překrývajících se s ženskými hodnotami, přičemž čím je pásmo překrývání menší, tím je znak a jeho míra přesnosti vyšší (Stloukal et al. 1999).

Pokud se v rámci metrických přístupů zaměříme na hodnocení pánve, vyvstane otázka, zda zde platí stejný předpoklad jako u morfoskopického hodnocení, tedy že pánev nepodléhá populačně specifickým rysům nebo v případě osteometrického hodnocení pánve musíme zohledňovat populační příslušnost jedince. Steyn and Patriquin (2009) se tímto problémem zabývali ve své práci. Na soubor 193 jedinců z Kréty, 199 původních obyvatel jižní Afriky a 200 potomků přistěhovalců aplikovali celkem 7 rozměrů: délku *os pubis*, délku *os ischii*, celkovou výšku pánve, šířku *os illium*, šířku a hloubku *incisura ischiadica major* a průměr acetabula. Z jejich studie vyplývá, že pro pánev není až tak podstatné užití populačně-specifických rovnic pro určení pohlaví.

Nicméně existuje řada prací, které naopak akcentují potřebu populačně specifických studií. Již práce Howellse (1964) je zaměřena na vytvoření populačně specifické diskriminační funkce na základě sbírky pánevních kostí lékařské fakulty v Paříži (dnes uložené v le Musée de l'Homme v Paříži jako Olivierova kolekce). Celkem Howells užil 6 rozměrů pánevní kosti: výška *incisura ischiadica major*, šířka těla sedací kosti, šířka těla stydké kosti, rozdíl mezi body SS a SA, které definují pozici *facies auricularis* k *incisura ischiadica major*, délka *os ischii* a délka *os pubis*. Na základě těchto rozměrů vytvořil diskriminační rovnici, která správně odděluje pohlaví s 95 % mírou přesnosti. Jeho rovnice

však nikdy nebyla použita z důvodů numerické chyby v koeficientu diskriminační funkce (Brůžek 1991).

Kimura (1982) na vzorku pravých pánevních kostí 103 Japonců, 102 Američanů evropského původu a 97 Afroameričanů hodnotil celkem tři pohlavně dimorfní rozměry, a to délku *os pubis*, délku *os ischii* a šířku *os illi*, a tři indexy z těchto rozměrů. Pro každou populaci vytvořil specifickou diskriminační rovnici a dospěl k závěru, že nejmenší překryv mezi muži a ženami u všech třech populací vykazuje ischio-pubický index, přičemž u Američanů evropského původu je pouze 5,9 %, následován 7,2 % překlenutím u Afroamerické populace a celých 7,8 % u Japonců s mírou spolehlivosti mezi 91 – 94 %. Nicméně Dixit et al. (2007) hodnotili několik metrických údajů, včetně ischio-pubického indexu na 100 pánevních kostech neznámého pohlaví indické populace, přičemž pohlaví stanovil na základě devíti morfologických znaků. Dospěl k závěru, že ačkoliv je ischio-pubický index dobrým indikátorem pohlaví, v případě této populace má významnější roli šířka acetabula a indexy vyplývající z této hodnoty. Na základě acetabulo-pubického indexu hodnotili Nagesh et al. (2007) celkem 67 pánevních kostí jiho-indické populace známého pohlaví a výsledná míra spolehlivosti se pohybovala pouze na úrovni 81 % pro ženy a 83 % pro muže.

Metrické studie kosti pánevní na vzorku řecké populace prováděli Steyn a İşcan (2008), kteří se zabývali hodnocením 192 pánví známého pohlaví z krétské sbírky. Celkem provedli 17 měření, na základě kterých sestavili diskriminační rovnici, rozdělení touto rovnicí vykazovalo 95 % míru přesnosti. Přičemž autoři považují oblast *os pubis* a *os ischii* za nejvíce sexuální dimorfní. Papaloucas et al. (2007) rovněž metricky hodnotili pánev i společně s kosti stehenní na souboru 200 jedinců známého pohlaví ze sbírky Univerzity v Aténách. Celkem použili 3 rozměrů pánve, rozměr hlavice stehenní kosti a 2 poměry těchto délek. Pokud se hodnotí rozdělení pohlaví dle jednotlivých rozměrů tak se míra přesného určení pohybuje od 60 – 95 %, ale v případě poměru vzdálenosti *tuberculum pubicum* k anteriornímu okraji acetabula a průměru acetabula se míra přesnosti zvýší na 99 %.

Na jihoafrické populaci, Patriquin et al. (2005) určovali pohlaví na souboru 400 jedinců původního obyvatelstva a potomků evropských přistěhovalců známého pohlaví ze sbírky v Pretorii a Dartovy kolekce. Hodnotili celkem 9 rozměrů pánevní kosti. Výsledek diskriminační analýzy poukazuje na rozdíly mezi těmito populacemi, jelikož u potomků

Evropanů se ukázala jako nejdímorfičtější délka *os ischii* s průměrnou mírou přesnosti 86 %, zatímco u původního obyvatelstva jižní Afriky je za tuto část považován průměr acetabula s mírou přesnosti okolo 84 %.

Rozdílné rozměry pánve očividně v nějaké míře napříč populacemi existují, přičemž tuto problematiku se snaží řešit ve své práci Murail et al. (2005). Studie je zaměřena na vytvoření metody, která by respektovala běžné pohlavně dimorfní znaky napříč lidskými populacemi. Na základě tohoto předpokladu bylo hodnoceno celkem 2 040 pánevních kostí jedinců známého pohlaví a věku z Evropy, konkrétně z Francie, Anglie, Portugalska a Litvy, dále z jižní Afriky, USA a Thajska. Na každé pánevní kosti bylo naměřeno celkem 17 rozměrů, které byly následně statisticky zpracovány. Metoda funguje na základě srovnání naměřených vzorků s těmi z databáze a vypočítání individuální pravděpodobnosti pro mužské či ženské pohlaví z jakékoli kombinace čtyř až desíti proměnných (viz **Tabulka 4**), přičemž míra přesnosti se pohybuje na 90,71 %.

Tabulka 4: Sedmnáct vybraných rozměrů.

Tučně vyznačeno 10 rozměrů vybraných pro hodnocení pohlaví (převzato z Murail et al. 2005).

Proměnná	Definice	Reference
PUM	acetabulo-symfyziální délka os pubis	Bräuer 1988
SPU	šířka těla os pubis	Gaillard 1960
DCOX	délka os coxae	Bräuer 1988
IIMT	výška incisura ischiadica major	Bräuer 1988
ISMM	postacetabulární délka os ischi	Schulter-Ellis et al. 1983
SCOX	šířka os coxae	Bräuer 1988
SS	spinosciatická šířka	Gaillard 1960
SIS	šířka těla os ischii	Bräuer 1988
VEAC	vertikální průměr acetabula	Bräuer 1988
HOAC	horizontální průměr acetabula	Bräuer 1988
PUBM	minimální délka os pubis	Schulter-Ellis et al. 1983
ISM	maximální délka os ischii	Thieme, Schull 1957
AB	šířka incisura ischiadica major	Novotný 1975
AP	délka horního ramene incisura ischiadica major	Murail et al. 1993
BP	délka dolního ramene incisura ischiadica major	Murail et al. 1993
AC	délka horního úseku šířky incisura ischiadica major	Novotný 1975

Nicméně pokud je pánevní kost zachována ve velmi špatném stavu, nebo se z ní zachová jenom část, jsou v některých případech metrická hodnocení rozměrů celé pánve nevyužitelná. Luo (1995) se ve své práci zaměřil na metrické hodnocení a vytvoření diskriminační rovnice pro *os pubis* na vzorku 122 jedinců známého pohlaví univerzity

v Arizoně. Použil dohromady dva úhly (úhel tvořený střední linií superiorní větve a inferiorní větve *os pubis* a subpubický úhel a dvě míry (minimální vzdálenost od symfyziálního povrchu k *foramen obturatum* a minimální tloušťku ischiopubické větve). Na základě takto vytvoření diskriminační rovnice následně hodnotil 230 *os pubis* rovněž ze sbírky arizonské univerzity a dospěl k 100% správnosti určení.

Největší nevýhodou metrického hodnocení pohlaví jsou bezesporu populačně-specifické standarty, což dokládají všechny výše uvedené studie mimo práce Steyna a Patriquina (2009), kteří nepokládají populační standarty za natolik významné, aby mohli ovlivnit hodnocení pohlaví na pánevní kosti, a výjimku rovněž tvoří práce Murail et al. (2005), kde autoři vytvořili na základě vybraných pánevních rozměrů metodu, která není rovněž zatížena těmito standarty. Ačkoliv je obecně přijímáno, že metrické metody jsou objektivní, zatíženy nízkou intraobservační a interobservační chybou a nevyžadují u hodnotitele vysokou míru zkušeností (Garvin 2012). Tak některá měření jsou vzhledem k problematickému stanovení konkrétních měrných bodů na kosti špatně opakovatelná, tudíž méně přesná. Jedná se například o délku stydké nebo sedací kosti, která se v mnoha případech měří od špatně definovatelného bodu srůstu kostí v acetabulu (Patriquin et al. 2003), nebo o hloubku *incisura ischiadica major* (Steyn and İşcan 2008).

3.3. Využití geometrické morfometrie k odhadu pohlaví

Morfologii jako vědu o tvaru uvedl na konci 18. století Johann Wolfgang Goethe a definoval ji jako obor zabývající se zákonitostmi vzniku a přeměny živých tvarů v přírodě (Neustupa 2006). Morfometrii následně můžeme definovat jako studium kovariance biologických forem. Objektem morfometrického studia není daná forma samotná, ale spíše její asociace, příčiny a efekty (Bookstein 1991). Tento přístup na obecné úrovni užívá základní rozdílné typy dat ke kvantifikaci tvaru: landmarky, souřadnice, křivky a povrchy (Adams et al. 2013).

Samotné landmarky můžeme rozdělit do tří kategorií, jedná se o body v prostoru, kde se potkávají tři struktury, body extrémní křivosti a extrémální body, přičemž role landmarků spočívá v zachycení skutečné fyzické vzdálenosti. Navíc je nutné brát v úvahu biometrický koncept homologie, tedy korespondenční vztah bodu k bodu spíše než části k části, jelikož samotná morfometrická analýza je založena na předpokladu homologie (Bookstein 1991).

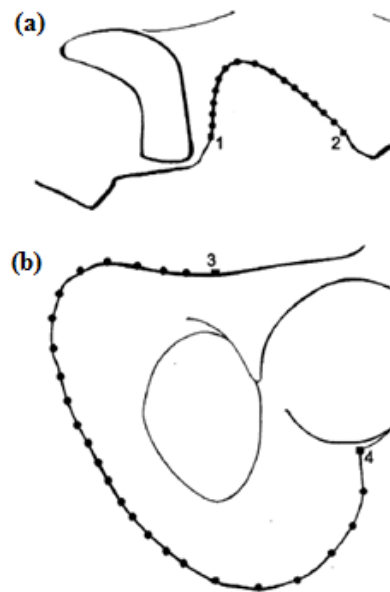
Geometrická morfometrie analyzuje souřadnice landmarků prostřednictvím prokrustovské analýzy, jenž umožňuje, aby byla data škálována, přenášena a rotována za účelem odstranění velikosti jako proměnné a bylo tak možné identifikovat jemné rozdíly mezi body, které mohou být analyzovány, což umožňuje oddělit pohlaví s vysokou mírou přesnosti (Dawson et al. 2011).

Geometricko-morfometrická analýza umožňuje modelovat komplexní tvarovou změnu mezi každou dvojicí z celé sady zkoumaných objektů, což nám přináší možnost definovat tzv. tvaroprostor zkoumaného souboru. Tvaroprostor můžeme popsat jako hypotetický mnohorozměrový prostor, kde probíhá veškerá tvarová přeměna. K definování tohoto prostoru je ponejvíce používána analýza relativních warpů, která vymezuje jednotlivé osy podle toho, kolik procent z celkové tvarové variability daného souboru vysvětlují (Neustupa 2006).

Geometrická morfometrie založená na užívání landmarků poskytuje mocný nástroj ke kvantifikaci biologické různorodosti s ohledem na studie tvarových variací a identifikace jejich příčin. Přičemž za posledních 10 let doznala tato metoda značného metodologického posunu. Jedná se především o užívání tří-dimenzionálních dat, semilandmarků, dopočítávání chybějících landmarků, analýzu symetrie a alometrie (Adams et al. 2013). V následujících odstavcích si představíme konkrétní studie zabývající se pohlavní diagnostikou pánve za pomoci metod geometrické morfometrie s ohledem na jejich samotnou aplikaci a výsledky které přináší a na závěr si uvedeme výhody a nevýhody, jež sebou nese zpracování výzkumného souboru tímto způsobem.

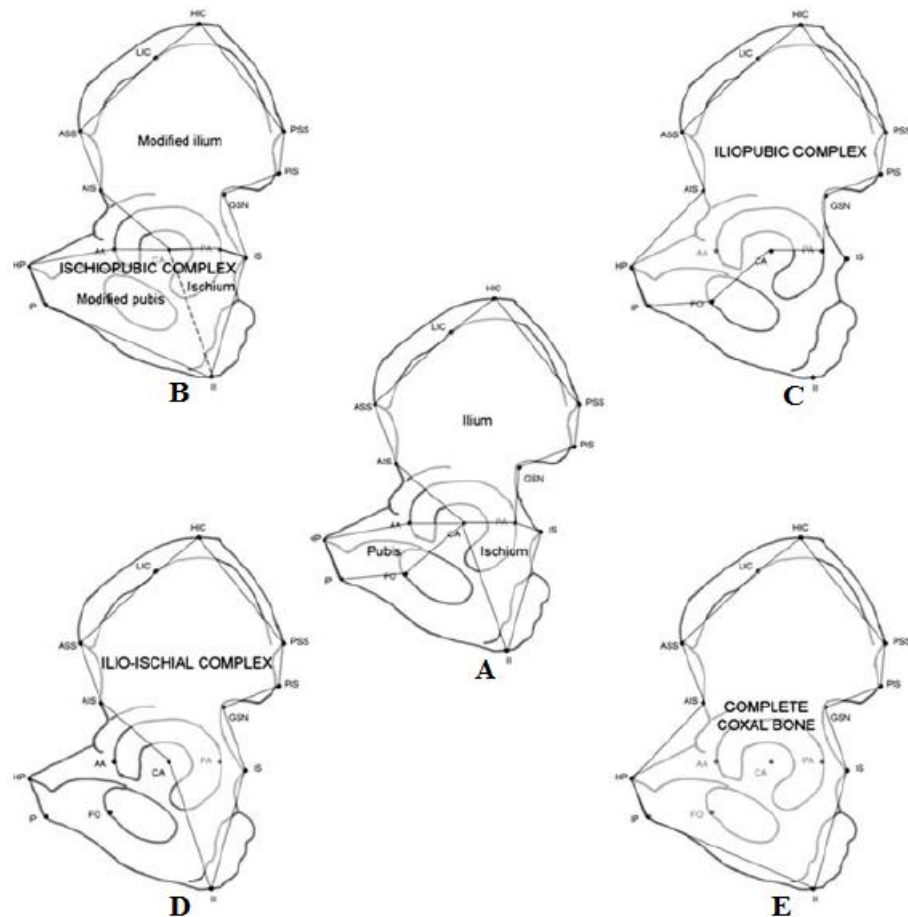
Analýzu pomocí geometrické morfometrie prováděli González et al. (2009) na vzorku 121 levých pánví známého pohlaví evropské populace ze sbírky v Coimbře. Hodnotili *incisura ischiadica major* a ischiopubickou oblast na pořizovaných 2D snímcích, kde na *insicura ischiadiaca major* umístili 2 landmarky a 14 semilandmarků a na ischiopubickou oblast 2 landmarky a 25 semilandmarků (viz **Obrázek 4**). Statistické zpracování probíhalo pomocí prvních dvou relativních warpů, diskriminační analýzy a k-mean klastrů, přičemž nejvyšší míru správného přiřazení doznala diskriminační analýza v případě hodnocení tvarových proměnných na úrovni 90,9 % pro velký sedací zářez a 93,4 % pro ischiopubickou část. Zvolená metoda hodnocení průběhu dvou vybraných oblastí je v každém případě časově náročnější a to jak z hlediska pořizování obrazového materiálu, tak nanášení landmarků.

Nicméně následné analýzy kontur přinášejí lepší výsledky než pouhé skopické hodnocení těchto dvou struktur.



Obrázek 4: a) umístění landmarků (1 a 2) a semilandmarků na *incisura ischiadica major* b) umístění landmarků (3 a 4) a semilandmarků na ischiopubické části (převzato z González et al. 2009).

První geometrickou morfometrickou analýzu na základě CT snímků pánve provedli Bilgeld et al. (2012) na souboru 65 jedinců francouzské populace. Celkem nanесли na levou pánevní kost 15 osteometrických landmarků za účel studia 3 základní částí pánve: *os pubis*, *os ilium* a *os ischii*, dále tři komplexů: ischiopubického, iliopubického a ilioischiatického, rovněž zde autoři definovali 2 další struktury: modifikovaný tvar *os ilium*, sestávající z *os ilium* a *spina ischiadica*, a modifikovaný tvar *os pubis*, sestávající z *os pubis* a ischiopubické větve (viz **Obrázek 5**). Následně byly tyto landmarky a struktury statisticky hodnoceny pomocí analýzy hlavních komponent (PCA) a kanonické variační analýzy (CVA). Následně byla použita diskriminační analýza a Pearsonův chí-kvadrát test pro hodnocení správnosti přiřazení. Výsledky ukázala že CVA analýza správně přiřadila 100 % jedinců v případě iliopubického, ilioischiatického komplexu a kompletní pánevní kosti. V tomto případě studie využila 3D modely vytvořené na základě souboru CT snímků, na které umístila landmarky, což je rovněž poměrně časově náročná záležitost. Nicméně následná geometricko-morfometrická analýza takto zpracovaných dat byla schopná správně určit pohlaví u všech jedinců v souboru.



Obrázek 5: A) Pohled na levou pánevní kost, kde landmarky vymezují *os ilium*, *os pubis* a *os ischii*. B) Pohled na levou pánevní kost, kde byly landmarky použity na vymezení modifikované *os illium*, modifikované *os pubis* a ischiopubického komplexu. C) Pohled na levou pánevní kost s landmarky vymezujícími iliopubický komplex. D) Pohled na levou pánevní kost, kde landmarky ohraničují ilioischiatický komplex. E) Pohled na levou pánevní kost s landmarky pro celou *os coxae* (převzato z Bilgeld et al. 2012).

Podobnou studii provedli Oxnard et al. (2013), kteří se zaměřili na způsob jak 3D multivariační deskripce tvaru a velikosti může být užita k odhadu pohlaví s vysokou přesností, přičemž hodnotili rozdíl v přesnosti mezi populačně specifickými a nespecifickými standarty. Na australské populaci hodnotili 230 landmarků a semilandmarků pomocí analýzy hlavních komponent (PCA), multivariační regrese, wireframe modelu a metody tenkých kovových plátků (TPS). Míra přesného oddělení překročila za použití statistických metod 90 %, navíc studie přispěla k populačním standardům. Tato studie rovněž pracuje s 3D modely a navíc s relativně vysokým počtem landmarků, což je rovněž časově náročné. Nicméně díky velmi preciznímu zachycení tvarů

je možné hodnotit tvarové proměnné s velmi vysokou přesností, což je pro hodnocení tvarových specifík v mezipopulačním pohledu stěžejní.

Všechny výše uvedené práce oddělují pohlaví na základě tvarových proměnných, kdy je za pomoci landmarků / semilandmarků zaznamenán tvar příslušné struktury či celé pánve. Za pomoci metod geometrické morfometrie je následně zachycený tvar statisticky zpracován a hodnocený soubor je oddělen na dvě skupiny, které prezentují dvě pohlaví. Samozřejmě vzhledem k rozsahu pohlavního dimorfismu daných jedinců nalezneme mezi těmito dvěma oddělenými skupinami překryvy. Určení pohlaví u neznámého jedince tedy musí vycházet ze stejného předpokladu jako u metod metrických, tedy že dělicí linie mezi dvěma pohlavími je populačně podmíněna a samotný neznámý jedinec musí být identifikován na základě existujících standardů. Nicméně jak bylo diskutováno výše, kost pánevní nepodléhá zcela populačně specifickým rysům, což prezentuje práce Betti et al. (2013), jež studuje pánev z hlediska evolučního vývoje a dokládá, že na tvarové charakteristiky pánve nepůsobí environmentální selekční tlaky tak markantním způsobem narozdíl například od velikosti.

Je jasné, že ačkoliv metody geometrické morfometrie se v antropologii začínají uplatňovat čím dál více a existuje celá řada výhod v souvislosti s jejich užitím, musíme rovněž zmínit některé jejich nevýhody. Mezi nesporné výhody patří zaznamenávání jemných rozdílů mezi jednotlivými body, což se pojí s poměrně vysokou mírou přesnosti, nadto je nanášení landmarků poměrně objektivní. V souvislosti s hodnocením tvaru je možné a v některých případech i žádoucí odškálování vlivu velikosti jako proměnné. Nicméně problémem může být v případě velkých souborů jejich vizuální zpracování, tedy pořízení snímků či naskenování a následné nanášení množství landmarků, což je bezpochyby časově náročnou záležitostí (Dawson et al. 2011).

4. Zobrazovací metody v antropologii

Virtuální antropologie umožňuje pracovat s tří-dimenzionálními strukturami prostřednictvím digitálního souboru fosilních či moderních vzorků uvnitř počítačového prostředí, jež jsou získávány různými způsoby v souvislosti s potřebami následné analýzy, například povrchové skeny či pouze kontury. Pokud srovnáme virtuální antropologii s tradičními metodami, dojdeme ke čtyřem výhodám. Za prvé, schopnost zachytit všechny struktury. Za druhé, stálá dostupnost virtuálního objektu. Za třetí, obecná přesnost a reprodukovatelnost měření. Za čtvrté, možnost morfometrické analýzy (Weber et al.

2001). Důležitým pokrokem je využívání počítačové tomografie (CT) a následné tří-dimezionální rekonstrukce, která umožňuje zobrazit i skryté struktury nebo rekonstruovat chybějící či zničené části skeletu.

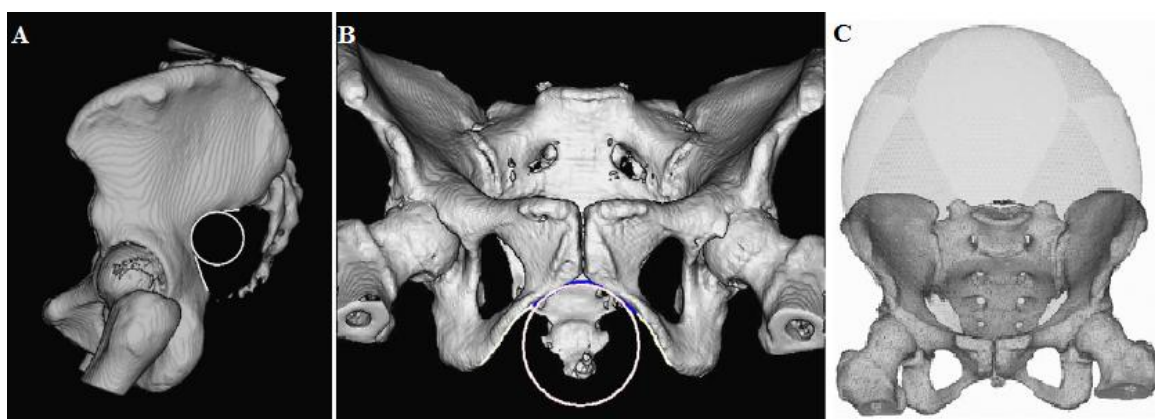
Existuje celá řada technik pro zaznamenávání prostorových údajů a následnou práci s nimi. V následujících odstavcích si představíme některé z užívaných metod zobrazování a práci s těmito prostorovými datovými soubory. Virtuální antropologie obecně zahrnuje práci s 2D nebo 3D rekonstrukcemi vybraných objektů či pouze jejich jednotlivých struktur, dále se zabývá následnou aplikací metod původně vytvořených na kosterním materiálu na tyto virtuální modely a rovněž se věnuje rekonstrukcím chybějících či poškozených částí skeletálních struktur. Aplikace následných metod na virtuální model je rovněž zatěžkána tradičními faktory, kterými jsou úspěšnost metody samotné, chybou pozorovatele a mírou pohlavního dimorfismu dané struktury a populace. V následujících odstavcích si tedy ukážeme, že virtuální antropologie je adekvátní způsob náhrady kosterního materiálu, přičemž hodnotící metody jsou svou aplikovatelností omezeny stejným způsobem jako u skeletální sbírky.

Grabgerr et al. (2009) se ve své práci zabývali možnostmi hodnocení pohlaví a věku v době smrti pomocí 2D a 3D modelů, zhotovených na základě CT snímků. Studie zahrnovala 22 jedinců známého pohlaví a stáří, přičemž snímané oblasti zahrnovali lebku, horní část hrudníku včetně lopatky, klíční kosti a proximální poloviny pažní kosti, dále dolní polovinu pánve se zaměřením na oblast stydké a sedací kosti a proximální poloviny kosti stehenní. Tyto skeletální části byly hodnoceny ve virtuální prostředí tradičními metodami, užívanými na kosterním materiálu, přičemž pohlaví bylo určeno se 100% přesností a odhad věku se pohyboval na úrovni 54,5 – 81,8 % správného přiřazení. Na tomto příkladu můžeme vidět úspěšné užití kombinace tradičně užívaných metod pro odhad věku a pohlaví z kosterního materiálu, přičemž jejich aplikace na virtuální modely přináší stejnou míru úspěšnosti. Tedy můžeme shrnout, že uplatnění je možné a přináší srovnatelné výsledky.

V souvislosti s hodnocením relativně celého skeletu a dalších struktur je v některých případech užita virtuální autopsie, tedy pitva za užití zobrazovacích technik. Tu použili Dedouit et al. (2008) ke studiu mumifikovaného plodu, jelikož vzhledem ke stavu a velikosti objektu by normální pitevní postup nebyl možný, nicméně nevýhodu můžeme vidět ve špatném zobrazování některých struktur vlivem chybějícího tuku, jež v tomto

případě funguje jako kontrastní látka. Rovněž v některých forenzních případech se užívá virtuální pitva. Dedouit et al. (2007) prováděli na základě CT snímků lékařsko-právní šetření, přičemž provedli základní antropologické hodnocení. Mezi podstatné výhody tohoto postupu uvedli lepší rozlišitelnost fraktur a doby jejich vzniku narozdíl od následně provedené běžné pitvy a dále bezproblémovou aplikaci všech běžných antropologických postupů při odhadu věku. V některých případech je žádoucí pořídit tří-dimenzionální záznam přímo na místě nálezů, například u ohořelých pozůstatků nebo masových hrobů, k čemuž může být použit 3D laserový skener. (Komar et al. 2012).

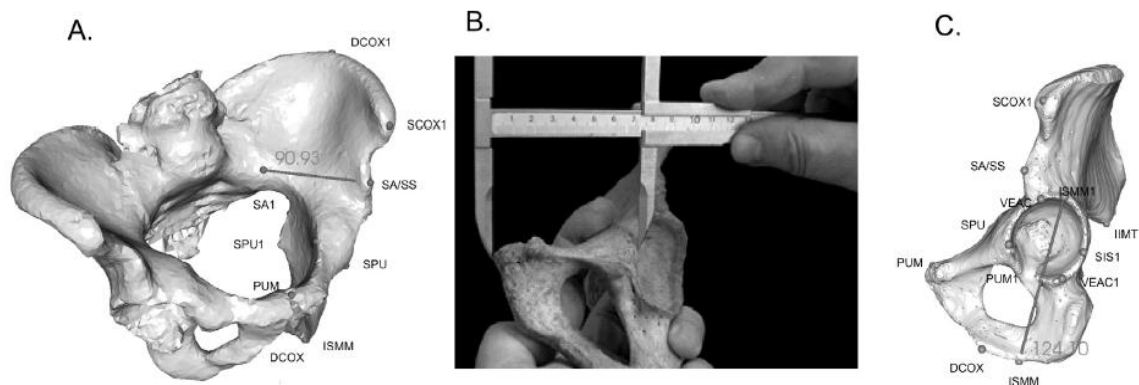
Většina studií se v rámci zobrazovacích technik zaměřuje pouze na příslušnou část či strukturu skeletu, což samozřejmě vyplývá ze zvolené metody. Například studie Igbigbi and Msamati (2000), hodnotí pohlaví na rentgenových snímcích původních obyvatel Malawi dle průměru hlavice kosti stehenní, práce Biwasaka et al. (2012) pracuje s CT snímky pánevní oblasti současné Japonské populace a hodnotí pohlavní dimorfismu pomocí křivek bez nutné aplikace landmarků (viz **Obrázek 6**) na úrovni stupně zakřivení *incisura ischiadica major*, *arcus / angulus pubicus* a velké pánve a práce Lorkiewicz-Muszyńska et al. (2013), užívající anterioposteriorní šířku hlavice kosti stehenní a šířku pánve ke stanovení body mass indexu na základě CT snímků této oblasti na středoevropské populaci.



Obrázek 6: Grafické znázornění analýzy křivek na 3D modelu pánve. A) Analýza zakřivení *incisura ischiadica major* B) Analýza zakřivení *arcus / angulus pubicus* C) Analýza zakřivení velké pánve (převzato z Biwasaka et al. 2012).

Metrickým hodnocením pánevních rozměrů se zabývali Murail et al. (2005) jejichž metodu jsme představili v kapitole věnující se metrickým přístupům k určování pohlaví. Jejich

metodu DPS užíli ve své práci Chapman et al. (2013) na trojrozměrných modelech pánví známého pohlaví evropského původu vysegmentovaných z CT snímků. Rovněž danou metodu aplikovali přímo na kosterní soubor za účelem srovnání přesnosti a spolehlivosti tohoto faktického a virtuálního přístupu (viz **Obrázek 7**). Z jejich výsledků vyplývá, že oba tyto přístupy vykazují vysokou míru spolehlivosti a přesnosti, přičemž autoři dospěli k 100% shodě identifikace pohlaví mezi těmito přístupy.



Obrázek 7: Ukázka snímání rozměrů z pánevní kosti a z 3D modelu pánve. A) Rozměr definovaný na 3D modelu pánve mezi body SA a SS. B) Preacetabulární rozměr stydké kosti měřený přímo na *os coxae*. C) Postacetabulární délka sedací kosti měřená na 3D modelu (převzato z Chapman et al. 2013).

Množství dalších studií využívá CT snímky a následné 3D modelování se záměrem analýzy kostních struktur za různými účely (Barrier et al. 2009; Decker et al. 2011), nicméně pokud se v rámci zobrazovacích technik zaměříme pouze na *os pubis*, tak se řada studií zabývá odhadem věku dle změn trabekulární struktury či povrchu *facie symphysialis*. (Biwasaka et al. 2013; Telmon et al. 2005; Villa et al. 2013; Wade et al. 2011). Autoři těchto studií dospěli k obecnému závěru, že metody původně navržené na kosterním materiálu jsou na trojdimenzionálních modelech dobře aplikovatelné a vykazují malou intra- i interobservační chybu. Nicméně studie Pasquier et al. (1999) poukazuje na to, že metody vytvořené přímo na kosterním materiálu nevykazují takovou přesnost jako metody navržené přímo na trojrozměrných datech, což prokázali na CT snímcích mužských symfýz, kde srovnávali původní Suchey-Brooksovu metodu (1990) a svou upravenou verzi této metody.

Další možná využití virtuálního modelu jsou například měření kraniální objemu a povrchu (Sholts et al. 2010), virtuální histologický rozbor (Rühli et al. 2007), rekonstrukce deformovaných či dokonce chybějících částí skeletu (Benazzi et al. 2009; Gunz et al.

2009) či zachycení jemných morfologických diferencí u menších kostí a struktur (Mahfouz et al. 2007; Tocheri et al. 2003).

Na výše uvedených vybraných příkladech studií jsem se pokoušela ilustrovat možnosti zobrazovacích technik a virtuální antropologie. Každá ze studií pracovala s jiným kosterním materiálem a s jinou zobrazovací technikou a metodou, přičemž se všichni autoři vyslovili pro užívání virtuálních modelů jako plnohodnotných zástupců kosterního materiálu. V podstatě všechny výše uvedená práce vidí přínos v eliminaci případné preparace, zmenšení rizika poškození, možnosti ukládání a šíření výsledných dat, schopnosti zachytit detaily ve vysokém rozlišení, široké škále užití statistických metod a možnostech aplikace postupů původně navržených přímo na kosterním materiálu. Jak se ukázalo, jsou tyto metody v některých případech přesnější právě ve virtuálním prostředí, nicméně vývoj metod přímo v počítačovém rozhraní by mohl přinést další posun na úrovni přesnosti a spolehlivosti daného postupu. Tedy můžeme shrnout, že kost či skeletální soubor je možné nahradit virtuálními modely, které nabízejí stejné podmínky pro hodnocení tradičními metodami, které jak bylo řečeno na začátku kapitoly, mají stejná omezení, jako by byly aplikovány přímo na kosti. Tedy validita a reliabilita metody je dána samotnými možnostmi metody, chybami pozorovatele a mírou pohlavního dimorfismu zkoumané populace. Což dokládá fakt, že metody použité ve studiích jsou svými výsledky srovnatelné s výsledky hodnocení přímo na kosterním materiálu populace, na kterém byla metoda navržena.

5. Cíle práce

Na základě teoretického vstupu do problematiky pohlavní difference, stupně pohlavního dimorfismu a pohlavně diagnostických metod je nutné si stanovit základní teoretické východisko studie. To vyplývá již z názvu diplomové práce a je jím test metody k odhadu pohlaví podle *os pubis*, kterou navrhli recentně Kiales et al. (2012). Metoda pohlavní diagnostiky se odvíjí od pohlavně dimorfních částí těla, které jsou hodnotitelné u dospělých jedinců. Úspěšná metoda tedy musí mít statistickou platnost, správnost, přesnost, spolehlivost, specifitu a senzitivitu, aby správně diagnostikovala pohlaví na základě dimorfních znaků. Z toho vyplývá, že stupeň rozvoje pohlavního dimorfismu přímo souvisí s úspěšností metody, což jsem se snažila doložit v průběhu teoretické části práce. Tedy úspěšnost metody využívající znaky *os pubis* je dána stupněm pohlavního dimorfismu stydké kosti v dané populaci.

Následná praktická část studie je zaměřena na prokázání našeho předpokladu, že rozšíření škály znaků nevede k zlepšení úspěšnosti metody. Prvním cílem je provést experiment, který se opírá o analýzu souboru CT pánví dospělých mužů a žen současné francouzské populace, který ověří náš teoretický předpoklad. Druhým cílem je posoudit, zda rozšíření počtu kategorií hodnocených znaků metody Phenice (1969) zvýší přesnost metody odhadu pohlaví podle *os pubis*, tak jak to ve své studii uvádí Kiales et al. (2012). Přičemž naše pracovní hypotéza předpokládá, že zvýšením počtu kategorií hodnocených podle Phenice (1969) za prvé nezvýšíme přesnost metody a za druhé dojde ke snížení reliability metody. Jelikož samotná přesnost metody využívající morfoskopické znaky *os pubis* se odvíjí od stupně pohlavního dimorfismu dané populace. Navíc jednotlivý znak se nevyskytuje pouze ve dvou vyhraněných formách, nýbrž na celé škále variací mezi těmito dvěma formami. Tudíž opakovaná měření metodou, která pracuje s pěti formami rozvoje znaku, nebudou v takové procentuální shodě jako v případě metody, která pracuje s hodnotami přítomnost / nepřítomnost znaku.

6. Materiál

Práce je založena na hodnocení 3D modelů pánevních kostí jedinců známého pohlaví a věku. Výzkumný vzorek sestával ze 100 CT snímků dospělých jedinců, 50 žen a 50 mužů, současné francouzské populace poskytnutého Fakultní nemocnicí v Marseille na základě souhlasu etické komise univerzity, které obdržela Prof. Katia Chaumoitre (Department of Medical Imaging, University North Hospital, Marseille). Průměrný věk žen v souboru je 50 let a průměrný věk u mužů je 46 let. Poskytnuté snímky bylo nejdříve nutné zpracovat do podoby modelů a to za pomoci počítačového 3D zobrazovacího programu TIVMI V2.2 vyvinutého na Univerzitě Bordeaux (Dutailly and Guyomarc'h 2013) Při zpracování každého snímku bylo nutné nejprve provést samostatnou segmentaci pravé a levé kosti pánevní a následně za pomoci HMH (half-maximum height) protokolu vytvořit kýžený 3D model. Výsledný materiál pro studii tak sestával celkem z 200 modelů pravých a levých pánevních kostí.

Pro stanovení individuální intraobservační chyby a zvládnutí metody byl vybrán kosterní materiál sestávající se z 30 kostí pánevních neznámého věku a pohlaví ze sbírky Katedry antropologie a genetiky člověka Univerzity Karlovy v Praze.

7. Metody

Naše práce je primárně zaměřena na hodnocení metody navržené Klaes et al. (2012), tudíž vzhledem k nutnosti jejího přínosu k validitě a reliabilitě původní metody Phenice (1969) je nutné celý materiál zhodnotit oběma metodami.

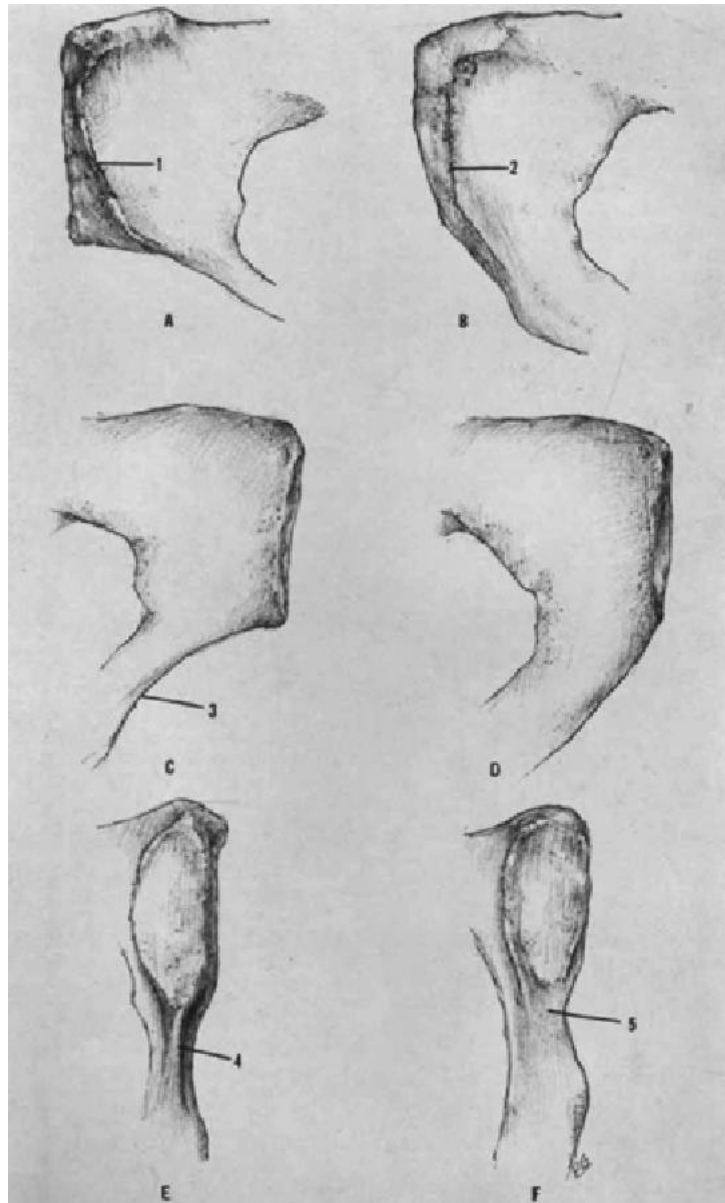
Dříve než jsme přistoupili k vlastnímu hodnocení segmentovaných pánevních kostí z CT snímků, provedli jsme test intraobservační chyby na vzorku 30 kostí pomocí Cohenovy kappy (Cohen 1960) a rovněž jsme stanovili pohlaví na základě DSP metody (Murail et al. 2005).

Vlastní hodnocení testovacího souboru spočívá v aplikaci následujících dvou metod.

7.1. Metoda Phenice (1969)

V roce 1969 T. W. Phenice publikoval v *American Journal of Physical Anthropology* práci, ve které představil nový přístup k určování pohlaví podle *os pubis*. Na kosti stanovil celkem tři morfoskopické znaky: **ventrální oblouk**, **subpubickou konkavitu** a **mediální hřebínek**, podle jejichž přítomnosti či absence je možné určit pohlaví jedince, přičemž jeho metoda neobsahuje neurčitou kategorii, daný znak je buď mužský či ženský. Dle autora je představovaná technika přesná (dle autora dosahuje 96 % správného přiřazení jedinců), rychlá, vysoce objektivní a nevyžaduje léta zkušeností pro její přesnou aplikaci.

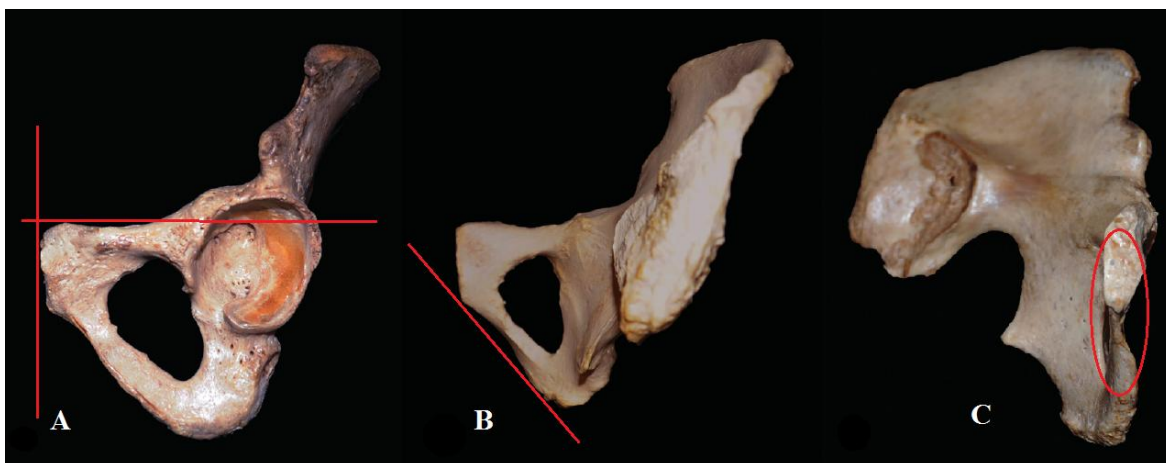
Přítomnost výše uvedených znaků indikuje ženské pohlaví, přičemž je nutné jejich správné rozpoznání. **Ventrální oblouk** autor popisuje jako lehce vyvýšený hřeben na kosti, který sahá od pubického hřebene a oblouku inferiorně skrz ventrální povrch k nejlaterálnějšímu rozšíření subpubické konkavity, kde se začleňuje do mediální hranice ischiopubické větve. **Subpubická konkavita** se vyznačuje laterálním zakřivením, na ischiopubické větvi v nepatrné vzdálenosti od dolního okraje symfýzy. **Mediální hřebínek** je poměrně ostré ohraničené vyvýšení nasedající přímo pod dolním okrajem *facies symphysialis* na mediálním aspektu ischiopubické větve. (viz **Obrázek 8**).



Obrázek 8: A-1) Ventrální oblouk na ventrálním povrchu ženské *os pubis*. B-2) Mírný hřeben na ventrálním povrchu mužské *os pubis*. C-3) Subpubická konkavita nahlížena z dorzální strany ženské *os pubis* a ischiopubické větve. D) Dorzální aspekt mužské *os pubis* a ischiopubické větve. E-4) Hřeben na mediální straně ženské ischiopubické větve. F-5) Široký mediální povrch na mužské ischiopubické větvi (převzato z Phenice 1969).

Při hodnocení těchto třech morfoskopických znaků musíme mít na paměti, že ne každá stydká kost je typicky ženská či mužská a rovněž je důležitý správný úhel pozorování, tedy orientace kosti vzhledem k pozorovateli, aby byl daný znak správně odečten, musí být kost v předepsané anatomické poloze vzhledem k pozorovateli. Pro správné hodnocení ventrálního oblouku, musí být ventrální povrch stydké kosti čelně k pozorovateli, horní rameno *os pubis* musí směřovat horizontálně a požadovaná oblast je umístěna laterálně

k symfyziální ploše. Subpubická konkavita je viditelná v případě, že dorsální povrch stydké kosti míří kolmo k pozorovateli, přičemž na zřetel by měla být brána oblast bezprostředně pod *facies symphyialis* a celé dolní rameno stydké kosti. Posledním znakem je mediální hřebínek, který je patrný v případě, že symfyziální plocha směřuje kolmo k pozorovateli a horní a dolní hranice symfýzy jsou orientovány svisle. Posuzovaná oblast se nachází pod dolním okrajem symfýzy, přibližně ve středu ramene (viz **Obrázek 9**).



Obrázek 9: A) Správná orientace *os pubis* pro hodnocení ventrálního oblouku. B) Správná orientace pro hodnocení subpubické konkavity. C) Správná orientace pro hodnocení mediálního hřebínku (převzato z Kiales et al. 2012).

Takto navrženou metodu autor testoval na souboru 275 dospělých jedinců známého pohlaví a etnické příslušnosti z Terryho sbírky Národního muzea přírodní historie ve Washingtonu (viz. **Tabulka 5**). Z celého vzorku bylo pouze u 11 jedinců nesprávně přiřazeno pohlaví, tedy míra přesnosti dosáhla v průměru 96 %. Nicméně byl zjištěn rozdíl v přesnosti metody mezi jedinci rozdílné etnické příslušnosti, který činil 2 % a rovněž je detekovatelný 1 % rozdíl mezi pohlavími.

Tabulka 5: Počet jedinců v testovacím souboru (Phenice 1969).

	Afroameričané (%)	Američané evropského původu (%)	Celkem (%)
Muži	20 (95,00)	160 (95,62)	180 (95,56)
Ženy	52 (94,23)	43 (100,00)	95 (96,84)
Celkem	72 (94,44)	203 (96,55)	275 (96,00)

7.2. Modifikace - Metoda Kiales et al. (2012)

Úspěšnost původní metody Phenice (1969) se pokusili ve své práci zlepšit Kiales et al. (2012), rozšířením původních dvou kategorií znaku na pět, jelikož se domnívají, že znaky mohou být vyjádřeny celou škálou možných variací, což může v některých případech vést

k jejich špatné interpretaci a výslednému hodnocení. Samotný Phenice (1969) ve své studii uvádí, že přesnost jeho metody činí 96 %, nicméně následná testování jeho metody tuto hodnotu nepotvrdila a studie MacLaughlin and Bruce (1990) dokonce uvádí pouze 59% míru přesnosti. Z tohoto důvodu studie Klales et al. (2012) přistoupila k revizi metody Phenice (1969). Autoři modifikace metody vidí možnost zdokonalení metody prostřednictvím ordinálního skórování znaků, dále pomocí analyzování skóre prostřednictvím statistické klasifikace a srovnáním kvantifikovaných dat na základě intra- a interobservační chyby, což přinese metodu odhadu pohlaví se stanovenou mírou validity a reliability.

Klales et al. (2012) předpokládají, že pokud zvýší počet hodnocených kategorií, dospějí tak ke zvýšení přesnosti původní metody. Jimi navržené kategorie mají za úkol lépe reprezentovat stupeň rozvoje pohlavního dimorfismu s ohledem na jeho lineární průběh mezi dvěma krajními hodnotami, což ale může přinášet problémy z hlediska nízké intraobservační shody.

Dle autorů je největší slabinou metody Phenice (1969) a ostatně i dalších tradičních nemetrických technik to, že (1) je pozorování zaměřeno pouze na několik charakteristických znaků, které nejsou zase tak často přizpůsobovány variačnímu rozsahu, (2) odhad pohlaví je založen na jednoduchých obecných pravidlech, přičemž váha každého znaku je stejná, ačkoliv některé znaky vykazují vyšší míru pohlavního dimorfismu než ostatní, (3) odhadované pohlaví není spojováno s posteriorní pravděpodobností ke kvantifikování nejistoty.

Prvním krokem byla přesná specifikace a případné doplnění původních Phenicových (1969) definovaných znaků (viz **Tabulka 6**). **Ventrální oblouk** je znakem ženským, sestávající z lehce vyvýšeného kostního hřebene, které sahá od pubického hřebene a oblouku inferiorně skrz ventrální povrch k nejlaterálnějšímu rozšíření subpubické konkavity, kde se začleňuje do mediální hranice ischiopubické větve. Mužské pánve mohou vykazovat rovněž kostní hřeben podél ventrální strany *os pubis*, nicméně rozdíly v orientaci a úhlu tohoto kostního hřebene umožňují rozlišit mezi pohlavími. Morfologické rozdíly v projevu oblouku ústí z variace úponů *m. gracilis*, *m. adductor brevis* a *m. adductor magnus* mezi muži a ženami. K původní definici znaku bylo autory přidáno, že znak musí zahrnovat úhel nebo stupeň orientace kostního hřebene ve vztahu

k symfyziální plošce, stejně tak musí být brána v úvahu celková morfologie oblasti ležící inferiorně a mediální od oblouku.

Tabulka 6: Revidované morfoskopické znaky z původní studie Phenice (1969) a popis jejich jednotlivých variací na pětistupňové škále dle Klales et al. (2012).

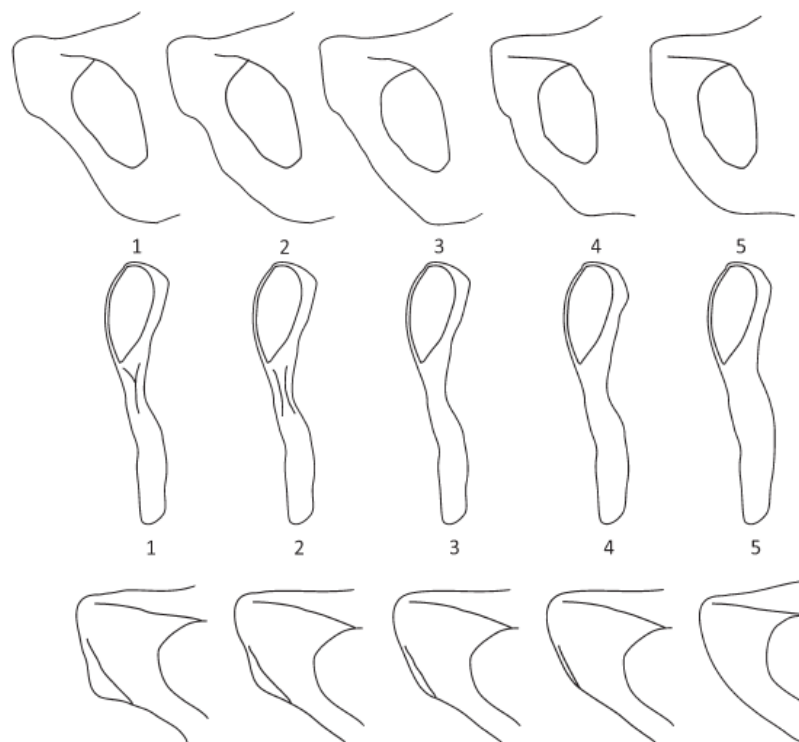
Znak	Stupeň rozvoje	Popisná charakteristika
Ventrální oblouk	1.	Oblouk je přítomný a to okolo nebo nad 40° ve vztahu k symfyziálnímu povrchu, s velkou trojúhelníkovitou částí kosti umístěnou inferiorně vzhledem k samotnému oblouku.
	2	Oblouk je přítomen přibližně mezi 25 - 40° ve vztahu k symfyziální plošce, s malou trojúhelníkovitou částí kosti, umístěnou inferiorně vzhledem k samotnému oblouku.
	3	Oblouk je přítomen jen nepatrně a to v rozsahu menším než 25° vzhledem k symfyziálnímu povrchu, s nepatrnou trojúhelníkovitou částí kosti umístěnou inferiorně vzhledem k samotnému oblouku.
	4	Oblouk je přítomen přibližně paralelně k symfyziálnímu povrchu, s téměř žádnou přídatnou kostí umístěnou inferiorně vzhledem k oblouku.
	5	Nepřítomnost oblouku. Žádná přídatná kost umístěná inferiorně vzhledem k oblouku.
Subpubická kontura	1.	Dobře rozvinutá konkavita přítomná inferiorně vzhledem k symfyziálnímu povrchu a podél délky inferiorní větve.
	2	Lehká konkavita přítomná inferiorně vzhledem k inferiorní větvi, jež je částečně rozšířena v dolní části.
	3	Žádná přítomnost konkavity. Kost je téměř rovná. Může být velmi mírně prohloubena pouze pod symfyziálním povrchem.
	4	Malá konvexita. Zvláště zřetelná podél inferiorní pubické větve.
	5	Velká konvexita. Zvláště zřetelná podél inferiorní pubické větve.
Mediální hřebínek	1.	Vzestupná větev je úzká dorsoventrálně s ostrým kostním hřebínkem pod symfyziální ploškou.
	2	Vzestupná větev je úzká dorsoventrálně s vyvýšeným či okrouhlým hřebínkem pod symfyziální plochou.
	3	Vzestupná větev je úzká dorsoventrálně bez přítomnosti hřebínku.
	4	Vzestupná větev je střední dorsoventrální síře bez přítomnosti hřebínku.
	5	Vzestupná větev je dorsoventrálně velmi široká bez přítomnosti hřebínku.

Subpubická konkavita je laterální zakřivení, které nastává na ischiopubické větvi ženských stydkých kostí, téměř pod dolním okrajem *facies symphysialis*. Konkavita ženské ischiopubické větve vede k většímu subpubickému úhlu a má obecně gracilnější formu než mužská ischiopubická větev. Klales et al. (2012) se o tomto znaku vyjadřují jako o subpubické kontuře (viz **Tabulka 6**), jelikož samotný průběh ramene se pohybuje od subpubické konkavity (častěji viditelná u žen) k subpubické konvexitě (charakteristická

spíše pro muže), přičemž zahrnutá část kosti představuje jednak část pod symfyziální ploškou tak i celý mediální okraj.

Mediální hřebínek je přítomen pouze u žen a jedná se o hřeben na ischiopubické větvi těsně pod *facies symphysialis*. Mužský znak je opačný, tedy povrch pod symfýzou je široký a rovný. Rovněž je u ženských stydkých kostí toto místo užší, což je důsledkem prodloužení stydké kosti během růstového spurtu v době adolescence. Klales et al. (2012) tento znak rozšiřují (viz **Tabulka 6**) o dorsoventrální šířku vzestupné větve, stejně jako přítomnost či absenci hřebene či plošky na kosti.

Materiál použitý ve studii Klales et al. (2012) sestával ze 170 pánevních kostí známého věku, pohlaví a etnické příslušnosti převážně z 19. století ze sbírky Hamann-Todd a ze 140 pánevních kostí známého věku, pohlaví a etnické příslušnosti převážně z 20. století ze sbírky Univerzity Tennessee. Kromě popisné části byly do studie rovněž zahrnuty vytvořené nákresy jednotlivých stupňů rozvoje znaků (viz **Obrázek 10**) a také fotografie kosterního materiálu prezentující příslušný rozvoj znaku (viz **Obrázek 11**) pro ucelený přístup ke skopickému hodnocení pohlaví.



Obrázek 10: Nákresy jednotlivých stádií rozvoje znaků a ordinální skóre pro subpubickou konturu (první řada nákrešů shora), mediální hřebínek (řada uprostřed) a ventrální oblouk (řada dole) (převzato z Klales et al. 2012).



Obrázek 11: Fotografie jednotlivých stádií rozvoje znaků. Shora subpubická kontura, mediální hřebínek a ventrální oblouk (převzato z Klales et al. 2012).

Nahodnocený materiál byl následně statisticky zpracován a vytvořena logistická regresní rovnice:

$$2.726(VA) + 1.214(MA) + 1.073(SPC) - 16.312$$

Jedinci byli klasifikováni jako muži nebo ženy, přičemž diskriminační hodnotou byla 0, kdy jedinci pod touto hodnotou byli stanoveni jako ženy a jedinci nad touto hodnotou jako muži.

Výsledná metoda byla hodnocena z hlediska reliability pomocí Cohenovy kappy (Cohen 1960), kdy ventrální oblouk a mediální hřebínek dosáhl dobré shody a subpubická konkavita dosáhala průměrné shody při opakovaném hodnocení (viz **Tabulka 7**).

Tabulka 7: Hodnoty intraobservační shody vypočtené na základě Cohenovy vážené kappy (Klales et al. 2012).

Znak	Cohenova vážená Kappa	
	K hodnota	Slovní vyjádření*
Ventrální oblouk	0,645	dobrá shoda
Subpubická kontura	0,579	průměrná shoda
Mediální hřebínek	0,694	dobrá shoda

* (dle Landis and Koch 1977)

Validita metody vykazala, že ventrální oblouk je nejlepším diskriminačním znakem s 88,5 % správného přiřazení pohlaví, dále následuje subpubická kontura s 86,6 % a nakonec mediální hřebínek se 75,8 % (viz **Tabulka 8**).

Tabulka 8: Klasifikační přesnost uvedena v procentech, vypočtena na základě logistické regrese pro znaky a jejich kombinace pro výsledky hodnocení jednoho zkušeného pozorovatele (převzato z Klales et al. 2012).

Znak	Muži	Ženy	Muži + Ženy	Nejednoznačné pohlaví
Mediální hřebínek	79,3	72,3	75,8	7,0
Subpubická kontura	82,8	90,4	86,6	7,6
Ventrální oblouk	80,5	96,4	88,5	15,9
Mediální hřebínek, Ventrální oblouk	95,4	90,4	92,9	5,0
Ventrální oblouk, Subpubická kontura	95,4	91,6	93,5	4,8
Mediální hřebínek, Subpubická kontura	92,0	85,5	88,8	6,5

7.3. Statistické hodnocení

Intraobservační chyba metod pro dvě sady měření materiálu byla hodnocena pomocí Cohenovy kappy (Cohen 1960) a K hodnota následně interpretována na základě práce Landis and Koch (1977). Rovněž byla hodnocena přesnost metod pomocí klasifikační chybové matice (confusion / error matrix) (Kohavi and Provost 1998; Visa et al. 2011), která byla rovněž užita k výpočtu senzitivity a specificity metod. Vztah mezi specificitou a senzitivitou dané metody byl testován na základě ROC křivky a dle plochy pod výslednou křivkou (AUC – area under curve) (Bortlíček 2008; Fawcett 2006; Provost et al. 1998). Všechna statistická hodnocení byla provedena za pomoci Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft 2007) a Winpepi (Abramson 2011).

8. Výsledky

Výsledky individuální intraobservační chyby na kosterním souboru Katedry antropologie a genetiky člověka Univerzity Karlovy v Praze poukazují i v případě relativně malého vzorku na vyšší intraobservační shodu v případě metody Phenice (1969) než u metody Klales et al. (2012), což podporuje naši hypotézu o snížení reliability metody v souvislosti se zvýšením počtu hodnotitelných kategorií (viz **Tabulka 9**). Pohlavní diagnostika souboru provedena pomocí DPS (Murail et al. 2005) určila v souboru 20 mužů, 5 žen a 5 neurčitelných jedinců.

Tabulka 9: Hodnocení intraobservační chyby

Metoda	Cohenova kappa	
	K hodnota	Slovní vyjádření
Phenice (1969)	0,66	Dobrá shoda
Klales et al. (2012)	0,51	Průměrná shoda

Poté co jsme vytvořili virtuální modely pánevních kostí z CT recentní francouzské populace, provedli jsme hodnocení odhadu pohlaví pomocí obou metod: Phenice (1969) a Klales et al. (2012). Individuální hodnoty uvádí **Tabulka 10** pro první hodnocení a **Tabulka 11** pro hodnocení opakované s odstupem jednoho týdne. Výsledky jsme zhodnotili statisticky.

Tabulka 10: Individuální hodnoty rozvoje tří morfologických struktur *os pubis* užívaných k odhadu pohlaví podle Phenice (1969) a Klales et al. (2012) v souboru virtuální modelů francouzské recentní populace: I. hodnocení.

Číslo	Věk	Skutečné pohlaví	Strana	Phenice (1969)			Klales et al. (2012)			Pohlaví Phenice (1969)	Pohlaví Klales et al. (2012)	Rozdíl výsledku metod
				VA	SPC	MA	VA	SPC	MA			
2	48	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
3	61	F	P	A	A	A	3	2	2	F	F	A
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
4	62	F	P	N	A	N	5	2	4	M	M	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
5	63	F	P	N	A	A	4	3	2	F	M	N
			L	A	N	A	3	3	2	F	F	A
6	74	M	P	N	N	N	5	4	4	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
7	75	F	P	N	A	A	5	1	2	F	M	N
			L	A	A	A	2	1	1	F	F	A
8	75	F	P	N	N	N	5	3	4	M	M	A
			L	N	N	A	5	5	2	M	M	A
9	76	F	P	N	A	A	4	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
10	79	F	P	A	A	A	3	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	4	1	1	F	F	A
11	80	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
12	84	F	P	N	A	A	4	2	1	F	F	A
			L	N	N	A	4	3	2	M	M	A
13	22	F	P	N	A	N	4	3	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	1	M	M	A
15	25	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	N	N	A	3	3	2	M	F	N
17	34	M	P	N	A	A	4	2	2	F	F	A
			L	N	N	A	4	3	2	M	M	A
18	34	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
19	35	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	4	3	2	M	M	A

1. Pokračování tabulky 10

20	28	M	P	N	N	A	3	3	2	M	F	N
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
21	36	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
22	37	F	P	N	A	A	4	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	4	2	1	F	F	A
23	37	F	P	A	A	A	1	2	1	F	F	A
			L	A	N	A	1	4	1	F	F	A
24	38	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	3	1	F	F	A
25	38	M	P	A	N	A	2	3	2	F	F	A
			L	N	N	A	4	3	2	M	M	A
26	39	M	P	N	N	A	4	4	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	4	3	M	M	A
27	41	F	P	A	A	A	3	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	2	2	F	F	A
28	41	M	P	N	N	N	5	5	4	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
29	41	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	N	N	A	4	4	2	M	M	A
30	42	F	P	N	A	A	4	1	1	F	F	A
			L	N	A	A	4	1	2	F	F	A
31	44	M	P	N	N	N	5	4	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
32	45	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	A	N	A	3	3	1	F	F	A
33	45	M	P	N	N	N	5	3	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
34	47	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	1	M	M	A
35	47	F	P	A	N	A	1	3	2	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	1	M	M	A
36	49	F	P	A	A	A	2	2	1	F	F	A
			L	A	N	A	3	3	2	F	F	A
37	49	F	P	A	A	A	1	2	1	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	1	M	M	A
38	53	F	P	N	A	A	5	3	1	F	M	N
			L	A	N	A	2	5	1	F	F	A
39	54	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	N	A	3	3	1	F	F	A
40	57	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	5	2	M	M	A
41	57	F	P	N	N	A	5	2	1	M	M	A
			L	A	A	A	1	1	1	F	F	A
42	57	F	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
43	58	F	P	A	N	A	2	3	1	F	F	A
			L	N	N	A	5	2	1	M	M	A
44	61	M	P	N	N	N	5	4	4	M	M	A
			L	N	N	N	4	3	3	M	M	A
45	62	F	P	A	A	A	1	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
46	62	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
47	66	F	P	A	N	A	2	2	2	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
48	67	M	P	N	N	N	5	4	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	5	2	M	M	A

2. Pokračování tabulky 10

49	68	M	P	N	N	A	5	5	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
50	71	F	P	A	A	A	3	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
51	72	M	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
53	75	F	P	A	A	A	2	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	2	1	F	M	N
54	77	F	P	A	A	A	1	2	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
55	82	M	P	N	A	N	5	3	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
56	70	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
57	36	M	P	N	N	N	4	3	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
58	57	M	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
59	60	M	P	N	N	A	4	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
60	27	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	A	A	5	3	2	F	M	N
61	27	F	P	N	N	A	3	3	2	M	F	N
			L	N	A	A	5	1	1	F	F	A
62	41	M	P	N	N	N	5	3	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
63	46	M	P	N	N	N	4	4	3	M	M	A
			L	N	N	N	5	5	3	M	M	A
64	56	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
65	56	F	P	A	A	A	2	2	2	F	F	A
			L	N	A	N	5	1	3	M	M	A
66	18	M	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
67	42	F	P	N	A	A	3	3	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
68	45	M	P	N	A	A	5	1	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
69	36	F	P	N	A	N	4	2	3	M	M	A
			L	A	A	A	2	2	1	F	F	A
70	39	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
71	44	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
72	47	M	P	N	A	A	4	3	2	F	M	N
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
73	51	M	P	N	A	A	5	2	1	F	M	N
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
74	23	F	P	A	N	A	2	4	2	F	F	A
			L	A	N	N	2	3	3	M	F	N
75	23	F	P	A	N	A	2	4	2	F	F	A
			L	A	A	A	1	2	2	F	F	A
76	25	F	P	A	A	A	2	3	2	F	F	A
			L	N	N	A	3	3	2	M	F	N
77	27	F	P	N	A	A	4	2	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	1	F	F	A
78	30	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A

3. Pokračování tabulky 10

79	31	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
80	32	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
81	34	M	P	N	N	A	5	3	1	M	M	A
			L	A	A	A	2	3	2	F	F	A
82	35	M	P	A	A	A	2	2	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	2	2	F	M	N
83	36	M	P	N	N	N	4	3	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
84	37	F	P	A	A	A	1	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
85	38	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	1	F	F	A
86	39	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	A	N	5	3	3	M	M	A
87	40	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	1	F	F	A
88	41	M	P	N	A	A	4	2	2	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
89	41	F	P	A	A	A	2	3	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	1	F	F	A
90	42	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
91	43	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	3	1	1	F	F	A
92	44	M	P	N	N	N	5	3	4	M	M	A
			L	N	N	N	5	5	4	M	M	A
93	46	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	N	A	A	3	2	2	F	F	A
94	46	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
95	46	M	P	N	A	A	5	3	2	F	M	N
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
96	43	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	1	M	M	A
97	47	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
98	47	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	1	F	F	A
99	47	M	P	N	A	A	4	2	2	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
100	29	M	P	N	A	A	5	3	2	F	M	N
			L	N	A	A	4	2	2	F	F	A
105	50	M	P	N	N	N	5	5	4	M	M	A
			L	N	N	N	5	4	5	M	M	A
107	57	M	P	N	A	A	5	2	2	F	M	N
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
108	53	M	P	N	N	N	5	4	4	M	M	A
			L	N	A	A	5	2	2	F	M	N
109	53	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A

VA - ventrální oblouk; SPC - subpubická konkavita; MA - mediální hřebínek / aspekt

F - žena; M - muž

P - pravá strana; L - levá strana

A - ano, N - ne

Stupeň rozvoje znaku - 1,2,3,4,5

Tabulka 11: Individuální hodnoty rozvoje tří morfologických struktur *os pubis* užívaných k odhadu pohlaví podle Phenice (1969) a Klales et al. (2012) v souboru virtuálních modelů francouzské recentní populace: II. hodnocení.

Číslo	Věk	Skutečné pohlaví	Strana	Phenice (1969)			Klales et al. (2012)			Pohlaví Phenice (1969)	Pohlaví Klales et al. (2012)	Rozdíl výsledku metod
				VA	SPC	MA	VA	SPC	MA			
2	48	M	P	N	N	A	3	3	2	M	F	N
			L	N	A	N	5	1	4	M	M	A
3	61	F	P	A	A	A	1	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	3	2	2	F	F	A
4	62	F	P	N	A	A	4	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	2	2	F	F	A
5	63	F	P	A	A	A	2	3	1	F	F	A
			L	A	A	A	3	2	1	F	F	A
6	74	M	P	N	N	N	5	4	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
7	75	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
8	75	F	P	N	N	N	5	4	3	M	M	A
			L	N	N	A	3	3	2	M	F	N
9	76	F	P	N	A	A	4	3	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	2	1	F	M	N
10	79	F	P	N	A	A	4	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	4	1	1	F	F	A
11	80	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
12	84	F	P	N	A	A	4	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	4	3	1	F	F	A
13	22	F	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	A	N	5	1	3	M	M	A
15	25	F	P	A	N	A	3	3	2	F	F	A
			L	A	A	A	3	1	1	F	F	A
17	34	M	P	N	A	A	4	2	2	F	F	A
			L	N	A	A	4	1	2	F	F	A
18	34	M	P	N	N	A	4	4	2	M	M	A
			L	N	A	A	4	3	2	F	M	N
19	35	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
20	28	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
21	36	F	P	A	A	A	3	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	3	1	2	F	F	A
22	37	F	P	N	N	A	5	4	1	M	M	A
			L	A	A	A	3	2	2	F	F	A
23	37	F	P	A	N	A	1	3	1	F	F	A
			L	A	A	A	1	3	1	F	F	A
24	38	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
25	38	M	P	A	N	A	2	3	2	F	F	A
			L	N	N	A	3	3	2	M	F	N
26	39	M	P	N	N	A	5	5	2	M	M	A
			L	N	N	N	4	3	4	M	M	A

1. Pokračování tabulky 11

27	41	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
28	41	M	P	N	N	N	5	4	4	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
29	41	F	P	A	A	A	2	3	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
30	42	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	N	A	A	4	1	2	F	F	A
31	44	M	P	N	N	N	5	3	3	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
32	45	F	P	A	A	A	2	2	2	F	F	A
			L	A	A	A	2	3	2	F	F	A
33	45	M	P	N	N	N	5	3	4	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A
34	47	M	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
35	47	F	P	A	N	A	2	3	2	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
36	49	F	P	A	A	A	1	2	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
37	49	F	P	A	A	A	1	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	3	3	1	F	F	A
38	53	F	P	N	N	A	4	4	1	M	M	A
			L	A	N	A	2	3	1	F	F	A
39	54	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	N	A	2	3	1	F	F	A
40	57	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
41	57	F	P	N	N	A	3	3	1	M	F	N
			L	A	A	A	1	1	1	F	F	A
42	57	F	P	A	A	A	2	2	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
43	58	F	P	A	A	A	2	3	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	1	F	F	A
44	61	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
45	62	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
46	62	M	P	N	N	A	5	3	1	M	M	A
			L	N	N	A	5	5	2	M	M	A
47	66	F	P	A	A	A	3	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
48	67	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	5	3	M	M	A
49	68	M	P	N	N	A	5	5	2	M	M	A
			L	N	A	A	4	1	2	F	F	A
50	71	F	P	N	A	A	5	1	2	F	M	N
			L	N	A	N	5	1	3	M	M	A
51	72	M	P	N	N	A	5	3	1	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
53	75	F	P	N	N	A	5	4	1	M	M	A
			L	A	A	A	2	2	1	F	F	A

2. Pokračování tabulky 11

54	77	F	P	A	A	A	1	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	2	2	F	M	N
55	82	M	P	N	A	N	5	3	3	M	M	A
			L	N	N	N	5	5	3	M	M	A
56	70	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	4	2	M	M	A
57	36	M	P	N	N	N	4	3	3	M	M	A
			L	N	N	N	4	4	3	M	M	A
58	57	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
59	60	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A
60	27	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
61	27	F	P	A	N	A	2	3	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
62	41	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
63	46	M	P	N	N	A	4	5	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	5	4	M	M	A
64	56	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	A	A	5	3	2	F	M	N
65	56	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	N	A	N	5	2	4	M	M	A
66	18	M	P	N	N	N	5	3	3	M	M	A
			L	N	N	N	4	4	3	M	M	A
67	42	F	P	N	A	A	5	3	2	F	M	N
			L	A	A	N	2	1	3	F	F	A
68	45	M	P	N	A	A	5	2	2	F	M	N
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
69	36	F	P	N	N	N	5	4	3	M	M	A
			L	N	A	A	5	2	1	F	M	N
70	39	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A
71	44	F	P	A	A	A	3	3	1	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
72	47	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
73	51	M	P	N	A	A	4	1	2	F	F	A
			L	N	A	A	5	2	2	F	M	N
74	23	F	P	A	A	A	2	2	1	F	F	A
			L	A	A	N	2	1	3	F	F	A
75	23	F	P	A	A	A	2	2	2	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
76	25	F	P	A	N	A	2	3	1	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
77	27	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	1	F	F	A
78	30	M	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A
79	31	M	P	N	N	A	5	5	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	5	2	M	M	A

3. Pokračování tabulky 11

80	32	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
81	34	M	P	N	N	A	5	3	1	M	M	A
			L	N	N	A	4	3	2	M	M	A
82	35	M	P	A	A	A	2	2	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	2	2	F	M	N
83	36	M	P	N	N	N	3	4	3	M	F	N
			L	N	N	A	4	3	3	M	M	A
84	37	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
85	38	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	N	A	2	3	1	F	F	A
86	39	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	4	M	M	A
87	40	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
88	41	M	P	N	N	A	4	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A
89	41	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	2	F	M	N
90	42	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	2	F	F	A
91	43	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	2	2	F	F	A
92	44	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	4	4	M	M	A
93	46	F	P	A	A	A	1	1	1	F	F	A
			L	N	A	A	5	1	1	F	F	A
94	46	F	P	A	A	A	2	1	2	F	F	A
			L	A	A	A	1	1	2	F	F	A
95	46	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
96	43	M	P	N	N	N	3	3	2	M	F	N
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
97	47	M	P	N	A	A	3	1	1	F	F	A
			L	N	N	A	5	3	2	M	M	A
98	47	F	P	A	A	A	2	1	1	F	F	A
			L	A	A	A	2	1	1	F	F	A
99	47	M	P	N	A	A	5	1	2	F	M	N
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A
100	29	M	P	N	N	A	5	5	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	4	M	M	A
105	50	M	P	N	N	N	5	3	4	M	M	A
			L	N	N	N	5	5	5	M	M	A
107	57	M	P	N	N	A	5	4	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	3	M	M	A
108	53	M	P	N	A	N	5	2	3	F	M	N
			L	N	A	A	5	2	2	F	M	N
109	53	M	P	N	N	A	5	3	2	M	M	A
			L	N	N	N	5	3	4	M	M	A

4. Pokračování tabulky 11

VA - ventrální oblouk; SPC - subpubická konkavita; MA - mediální hřebínek / aspekt
 F - žena; M - muž
 P - pravá strana; L - levá strana
 A - ano, N - ne
 Stupeň rozvoje znaku - 1,2,3,4,5

Intraobservační chyba vykazuje vyšší míru shody dvou sad měření u metody Phenice (1969) s dobrou mírou shody než u její modifikace navržené Klales et al. (2012). Hodnocení ventralního oblouku se ukázalo jako nejspolehlivější (viz **Tabulka 12**) u obou metod. Mediální hřebínek je nejméně reliabilní znak u původní metody Phenice (1969), zatímco u metody Klales et al. (2012) je nejméně reliabilní subpubická konkavita. Průměrná hodnota všech *K* hodnot Cohenovy kappy je u jednotlivých znaků / stupňů v případě metody Phenice (1969) na úrovni dobré shody, kdežto metoda Klales et al. (2012) vykazuje pouze slabou shodu. Přesnost obou metod se pohybuje na stejné úrovni, metoda Phenice (1969) vykazuje 82,5% a metoda Klales et al. (2012) 83,25% míru přesnosti. Metoda Phenice (1969) rovněž vykazuje vysokou míru senzitivity a specifity, jejichž hodnoty se navíc nacházejí blízko sebe, senzitivita na úrovni 83 % a specificita na úrovni 82%. Metoda Klales et al. (2012) má vyšší specificitu dosahující 90 %, kdežto její senzitivita se pohybuje na úrovni 77 % (viz **Tabulka 12**).

Tabulka 12: Souhrnné výsledky statistického hodnocení intraobservační chyby, přesnosti, senzitivity a specifity metody Phenice (1969) a Klales et al. (2012)

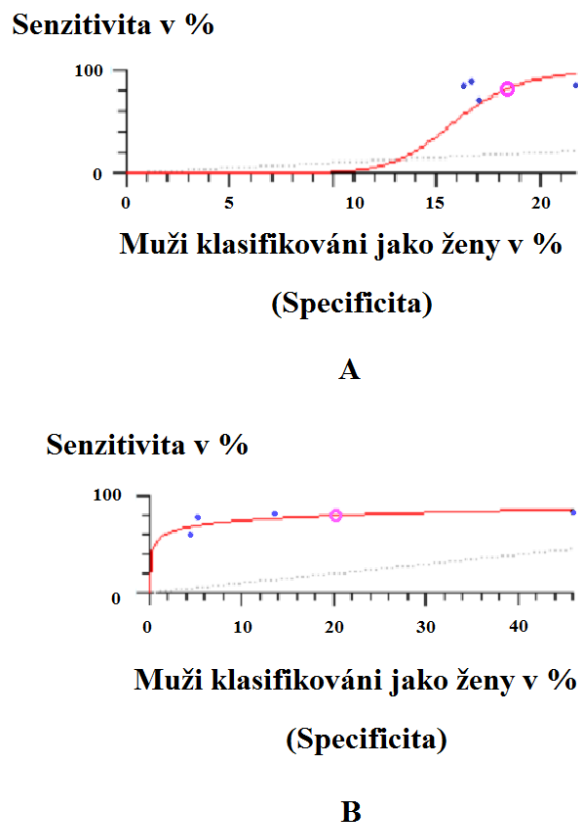
Metoda	Intraobservační chyba - Cohenova kappa (K hodnota)*					Přesnost (%)	Senzitivita (%)	Specificita (%)
	Hodnocení pohlaví	Hodnocení jednotlivých znaků			Průměr všech znaků			
		VA	SPC	MA				
Phenice (1969)	0,7	0,78	0,57	0,54	0,63	85,2	83	82
Klales et al. (2012)	0,6	0,41	0,35	0,39	0,38	83,25	77	90

* (dle Landis and Koch 1977)

1 - 0,81	Téměř perfektní shoda	VA - ventrální oblouk
0,8 - 0,61	Dobrá shoda	SPC - subpubická konkavita
0,6 - 0,41	Průměrná shoda	MA - mediální hřebínek / aspekt
0,4 a méně	Slabá shoda	

Výsledné ROC křivky indikují, že obě metody diagnostikují pohlaví s dobrou rozlišovací schopností (viz **Obrázek 12**). Následná analýza pomocí plochy pod ROC křivkou (AUC) poukazuje na to, že u metody Phenice (1969) AUC neklesne pod 77 % a u metody Klales

et al. (2012) neklesne pod hranici 69 %. Což metodu Phenice (1969) hodnotí jako dobrou a metodu Klales et al. (2012) jako dostatečnou (dle Bortlíček 2008).



Obrázek 12: (A) ROC křivka metody Phenice (1969). (B) ROC křivka metody Klales et al. (2012).

Naše výsledky ukázaly, že původní metoda hodnocení navržená Phenice (1969) sice nevykazuje takovou míru přesnosti jakou Phenice uváděl ve své studii, nicméně její výsledky jsou konzistentní. Revize metody Klales et al. (2012) nepřináší v našem souboru vyšší míru přesnosti a vzhledem ke zjištěné interobservační chybě metody Phenice (1969) je revidovaná metoda méně spolehlivá. Rovněž vztah specificity a senzitivity a výsledné ROC křivky a jejich srovnání poukazují na úspěšnější pohlavní diagnostiku původní metodou Phenice (1969).

9. Diskuze

Metoda Phenice (1969) je poměrně známou a využívanou technikou hodnocení pohlaví ze stydké kosti. Za posledních 40 let bylo prováděno její hodnocení z hlediska validity a reliability různými autory na kosterních sbírkách napříč populacemi.

První kdo hodnotil spolehlivost metody navrhované Phenicem (1969), byl Kelley (1978), který za pomoci navrhovaných třech morfologických znaků hodnotil 362 stydkých kostí neznámého pohlaví ze sbírek Kalifornské univerzity, Univerzity v Berkeley a Státní univerzity v Sacramentu. Materiál z převážné části pocházel z centrální Kalifornie, z indiánského osídlení a reprezentoval raný, střední a pozdní horizont této kultury. Daný materiál byl rovněž posuzován metrickými přístupy, konkrétně se jednalo o ischiopubický index, šířku *incisura ischiadica major* a acetabulární šíři, dále přítomnost *sulcus preauricularis* a posuzován byl také celkový vzhled. Pokud to bylo možné, byl konkrétní jedinec pohlavně diagnostikován i na základě jiných skeletálních elementů. Výsledky studie poukazují na to, že pro ventrální oblouk existuje méně přechodných stavů než pro zbylé dva znaky a rovněž je výskyt těchto přechodných znaků častější u žen (viz

Tabulka 13).

Tabulka 13: Frekvence pozorování třech morfoskopických znaků na *os pubis* (převzato z Kelley 1978).

Znak	Ventrální oblouk		Subpubická konkavita		Mediální hřebínek	
	Muži	Ženy	Muži	Ženy	Muži	Ženy
Absence	188	2	174	5	177	5
Přechodný stav	3	13	16	24	12	27
Rozvinutí	0	156	1	142	2	139
Celkem	191	171	191	171	191	171

Autor svou prací potvrzuje, že technika Phenice (1969) nabízí dobře definovatelné rozdíly a spolehlivý odhad pohlaví. Uvádí, že u mužů se ve větší míře nevyskytovaly ženské rysy a přechodné formy a to v plných 84,3 %, kdežto u žen jsou přítomny všechny tři charakteristické znaky pouze u 67,3 %, což se vyslovuje pro vyšší míru variability manifestace těchto znaků (viz **Tabulka 14**). Lepší diagnostická přesnost u mužů než u žen na tomto konkrétním skeletálním souboru je zapříčiněna pravděpodobně předešlým určením pohlaví na souboru již jinou technikou.

Tabulka 14: Frekvence pozorování pro možné kombinace znaků u stydké kosti (převzato z Kelley 1978).

Kombinace pozorovaných znaků	Muži		Ženy	
	Počet	Procenta	Počet	Procenta
3 chybí	161	84,3	0	0,0
2 chybí, 1 přechodný	27	14,0	0	0,0
2 chybí, 1 rozvinutý	3	1,6	1	0,6
1 chybí, 1 přechodný, 1 rozvinutý	0	0,0	6	3,5
3 přechodné	0	0,0	3	1,6
2 přechodné, 1 rozvinutý	0	0,0	7	4,1
2 rozvinuté, 1 chybí	0	0,0	4	2,3
2 rozvinuté, 1 přechodný	0	0,0	35	20,5
3 rozvinuté	0	0,0	115	67,3
Celkem	191	100,0	171	100,0

Další testování metody provedla Lovell (1989), přičemž jí navržený test hodnotil přesnost jako otázku dlouhodobého a krátkodobého observačního tréninku. Soubor 50-ti stydkých kostí známého pohlaví, věku a etnické příslušnosti posloužil celkem 12-ti profesionálním fyzickým antropologů a studentům s různou mírou zkušeností k hodnocení pohlaví, přičemž všichni obdrželi stejné instrukce k aplikaci metody Phenice (1969). Vzorek byl následně náhodně rozdělen do dvou sérií po 25 kostech a každý byl s odstupem krátkého času hodnocen každým z pozorovatelů dvakrát.

Výsledky testování poukazují na to, že průměrná přesnost metody se pohybuje okolo 83 % \pm 7 %, přičemž nejvyšší míra přesnosti byla dosažena profesionální fyzickými antropology a to na úrovni 92 %. Ačkoliv se oba výsledky podstatně liší, bylo za pomoci jednosměrné analýzy rozptylu zjištěno, že tento rozdíl mezi přesnostmi není statisticky signifikantní s přijatelnou mírou reliability. Studie dokládá, že s rostoucím věkem se zvyšuje samotná variabilita v přesnosti a rovněž poukazuje na ventrální oblouk jako na nejspolehlivější znak, jelikož povrch je v tomto místě vysoce ovlivněn senescenčními změnami.

Autorka shrnuje, že přesnost uváděná Phenicem (1969), tedy hodnota 96 % je zcela mimo rozsah zjištěný touto studií, tedy 83 % \pm 7 %. Jak je očividné z výsledků statistiky, tak metoda vykazuje přijatelnou míru reliability a signifikantní vliv míry zkušeností hodnotitele zde nebyl prokázán. Nicméně přesnost tohoto přístupu je do značné míry ovlivněna věkem, tedy možný nesoulad výsledných hodnot obou studií můžou spočívat právě ve věkové distribuci příslušného kosterního souboru.

Metodu Phenice (1969) testovaly znovu MacLaughlin and Bruce (1990) tentokrát na vzorku 85 jedinců ze 17. a 18. století z londýnského hřbitova, dále na souboru 136

jedinců současné nizozemské populace ze sbírky univerzity v Leidenu a rovněž na 52 jedincích současné skotské populace ze sbírky univerzity v Aberdeenu. Tyto tři soubory hodnotilo celkem 34 pozorovatelů s různou mírou zkušeností, kteří u anglického vzorku dosáhli správného přiřazení pohlaví v 83 %, u nizozemského v 68 % a u skotského v 59 % případů (viz **Tabulka 15**).

Tabulka 15: Přesnost odhadu pohlaví u jednotlivých souborů (převzato z MacLaughlin and Bruce 1990).

Sbírky	Muži + Ženy		Muži		Ženy	
	Počet	Procenta	Počet	Procenta	Počet	Procenta
Anglická	85	82,7	52	71,7	33	93,7
Nizozemská	136	68,3	72	68,0	64	68,7
Skotská	52	58,6	28	46,4	24	70,8

Diskriminační schopnost každého ze znaků byla hodnocena zvlášť ve všech třech souborech. Subpubická konkavita se ukázala jako jediný spolehlivý indikátor pohlaví, který poskytuje vyšší stupeň reliability v případě všech třech souborů, přičemž u obou pohlaví bylo dle tohoto znaku správně přiřazeno v průměru 78,2 % jedinců, u mužů se přesnost pohybovala na průměrné úrovni 76,8 % a u žen bylo správně přiřazeno v průměru 76,1 % jedinců. Na druhou stranu se ventrální oblouk a mediální hřebínek projeví jako slabý indikátor pohlaví ve všech třech souborech a to s průměrnou mírou přesnosti od 46,9 – 70,7 % (viz **Tabulka 16**).

Tabulka 16: Přesnost odhadu pro jednotlivý znak jakožto nezávislý indikátor pohlaví (převzato z MacLaughlin and Bruce 1990).

Znak	Sbírka	Celkový počet jedinců	Přesnost odhadu pohlaví v procentech		
			Muži + Ženy	Muži	Ženy
Ventrální oblouk	Anglická	85	64,9	58,8	71,0
	Nizozemská	136	55,0	68,1	41,9
	Skotská	52	45,4	12,8	48,0
Subpubická konkavita	Anglická	85	87,1	82,7	91,4
	Nizozemská	136	72,1	76,4	67,7
	Skotská	52	75,3	71,4	79,2
Mediální hřebínek	Anglická	85	61,0	52,8	69,2
	Nizozemská	136	59,2	45,1	73,4
	Skotská	52	56,2	42,8	69,6

Studie rovněž zjistila statisticky významné rozdíly mezi zkušenými a méně zkušenými hodnotiteli. Průměrná míra přesnosti se u první, zkušenější skupiny pozorovatelů,

pohybovala na úrovni 79 %, kdežto druhá skupina dosáhla pouze 70 %. Rovněž v případě hodnocení každého znaku samostatně dosahovala první skupina vyššího stupně správného přiřazení pohlaví než skupina druhá. Konkrétní, nezprůměrované hodnoty obsahuje **Tabulka 17**.

Tabulka 17: Přesnost odhadu pohlaví pro metodu Phenice (1969) a jednotlivé znaky. Srovnání zkušenějších a méně zkušených hodnotitelů na skotském skeletálním souboru (převzato z MacLaughlin and Bruce 1990).

	Přesnost odhadu pohlaví v procentech		
	Muži + Ženy	Muži	Ženy
Metoda Phenice			
Zkušeni pozorovatelé	78,9	76,1	84,0
Nezkušeni pozorovatelé	70,0	70,2	69,6
Ventrální oblouk			
Zkušeni pozorovatelé	71,8	72,3	70,8
Nezkušeni pozorovatelé	63,4	66,4	57,9
Subpubická konkavita			
Zkušeni pozorovatelé	80,6	78,8	84,0
Nezkušeni pozorovatelé	68,8	68,6	69,2
Mediální hřebínek			
Zkušeni pozorovatelé	69,8	66,3	76,4
Nezkušeni pozorovatelé	64,6	63,0	67,5

Autorky studie shrnují, že test na třech evropských sbírkách nepřinesl předkládané výsledky a proto nelze potvrdit vysokou míru přesnosti této metody, i když předchozí studie hovoří o opaku, Kelley (1978) a Lovell (1989). Ačkoliv v 83 % případů bylo pohlaví v rámci anglického souboru přiřazeno správně, pouze 2/3 nizozemského a skotského vzorku byly správně pohlavně diagnostikovány. Subpubická konkavita se ukázala jako jediný reliabilní znak, přičemž zahrnutí ventrálního oblouku a mediálního hřebínku se významně neprojevovalo na zvýšení úrovně správného přiřazení pohlaví. Rovněž stupeň zkušeností hodnotitele se statisticky významně promítl do procentuální míry správného přiřazení pohlaví. Tedy Phenicem (1969) postulované znaky, jejich přesnost a snadná aplikovatelnost v pohlaví diagnóze se v případě této studie nepotvrdily.

Autorky práce doporučují, aby byla kladena pozornost na samotnou aplikaci této metody v případě sbírek, které se liší od té, na které byl tento přístup původně navrhnut. A dále navrhuje se zaměřit především na úroveň sexuálního dimorfismu souboru, relativní váhu každého znaku a dřívější zkušenosti pozorovatele.

Jak je patrné, tak výsledky studie MacLaughlin and Bruce (1990) mají heterogenní charakter, což je dle našeho předpokladu výsledkem aplikace metody na tři různé populace. Tedy jejich závěry jsou svými výsledky srovnatelné s výsledky naší studie a podporují tak náš předpoklad, že úspěšnost metody Phenice (1969) záleží na pohlavním dimorfismu *os pubis* než na intraobservační chybě. Totéž platí pro hodnocení jednotlivých znaků, kdy může u některých populací být jeden znak informativnější než druhý. Nicméně jeden samotný znak nemůže vést k úspěšné pohlavní diagnóze.

Nejnovější práce zabývající se testováním metody Phenice (1969) je studie Ubelaker and Volk (2002), kterou v podstatě reagují na otázky, jež vyvstaly z předchozích výzkumů zaměřených na hodnocení přesnosti a spolehlivosti této metody. Stěžejním tématem je tedy celková přesnost této techniky a role rozsahu zkušeností pozorovatele. Samotné testování bylo prováděno ve dvou etapách. První fáze spočívala v hodnocení 198 stydkých kostí náhodně vybraných z Terryho skeletální sbírky, které klasifikovala spoluautorka práce pouze na základě seznámení se s prací Phenice (1969), bez předchozích zkušeností s anatomii skeletu a bez dalších informací týkajících se vybraného vzorku. Tento test měl za úkol zjistit význam úrovně zkušeností na aplikaci metody. Druhá fáze spočívala v seznámení pozorovatelky s celkovou morfologií, variabilitou a sexuálním dimorfismem pánve a dalšími morfoskopickými technikami odhadu pohlaví. Po této komplexní teoretické i praktické instruktáži provedla hodnocení na příslušném vzorku znovu, tentokrát za užití i dalších aspektů pánve, včetně třech znaků Phenice (1969).

Při prvním hodnocení bylo správně určeno 175 ze 198 jedinců, což je 88,4% průměrná přesnost metody, přičemž přesnost byla vyšší u žen (97,0 %) než u mužů (79,8 %). Celkem bylo nesprávně určeno 23 jedinců, z nichž bylo 20 mužů (4 Afroameričané, 15 jedinců evropského původu a 1 Ind) a 3 ženy (2 Afroameričanky a 1 evropského původu). Věk těchto 23 jedinců se pohyboval v rozmezí od 27 do 73 let.

Druhé hodnocení vykazovalo procentuální vzrůst přesnosti pohlaví diagnózy na průměrnou hodnotu 96,5 %, přičemž přesnost u mužů a žen byla podobná. Z celkových 198 jedinců bylo správně klasifikováno 191. Ze sedmi nesprávně ohodnocených jedinců byli dva muži, (oba evropského původu) a 5 žen (1 evropského původu a 4 Afroameričanky), přičemž věk těchto jedinců se pohyboval od 20 – 79 let.

V rámci prvního hodnocení bylo nesprávně určeno celkem 20 mužů (klasifikováni jako ženy), v případě druhého hodnocení bylo v rámci těchto 20 jedinců správně (jako muži)

klasifikováno 18 z nich, dva jedinci byli diagnostikováni špatně v obou případech. Jednalo se o muže ve věku 29 a 38 let evropského původu, přičemž oba měli velmi malou stydkou kost s charakteristikami typickými pro ženské pohlaví. V případě třech špatně diagnostikovaných žen u prvního hodnocení (klasifikovány jako muži) byla pouze jedna podruhé hodnocena taktéž jako muž. Nicméně první hodnocení správně určilo pohlaví u čtyř žen, kdežto při druhém hodnocení byly tyto konkrétní ženy klasifikovány jako muži. Toto bylo pravděpodobně zapříčiněno celkovou robusticitou a velikostí těchto pánevních kostí.

Autoři poukazují na to, že metoda navržená Phenicem (1969) rozhodně nabízí užitečný přístup k hodnocení pohlaví i v případě méně zkušených pozorovatelů, nicméně 96% míra přesnosti prezentována v Phenicově studii neodpovídá výsledkům testování. Jelikož obě hodnocení tohoto přístupu probíhali na Terryho skeletální sbírce, je logické, že rozdíly v přesnosti spíše reflektují různé úrovně zkušenosti hodnotitelů než populační diference testovaného souboru. Studie rovněž naznačuje, že užití všech informací o celé pánvi produkuje vyšší míru přesnosti než pouhá aplikace znaků definovaných Phenicem (1969), nicméně v případě nesprávné klasifikace u celostního přístupu a správného určení užitím znaků pouze na *os pubis* se dostáváme k důležitosti Phenicovy techniky v případě hodnocení ženské pánve nezvyklé velikosti či robusticity. Důležitým výsledkem je rovněž zjištění, že technikou Phenice (1969) jsou přesněji diagnostikovány ženy a že senescenční změny mají negativní vliv na úspěšnost pohlavní diagnostiky.

Z tohoto rozboru vyplývá, že výsledky souhrnně poukázaly na to, že metody Phenice (1969) je užitečný pohlavně diagnostický nástroj, nicméně deklarovaná míra přesnosti a spolehlivosti je nižší než uvádí studie Phenice (1969). Tento fakt byl zjištěn i naší studií, kdy přesnost dosáhla 85 %, tedy o 11 % méně než ve své studii uvádí Phenice (1969).

Za jednu z příčin nižší přesnosti byly považovány jednotlivé morfologické znaky. Z těchto důvodů se řada badatelů zabývala zjištěním anatomických podkladů pohlavního dimorfismu jednotlivých znaků *os pubis* navržených v metodě Phenice (1969). Nejčastěji byly studovány anatomické a vývojové základy ventrálního oblouku, který má vztahy k upevnění svalů jako *m. gracilis*, *m. adductor brevis* a *m. adductor magnus* (Anderson 1990) a rozdílným růstovým vzorům během růstového spurtu, kdy laterální umístění ventrálního oblouku koreluje s délkou *os pubis*, která je delší u žen, což souvisí s mírou růstu na symfyziaálním okraji *os pubis* v postadolescentním období (Budinoff and Tague

1990). Subpubická konkavita je zase výsledkem rozdílného subpubického úhlu mezi pohlavími, který se odvíjí od tvarových diferencí celého ischiopubického komplexu. Tyto difference jsou výsledkem odlišného růstu kostí, kdy inferiorní okraj *tuber ischiadicum* u žen roste laterálně kdežto u mužů inferiorně a rovněž je zde rozdíl v direkcionálním růstu střední části ischiopubické větve (Coleman 1969). Naše pozornost se však soustřeďuje k hodnocení morfologických struktur. Hodnocením pouze jednoho znaku, ventrálního oblouku, se ve své studii zabývali Sutherland and Suchey (1991). Testovací soubor sestával z celkem 1284 jedinců známého pohlaví, etnické příslušnosti a věku, přičemž věkový rozsah byl od 11 do 99 let. Autorky shrnují, že ventrální oblouk nemá obvyklou rozeznatelnou formu před dvacátým rokem života, nicméně je možné rozeznat prekursor ventrálního oblouku, který můžeme definovat jako slabou linii, jež se nachází na ventrálním povrchu a má stejný směr jako ventrální oblouk definovaný Phenicem (1969). Prekursor se vyskytuje na dolním konci těsně před symfyziálním okrajem jako jemná hutná kostní tkáň (viz **Obrázek 13**). Tedy studie definuje nový přístup k rozeznání ne zcela ještě vyvinutého ventrálního oblouku a rovněž navrhuje, aby k původní Phenicově (1969) definici ventrálního oblouku byla přidána nutnost jeho palpáce.

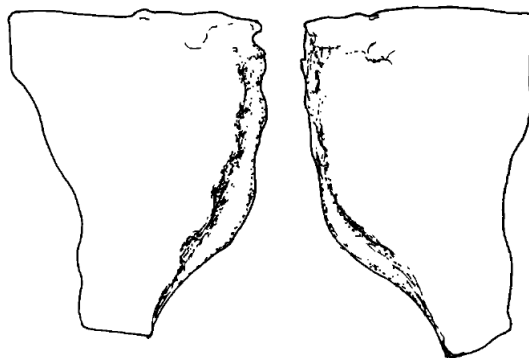


Obrázek 13: Část stydké kosti mladé, adolescentní ženy vykazující přítomnost prekursoru ventrálního oblouku. Pohled na ventrální stranu (převzato z Sutherland and Suchey 1991).

Za užití modifikované definice ventrálního oblouku a nové definice prekursoru autorky klasifikovaly celkem 248 ženských stydkých kostí do 30-ti let dle 3 proměnných: absence ventrálního oblouku, přítomnost prekursoru a přítomnost ventrálního oblouku. Výsledku poukazují na to, že ventrální oblouk u mladších jedinců chybí, ti jsou povětšinou mladší 21 let, prekursor se začíná objevovat ve vzorku kolem 14 roku života a ve 20 letech je poměrně běžnou charakteristikou.

Testován byl rovněž soubor, který obsahoval 399 stydkých kostí žen ve věku mezi 30 až 99 lety, přičemž ventrální oblouk je přítomen u 93 % ženských *os pubis*. Pouze malý vzorek 4 stydkých kostí okolo 90 let nebylo možno ohodnotit vzhledem ke špatné manifestaci znaku. Nicméně i tak autorky shledávají, že ventrální oblouk je užitečný indikátor pohlaví jak u starších tak mladších žen.

Mužské stydké kosti, mohou v tomto místě vykazovat mírně vyvýšený hřeben, který nicméně nemá stejný průběh jako ventrální oblouk u žen, avšak v testovaném souboru 4 % mužských stydkých kostí vykazovaly takový tvar hřebene, který by mohl být lehce zaměněn za znak ženský (viz **Obrázek 14**).



Obrázek 14: Část stydké kosti muže vykazující hřeben v místě výskytu ženského ventrálního oblouku, který může být lehce zaměněn za znak ženský. Pohled na ventrální stranu (převzato z Sutherland and Suchey 1991).

Ve studii rovněž testovali interobservační chybu a to na vzorku 20 párů stydkých kostí, které byly speciálně vybrány s ohledem na složitost klasifikace. První skupinu hodnotitelů tvořilo 10 studentů osteologie, kteří reprezentovali zkušené pozorovatele, jež kromě instrukcí k metodě Phenice (1969) rovněž pracovali s dalšími pohlavně diagnostickými informacemi. Druhou, nezkušenou skupinu pozorovatelů tvořilo 12 soudních zubařů, jenž byli seznámeni pouze s metodou Phenice (1969). Výsledek ukázal, že studenti osteologie dosáhli 92,5% míry správného přiřazení, kdežto forenzní dentisté dosáhli 85,4% přesnosti v případě celého souboru. Pokud ale bereme v úvahu pouze ty vybrané stydké kosti, které reprezentovali klasické případy, tak zkušení pozorovatelé dosáhli 98,7 % správného přiřazení a méně zkušení 94,8 %. Což jasně dokazuje vliv zkušeností na výslednou přesnost pohlavní diagnózy. Detailní analýza ventrálního oblouku řadou studií byla provedena z důvodů, že ventrální oblouk je znakem, který je považován většinou autory za znak nejdůležitější, což jsme prokázali i v naší práci. Detailní analýza

zbývajících dvou morfologických struktur obsažených v metodách nebyla provedena a autoři se spokojují s tvrzením o přítomnosti / nepřítomnosti znaků v souboru mužů a žen s ohledem na vývoj pánevních struktur během růstového spurtu, během a po pubertě, kdy teprve dochází k plnému rozvoji pohlavního dimorfismu *os coxae*.

Pokud si shrneme výsledky všech výše uvedených studií, které se zabývají testováním metody Phenice (1969), tak jediná práce Kelley (1978) dokládá podobnou míru přesnosti určení pohlaví jako sám Phenice (1969), nicméně problém této studie spočívá v tom, že testovaný soubor stydkých kostí byl neznámého pohlaví a věku. Pohlaví bylo stanovováno, kromě metody Phenice (1969) dalšími přístupy, které měli výsledek testované metody buďto potvrdit nebo vyvrátit. Další studie Sutherland and Suchey (1991) a Ubelaker and Volk (2002) vykazují nižší míru přesnosti metody, nicméně souhlasí s tím, že postup je velice užitečný při pohlavní diagnostice a to i pro méně zkušené pozorovatele, ale zároveň upozorňují na to, že zkušení hodnotitelé vykazují vyšší míru správného určení pohlaví. S tímto závěrem však ve své práci nesouhlasí Lovell (1989), která výslednou procentuální míru správného určení pohlaví u skupiny zkušených a méně zkušených pozorovatelů podrobila jednosměrné analýze rozptylu a výsledek se ukázal být statisticky nesignifikantní. Nicméně dokládá, že vliv na přesnost metody mají senescenční změny a to zejména v případě ventrálního oblouku, který se ukázal jako nejspolehlivější kritérium. Pokud se ale vrátíme zpět ke studii Sutherland and Suchey (1991), tak autoři zde nevidí problém v detekci ventrálního oblouku u starších jedinců a díky návrhu jeho prekurzoru jsou schopni dle tohoto znaku určit i jedince adolescentní. Jediná studie MacLaughlin and Bruce (1990) neshledává metodu Phenice (1969) za příliš přesnou a spolehlivou, nicméně pokládá předchozí zkušenosti pozorovatele za klíčové pro co nejvyšší možnou míru správné pohlaví diagnózy. Vzhledem k množství klasifikovaného materiálu různých populací zde ale vyvstává otázka populační specifity. Samotní autoři studie akcentují potřebu zhodnocení úrovně pohlavního dimorfismu souboru před samotnou aplikací metody. Přehled všech výše uvedených studií a výsledků testování metody včetně té původní Phenice (1969) prezentuje **Tabulka 18**.

Tabulka 18: Výsledky jednotlivých studií, které hodnotily přesnost metody Phenice (1969).

Studie	Velikost testovacího vzorku		Průměrná přesnost užití metody Phenice v procentech	Průměrná přesnost jednotlivých znaků v procentech		
	Muži	Ženy		Ventrální oblouk	Subpubická konkavita	Mediální hřebínek
Phenice (1969)	180	95	96,0	-	-	-
Američané evropského původu	160	43	96,6	-	-	-
Afroameričané	20	52	94,4	-	-	-
Kelley (1978)	191	171	97,1	-	-	-
Lovell (1988)	13	23	83,0	-	-	-
MacLaughlin a Bruce (1990)	152	121	69,9	-	-	-
Angličané	52	33	82,7	65	87	61
Nizozemci	72	64	68,3	55	72	59
Skoti	28	24	58,6	45	75	56
Ubelaker a Volk (2002)	99	99	88,4	-	-	-
Američané evropského původu	60	55	86,1	-	-	-
Afroameričané	38	44	92,7	-	-	-
Indové	1	0	0,0	-	-	-
Sutherland a Suchey (1991)	637	647	-	96	-	70

Z uvedeného přehledu vyplývá, že přesnost odhadu pohlaví metodou Phenice (1969) závisí na stupni pohlavního dimorfismu každé populace, jak konečně naznačili ve své studii MacLaughlin and Bruce (1990). S tímto závěrem se ztotožňujeme a odpovídají mu i výsledky naší diplomové práce. Výsledky rovněž poukazují na fakt, že samotný pohlavní dimorfismus *os pubis* v žádném případě nemůžu reprezentovat pohlavní dimorfismus celé pánve, jak ostatně ukázala studie Ubelaker and Volk (2002).

Jiný faktor, který by mohl hrát roli v úspěšnosti odhadu metody je podle Klales et al. (2012) samotný princip hodnocení. Tito autoři se opírali o diskrepanci výsledků mezi publikovanou přesností originální studie Phenice (1969) a její aplikací v řadě prací jak bylo uvedeno v úvodu naší diskuze. Klales et al. (2012) zjistili, že rozšíření škály ze dvou na pět kategorií zpřesňuje výsledek odhadu pohlaví. Naše studie provedla test reliability tohoto přístupu ve francouzské populaci a z našich výsledků vyplynulo, že předpoklad rozšíření škály hodnocení nepřispívá příliš k zpřesnění odhadu pohlaví. Metoda Phenice (1969) dosáhla 85% míry přesnosti a metoda Klales et al. (2012) dosáhla 83% míry správného

přiřazení pohlaví, což jsou srovnatelné hodnoty. Nicméně rozšířená hodnotící škála podstatně zhoršuje reliabilitu metody, kdy metoda Phenice (1969) dosáhla při zprůměrování všech výsledných K hodnot jednotlivých znaků hodnotu 0,63, což odpovídá dobré shodě, tak metoda Klales et al. (2012) dosáhla pouze K hodnotu ve výši 0,38, což je slabá shoda. I závěrečné intraobservační hodnocení výsledného stanoveného pohlaví ukazuje, že metoda Phenice (1969) vykazuje dobrou shodu (K hodnota 0,7), kdežto metoda Klales et al. (2012) dosahuje průměrné shody (K hodnota 0,6).

Výše popsaná metoda Klales et al. (2012) byla rovněž hodnocena z hlediska její přesnosti, korelace a koroborace a srovnávána se standardními osteometrickými přístupy. Kenyhercz et al. (2012) na 64. zasedání Americké akademie forenzních věd v Atlantě přednesli závěry své studie. Metrická a nemetrická data byla soustavně sbírána z pozitivně identifikovaných jednotlivců soudních případů mezi léty 2009 – 2012 v Ústavu aplikovaných forenzních věd Univerzity Mercyhurst. Mezi užití morfoskopické přístupy určující pohlaví patřila metoda Walker (2008) pro odhad pohlaví dle znaků na lebce a modifikovaná metoda Klales et al. (2012) pro odhad pohlaví dle znaků na pánvi. Veškerá měření byla analyzována prostřednictvím programu Fordisc 3.0, klasifikační přesnost byla vypočtena jak pro metrické tak nemetrické metody, čímž se zjišťovalo, do jaké míry se výsledky metrického hodnocení shodují s výsledky nemetrických metod, tedy míru koroborace. Rovněž za pomoci polyseriální korelační matice byl testován vztah mezi standardními metrickými přístupy a hodnocením nemetrických znaků. Výsledky poukazují na to, že na stejném vzorku jedinců metoda Walker (2008) určila správně pohlaví u všech jedinců, zatímco metoda Klales et al. (2012) dosáhla 91 % klasifikační přesnosti. Rovněž se zde objevili nemetrické a metrické proměnné, které mezi sebou silně korelují a to jak u Walker (2008) tak i u Klales et al. (2012).

Jak je patrné z obou studií Klales et al. (2012) a Kenyhercz et al. (2012), tak modifikovaná metoda nepřináší podstatné zlepšení validity či reliability oproti původní metodě Phenice (1969). Rozšíření škály nebude zřejmě faktorem přispívajícím k úspěšnosti techniky, jako u všech vizuálních metod zde hraje roli i zkušenost pozorovatele. Též Klales et al. (2012) uvádějí, že vyšší míry správné klasifikace je dosaženo zkušenějšími pozorovateli ve srovnání s těmi méně zkušenými, což potvrzují i některé předchozí práce (MacLaughlin and Bruce 1990; Sutherland and Suchey 1991; Ubelaker and Volk 2002).

Shrneme-li poznatky naší studie i citovaných autorů, je zřejmé, že úspěšnost metody Phenice (1969) závisí na vícero- faktorech, z nichž primárním je samotný stupeň pohlavního dimorfismu *os pubis* v populaci, ve které je hodnocení prováděno. Druhým faktorem může být počet jednotlivých kategorií hodnoceného znaku, kde obdobně jak prokázal Novotný (1981), vyšší počet kategorií zhoršuje intraobservační chybu a tak i reliabilitu výsledku. S tímto názorem se ztotožňujeme, protože jsme rovněž zjistili, tento fakt v naší práci. V oblasti hodnocení vizuálních znaků se ukázalo a to i v případě odhadu věku podle pánve, že nižší počet kategorií znaku poskytuje více konzistentní výsledky (Buk et al. 2012; Schmitt et al. 2002).

10. Závěr

V souboru CT francouzské populace jsme zhotovili modely segmentovaných pánevních kostí, které jsme hodnotili pomocí metod Klales et al. (2012) a Phenice (1969) a odhadli jsme pohlaví. V prvním kroku jsme zjistili individuální intraobservační chybu na souboru 30 izolovaných pánevní kostí ze sbírek Katedry antropologie a genetiky člověka Univerzity Karlovy v Praze, přičemž hodnocení pomocí Cohenovy kappy (Cohen 1960) ukázalo, že i na takto malé souboru je metoda Phenice (1969) reliabilnější a vykazuje dobrou shodu mezi sadami měření (K hodnota rovna 0,66), narozdíl od metody Klales et al. (2012), která vykazuje pouze průměrnou shodu (K hodnota rovna 0,51). Podobné výsledky jsme obdrželi i z hodnocení 3D modelů, kdy metoda Phenice (1969) dosáhla rovněž dobré intraobservační shody (K hodnota rovna 0,63), kdežto metoda Klales et al. (2012) vykazovala pouze slabou míru intraobservační shody (K hodnota rovna 0,38) v souvislosti s opakovaným hodnocením znaků / stupňů *os pubis*. Z tohoto závěru vyplývá, že rozšíření škály hodnocených znaků nepřispívá podstatně k přesnosti metody, avšak zhoršuje reliabilitu výsledků. Náš test uvedených metod dosáhl úspěšnosti 85 % v případě metody Phenice (1969), což je nižší hodnota než uvádějí američtí autoři v jejich souborech a 83 % v případě metody (Klales et al. 2012). Práce potvrzuje, že kromě rozdílů daných intraobservační chybou, jsou výsledky ovlivněny i stupněm pohlavního dimorfismu *os pubis* dané populace.

11. Seznam literatury

- Abramson J. 2011. WINPEPI updated: computer programs for epidemiologists, and their teaching potential. *Epidemiologic Perspectives & Innovations*.
- Acsádi G, and Nemeskéri J. 1970. History of human life span and mortality. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Adams D, Rohlf F, and Slice D. 2013. A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix, the Italian Journal of Mammology* 24(1):7 - 14.
- Anderson B. 1990. Ventral arc of the os pubis: Anatomical and developmental considerations. *American Journal of Physical Anthropology* 83(4):449 - 458.
- Barrier P, Dedouit F, Braga J, Joffre F, Rougé D, Rousseau H, and Telmon N. 2009. Age at death estimation using multislice computed tomography reconstructions of the posterior pelvis. *Journal of Forensic Sciences* 54(4):773 - 778.
- Benazzi S, Stansfield E, Kullmer O, Fiorenza L, and Gruppioni G. 2009. Geometric morphometric methods for bone reconstruction: The mandibular condylar process of pico della mirandola. *The Anatomical Record* 292:1088 - 1097.
- Betti L, Cramon-Taubadel N, Manica A, and Lycett S. 2013. Global geometric morphometric analyses of the human pelvis reveal substantial neutral population history effects, even across sexes. *PLoS ONE* 8(2).
- Biason-Lauber A. 2010. Control of sex development. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* 24:163 - 186.
- Bilgeld M, Dedouit F, Rousseau H, Sans N, Braga J, Rougé D, and Telmon N. 2012. Human coxal bone sexual dimorphism and multislice computed tomography: Geometric morphometric analysis of 65 adults. *Journal of Forensic Sciences* 57(3):578 - 588.
- Biwasaka H, Aoki Y, Sato K, Tanijiri T, Fujita S, Dewa K, Yoshioka K, and Tomabechi M. 2012. Analyses of sexual dimorphism of reconstructed pelvis computed tomography images of contemporary Japanese using curvature of the greater sciatic notch, pubic arch and greater pelvis. *Forensic Science International* 219:288.e281 - 288.e288.
- Biwasaka H, Sato K, Aoki Y, Kato H, Maeno Y, Tanijiri T, Fujita S, and Dewa K. 2013. Three dimensional surface analyses of pubic symphyseal faces of contemporary Japanese reconstructed with 3D digitized scanner. *Legal Medicine* 15:264 - 268.
- Blackless M, Charuvastra A, Derryck A, Fausto-Sterling A, Lauzanne K, and Lee E. 2000. How sexually dimorphic are we? Review and Synthesis. *American Journal of Human Biology* 12:151 - 166.
- Bookstein F. 1991. Morphometric tools for landmark data. *Geometry and biology*. Cambridge: Cambridge university press.

- Bortlíček Z. 2008. ROC křivky. Brno: Masarykova univerzita v Brně.
- Brooks S, and Suchey J. 1990. Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Journal of Human Evolution* 5:227 - 238.
- Brush S. 1978. Nettie M. Stevens and the discovery of sex determination by chromosomes. *Isis* 69(2):162 - 172.
- Brůžek J. 1991. Fiabilité des procédés de détermination du sexe à partir de l'os coxal. Implications à l'étude du dimorphisme sexuel de l'homme fossile. Paris.
- Brůžek J. 2002. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *American Journal of Physical Anthropology* 117:157 - 168.
- Brůžek J, and Murail P. 2006. Methodology and reliability of sex determination from the skeleton. In: Schmitt A, Cunha E, and Pinheiro J, editors. *Forensic anthropology and medicine Complementary sciences from recovery to cause of death*. Totowa, New Jersey: Humana Press.
- Budinoff L, and Tague R. 1990. Anatomical and developmental bases for the ventral arc of the human pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 82(1):73 - 79.
- Buikstra J, and Ubelaker D. 1994. Documentation of sex differences and age changes in adults. Standards for data collection from human skeletal remains Proceedings of a seminar at the Field Museum of Natural History. Arkansas: Arkansas archeological survey research.
- Buk Z, Kordik P, Brůžek J, Schmitt A, and Snorek M. 2012. The age at death assessment in a multi-ethnic sample of pelvic bones using nature-inspired data mining methods. *Forensic Science International* 220(1-3):294.e291 - 294.e299.
- Cabo L, Brewster C, and Azpiazu J. 2012. Sexual dimorphism: Interpreting sex markers. In: Dirkmaat D, editor. *A companion to forensic anthropology*. Chichester: Blackweel Publishing Ltd.
- Cohen J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20(1):37 - 46.
- Coleman W. 1969. Sex differences in the growth of the human bony pelvis. *American Journal of Physical Anthropology* 31(2):125 - 151.
- Correia H, Balseiro S, and De Areia M. 2005. Sexual dimorphism in the human pelvis: Testing a new hypothesis. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology* 56:153 - 160.
- Dawson C, Ross D, and Mallett X. 2011. Sex determination. In: Black S, and Ferguson E, editors. *Forensic anthropology: 2000 to 2010*. Boca Raton: CRC Press.

- Decker J, Davy-Jow S, Ford J, and Hilbelink D. 2011. Virtual determination of sex: Metric and nonmetric traits of the adult pelvis from 3D computed tomography models. *Journal of Forensic Sciences* 56(5):1107 - 1114.
- Dedouit F, Guilbeau-Frugier C, Telmon N, Gainza D, Otal P, Joffre F, and Rougé D. 2008. Virtual autopsy and forensic anthropology of a mummified fetus: A report of one case. *Journal of Forensic Sciences* 53(1):208 - 212.
- Dedouit F, Telmon N, Guilbeau-Frugier C, Gainza D, Otal P, Joffre F, and Rougé D. 2007. Virtual autopsy and forensic identification - Practical application: A report of one case. *Journal of Forensic Sciences* 52(4):960 - 964.
- Dirkmaat D. 2012. *A companion to forensic anthropology*. Chichester: Blackweel Publishing Ltd.
- Dixit S, Kakar S, Agarwal S, and Choudhry R. 2007. Sexing of human hip bone of Indian origin by discriminant function analysis. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 14:429 - 435.
- Dutailly B, and Guyomarc'h P. 2013. TIVMI V2.2. Université Bordeaux 1.
- Fairbairn D. 1997. Allometry for sexual size dimorphism: Pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:659 - 687.
- Fairbairn D, and Roff D. 2006. The quantitative genetics of sexual dimorphism: assessing the importance of sex-linkage. *Heredity* 97:319 - 328.
- Fawcett T. 2006. An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters* 27:861 - 874.
- Ferembach D, Schwidetzky I, and Stloukal M. 1979. Recommandations pour déterminer l'age et le sexe sur le squelette. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 6(6-1):7 - 45.
- Frayer D, and Wolpoff M. 1985. Sexual dimorphism. *Annual Reviews Anthropology* 14:429 - 473.
- Garvin H. 2012. Adult sex determination: Methods and application. In: Dirkmaat D, editor. *A companion to forensic anthropology*. Chichester: Blackweel Publishing Ltd.
- González P, Bernal V, and Perez S. 2009. Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. *Forensic Science International* 189:68 - 74.
- González P, Bernal V, Perez S, and Barrientos G. 2007. Analysis of dimorphic structures of the human pelvis: its implications for sex estimation in sample without reference collections. *Journal of Archaeological Science* 34:1720 - 1730.

- Grabgerr S, Cooper C, Ulrich-Bochsler S, Uldin T, Ross S, Oesterhelweg L, Bolliger S, Christe A, Schnyder P, Mangin P et al. . 2009. Estimation of sex and age of “virtual skeletons” - a feasibility study. *European Journal of Radiology* 19(2):419 - 429.
- Gunz P, Mitteröcker P, Neubauer S, Weber G, and Bookstein F. 2009. Principles for the virtual reconstruction of hominin crania. *Journal of Human Evolution* 57:48 - 62.
- Gustafsson A, and Lindenfors P. 2009. Latitudinal patterns in human stature and sexual stature dimorphism. *Annals of Human Biology* 36(1):74 - 87.
- Hendl J. 2009. Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat. Praha: Portál.
- Howells W. 1964. Détermination du sexe du bassin par fonction discriminante: étude du matériel du Dr. Gaillard. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 7(1):95 - 105.
- Chapman T, Lefevre P, Semal P, Moiseev F, Sholukha V, Louryan S, Rooze M, and Jan S. 2013. Sex determination using the probabilistic sex diagnosis (DSP: Diagnose Sexuelle Probabiliste) tool in a virtual environment. *Forensic Science International*.
- Igbigbi P, and Msamati B. 2000. Sex determination from femoral head diameters in black Malawians. *East African Medical Journal* 77(3):147 - 151.
- Kelley M. 1978. Phenice's visual sexing technique for the os pubis: A critique. *American Journal of Physical Anthropology* 48:121 - 122.
- Kenyhercz M, Klales A, Fredette S, and Dirkmaat D. 2012. Metric and non-metric assessments of sex: Accuracy, correlation and corroboration. 64th Meeting of the American Academy of Forensic Sciences. Atlanta.
- Kimura K. 1982. Sex differences of the hip bone among several populations. *Okajimas Folia Anatomica Japonica* 58(4 - 6):265 - 276.
- Klales A, Ousley S, and Vollner J. 2012. A revised method of sexing the human innominate using Phenice's nonmetric traits and statistical methods. *American Journal of Physical Anthropology* 149(1):104 - 114.
- Kohavi R, and Provost F. 1998. Glossary of Terms. Special issue on applications of machine learning and the knowledge discovery process. *Machine Learning* 30:271 - 274.
- Komar D, Davy-Jow S, and Decker J. 2012. The use of a 3-D laser scanner to document ephemeral evidence at crime scenes and postmortem examinations. *Journal of Forensic Sciences* 57(1):188 - 191.
- Krogman W. 1962. *The human skeleton in forensic medicine*. Springfield, Illinois: Charles C Thomas.
- Kříž J. 2007. Poruchy sexuální diferenciaci. *Urologické listy* 5(1):12 - 15.

- Landis J, and Koch G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33(1):159 - 174.
- Lee P, Houk C, Ahmed S, and Hughes A. 2006. Consensus statement on management of intersex disorders. *Pediatrics* 118(2):e488 - e500.
- Listi G, and Bassett H. 2006. Test of an alternative method for determining sex from the os coxae: Applications for modern americans. *Journal of Forensic Sciences* 51(2):248 - 252.
- Lorkiewicz-Muszyńska D, Przystańska A, Kociemba W, Sroka A, Rewekant A, Żaba C, and Paprzycki W. 2013. Body mass estimation in modern population using anthropometric measurements from computed tomography. *Forensic Science International* 231:405.e401 - 405.e406.
- Loth S, and Henneberg M. 1996. Mandibular ramus flexure: A new morphologic indicator of sexual dimorphism in the human skeleton. *American Journal of Physical Anthropology* 99:473 - 485.
- Lovell N. 1989. Test of Phenice's technique for determining sex from the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 79:117 - 120.
- Lovich J, and Gibbons J. 1992. A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism. *Grow, Development & Aging* 56:269 - 281.
- Luo Y. 1995. Sex determination from the pubis by discriminant function analysis. *Forensic Science International* 74:89 - 98.
- MacLaughlin S, and Bruce M. 1990. The accuracy of sex identification in European skeleton remains using the Phenice characters. *Journal of Forensic Sciences* 35(6):1384 - 1392.
- Mahfouz M, Badawi A, Merkl B, Abdel Fatah E, Pritchard E, Kesler K, Moore M, Jantz R, and Jantz L. 2007. Patella sex determination by 3D statistical shape models and nonlinear classifiers. *Forensic Science International* 173(2-3):161 - 170.
- Microsoft. 2007. Microsoft Office Excel 2007. Redmond.
- Murail P, Brůžek J, Houët F, and Cunha E. 2005. DSP: A tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 17(3 - 4):167 - 176.
- Nagesh K, Kanchan T, and Bastia B. 2007. Sexual dimorphism of acetabulum-pubis index in South-Indian population. *Legal Medicine* 9:305 - 308.
- Neustupa J. 2006. Co je to geometrická morfometrika. *Živa* 2:54 - 56.
- Novotný V. 1981. Pohlavní rozdíly a identifikace pohlaví pánevní kosti. Brno: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně.

- Oxnard C, Franklin D, Cardini A, and O'Higgins P. 2013. Morphometrics in forensic science: Steps towards the development of population specific standards. Annual Meeting of the AAPA. Washington.
- Papaloucas C, Fiska A, Pistevou-Gompaki K, and Demetriou T. 2007. Sex differences in hip joint bones in Greeks and possible consequences. *Aristotle University Medical Journal* 34(3):45 - 48.
- Pasquier E, Pernot L, Burdin V, Mounayer C, Rest C, Colin D, Mottier D, Roux C, and Baccino. 1999. Determination of age at death: Assessment of an algorithm of age prediction using numerical three-dimensional CT data from pubic bones. *American Journal of Physical Anthropology* 108:261 - 268.
- Patriquin M, Loth S, and Steyn M. 2003. Sexually dimorphic pelvic morphology in South African whites and blacks. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology* 53(3):255 – 262.
- Patriquin M, Steyn M, and Loth S. 2005. Metric analysis of sex differences in South African black and white pelvises. *Forensic Science International* 147:119 - 127.
- Phenice T. 1969. A newly developed visual method of sexing the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology* 30:297 - 302.
- Plavcan J. 2011. Understanding dimorphism as a function of changes in male and female traits. *Evolutionary Anthropology* 20:143 - 155.
- Provost F, Fawcett T, and Kohavi R. 1998. The case against accuracy estimation for comparing induction algorithms. *Fifteenth International Conference on Machine Learning*. Madison.
- Rey R, and Grinspon R. 2011. Normal male sexual differentiation and etiology of disorders of sex development. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* 25:221 - 238.
- Rosenberg K, and Trevathan W. 2002. Birth, obstetrics and human evolution. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology* 109(11):1199 - 1206.
- Rühli F, Kuhn G, Evison R, Müller R, and Schultz M. 2007. Diagnostic value of micro-CT in comparison with histology in the qualitative assessment of historical human skull bone pathologies. *American Journal of Physical Anthropology* 133:1099 - 1111.
- Řehák J. 1998. Kvalita dat I. Klasický model měření reliability a jeho praktický aplikační význam. *Sociologický časopis* 34(1):51 - 60.
- Sholts S, Wärmländer S, Flores L, Miller K, and Walker P. 2010. Variation in the measurement of cranial volume and surface area using 3D laser scanning technology. *Journal of Forensic Sciences* 55(4):871 - 876.

- Schafer A, and Goodfellow P. 1996. Sex determination in humans. *BioEssays* 18(12):955 - 963.
- Schmitt A, Murail P, Cunha E, and Rougé D. 2002. Variability of the pattern of aging on the human skeleton: Evidence from bone indicators and implications on age at death estimation. *Journal of Forensic Sciences* 47(6):1203 - 1209.
- Sokal R, and Rohlf F. 2009. *Introduction to biostatistics*. New York: Dover Publications.
- Steyn M, and İşcan M. 2008. Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks. *Forensic Science International* 179(1):86.e81 - 86.e86.
- Steyn M, and Patriquin M. 2009. Osteometric sex determination from the pelvis - Does population specificity matter? *Forensic Science International* 191:113.e111 - 113.e115.
- Steyn M, Pretorius E, and Hutten L. 2004. Geometric morphometric analysis of the greater sciatic notch in South Africans. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology* 54(3):197 - 206.
- Stloukal M, Dobisíková M, Kuželka V, Stránská P, Velemínský P, Vyhnálek L, and Zvára K. 1999. *Antropologie. Příručka pro studium kostry*. Praha: Národní muzeum.
- Sutherland L, and Suchey J. 1991. Use of ventral arc in pubic sex determination. *Journal of Forensic Sciences* 36(2):501 - 511.
- Telmon N, Gaston A, Chemla P, Blanc A, Joffre F, and Rougé D. 2005. Application of the Suchey-Brooks method to three-dimensional imaging of the pubic symphysis. *Journal of Forensic Sciences* 50(3):1 - 5.
- Tocheri M, Marzke M, Liu D, Bae M, Jones G, Williams R, and Razdan A. 2003. Functional capabilities of modern and fossil hominid hands: Three-dimensional analysis of trapezia. *American Journal of Physical Anthropology* 122:101 - 112.
- Ubelaker D, and Volk C. 2002. A test of the Phenice method for the estimation of sex. *Journal of Forensic Sciences* 47(1):19 - 24.
- Villa C, Buckberry J, Cattaneo C, and Lynnerup N. 2013. Technical note: Reliability of Suchey-Brooks and Buckberry-Chamberlain methods on 3D visualizations from CT and laser scans. *American Journal of Physical Anthropology* 151:158 - 163.
- Visa S, Ramsay B, Ralescu A, and VanDerKnaap E. 2011. Confusion matrix - Based feature selection. The 22nd Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference. p 120 - 127.
- Wade A, Nelson A, Garvin G, and Holdsworth D. 2011. Preliminary radiological assessment of age-related change in the trabecular structure of the human os pubis. *Journal of Forensic Sciences* 56(2):312 - 319.

Walker P. 2008. Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. *American Journal of Physical Anthropology* 136:39 - 50.

Weber G, Schäfer K, Prossinger H, Gunz P, Mitteröcker P, and Seidler H. 2001. Virtual anthropology: The digital evolution in anthropological sciences. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science* 20(2):69 - 80.

Wessel G. 2011. Y does it work this way? Nettie Maria Stevens (July 7, 1961 - May 4, 1912). *Molecular Reproduction and Development* 78(9).