

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta filozofická**

**Diplomová práce**

**Odhad délky ruky z kostí ruky anatomickou  
metodou**

**Sára Kuncová**

Plzeň 2017

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta filozofická**

Katedra antropologie

**Studijní program Antropologie**

**Studijní obor Antropologie populací minulosti**

**Diplomová práce**

**Odhad délky ruky z kostí ruky anatomickou  
metodou**

**Sára Kuncová**

*Vedoucí práce:*

Mgr. Patrik Galeta, Ph.D.

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2017

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

*Plzeň, červenec 2017*

.....

Poděkování:

Ráda bych poděkovala Mgr. Patriku Galetovi, Ph.D. za vedení práce, cenné připomínky a odborné rady. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Patriku Mikovi za poskytnutí materiálu v podobě rentgenových snímků.

## Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 ÚVOD.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2 CÍL PRÁCE.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....</b>                                     | <b>12</b> |
| <b>3.1 Anatomie ruky .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>3.2 Variabilita ruky .....</b>                                       | <b>16</b> |
| <b>3.2.1 Ontogenetický vývoj ruky .....</b>                             | <b>16</b> |
| 3.2.1.1 Vývojové vady ruky.....   | 17        |
| <b>3.2.2 Fylogenetický vývoj ruky .....</b>                             | <b>20</b> |
| 3.2.2.1 Ruka šimpanze a člověka .....                                   | 20        |
| 3.2.2.2 Ruka <i>Ardipithecus ramidus</i> .....                          | 22        |
| 3.2.2.3 Ruka Australopitéků .....                                       | 23        |
| <b>3.2.3 Vliv klimatu .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>3.5 Odhad výšky postavy jedince .....</b>                            | <b>26</b> |
| 3.5.1 Matematická metoda odhadu .....                                   | 26        |
| 3.5.2 Anatomická metoda odhadu.....                                     | 26        |
| 3.5.3 Aplikace obou metod na ruku.....                                  | 26        |
| <b>3.6 Otisky rukou v paleolitickém umění.....</b>                      | <b>26</b> |
| <b>3.7 Odhad pohlaví z otisků a stop rukou na stěnách jeskyní .....</b> | <b>26</b> |
| <b>4 MATERIÁL .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>5 METODY.....</b>  | <b>28</b> |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>6 VÝSLEDKY.....</b>        | <b>28</b> |
| <b>7 DISKUZE .....</b>        | <b>28</b> |
| <b>8 ZÁVĚR.....</b>           | <b>28</b> |
| <b>9 LITERATURA .....</b>     | <b>29</b> |
| <b>10 SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b> | <b>35</b> |
| <b>11 SEZNAM TABULEK.....</b> | <b>36</b> |
| <b>12 SEZNAM GRAFŮ .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>13 RESUMÉ.....</b>         | <b>36</b> |

# 1 ÚVOD

Ruka jako anatomický útvar je pro mnoho antropologů a badatelů z výzkumného hlediska velmi zajímavá. Již v roce 1952 vznikla velká komparativní studie zabývající se antropometrií ruky u vojáků americké armády z důvodu zajištění správné velikosti rukavic. Mezi měřenými rozměry byla například délka ruky, šířka ruky nebo zápěstí (White, 1952). O deset let později vznikla studie, ve které autoři podobné rozměry snímali z rentgenových snímků ruky (Vicinius, 1962).

Během let, tak vzniklo množství prací, které se věnují nejen rozměrům, ale také odhadu různých biologických parametrů z ruky. Kromě evolučního vývoje ruky a srovnání s primáty (Young, 2003) lze z ruky odhadovat mnoho parametrů na základě její délky, šířky, poměrů délek jednotlivých prstů, celkového tvaru a velikosti nebo kostí.

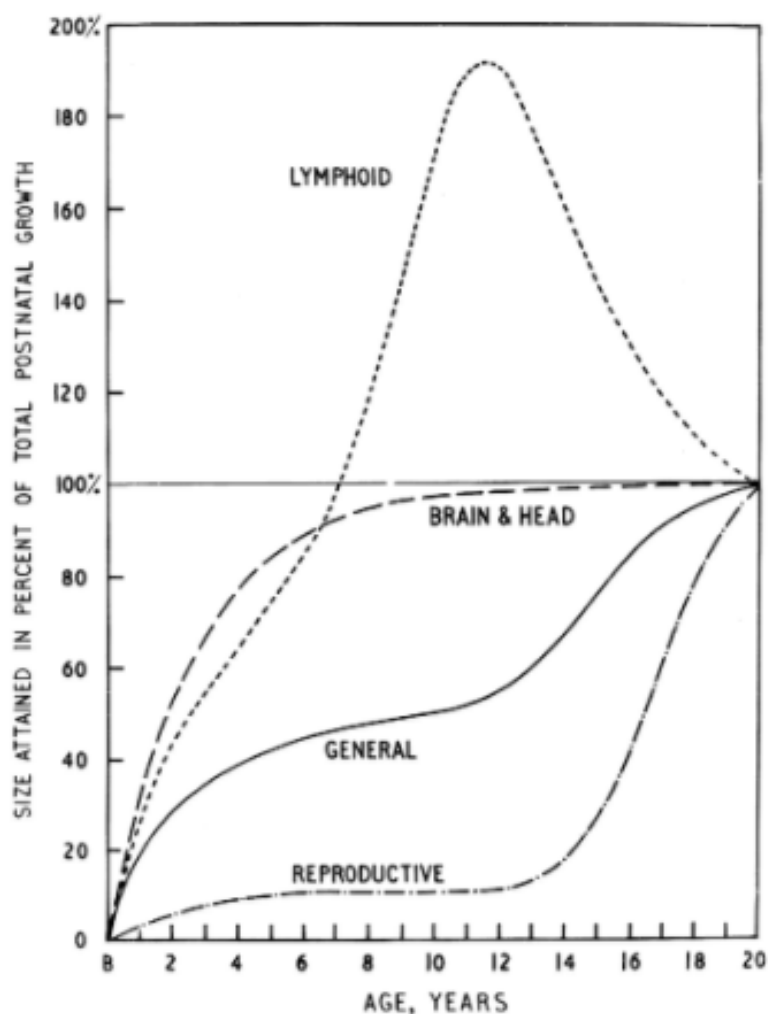
Mezi odhadované biologické parametry patří například pohlaví jedince (Stojanowski, 1999; Barrio et al., 2006; McIntyre et al., 2006). Jako u každého jiného živočišného druhu můžeme u žen a u mužů pozorovat sexuální dimorfismus na více úrovních. Muži a ženy se liší, kromě primárních a sekundárních pohlavních znaků, také ve výšce postavy, v rozložení tělesné váhy nebo ve velikosti mozku či neurální hustotě limbického a paralimbického systému mozku (Goldstein et al., 2001; Wells, 2014).

Sexuální dimorfismus vykazují podle studií i ženské a mužské ruce. Studie pracují především s poměrem mezi délkou druhého a čtvrtého prstu ruky (*2D:4D ratio/Manningův index*). Muži mají relativně delší čtvrtý prst (D4) než ženy a tím nižší Manningův index. Tento poměr mezi délkou prstů je ovlivněn již *in utero* působením testosteronu a estrogenu (Manning et al., 1998, 2000, 2001).

Dalším biologickým parametrem, který lze odhadovat z délky ruky či kostí ruky je výška postavy jedince (Agnihotri et al., 2008; Rastogi et al., 2008; Habib a Kamal, 2010, Wilbur, 2008). Výše zmínění autoři

předkládají, že existuje pozitivní korelace mezi rozměry ruky a výškou postavy jedince.

Lidský růst a vývoj je komplexní, longitudinální proces, který mapuje změny v tělesné velikosti a vývoj tkání (obrázek 1). Právě na základě růstu a vývoje můžeme odhadovat výšku postavy jedince, která je ovlivněna genetickými faktory a okolním prostředím (Cameron et al., 2012).



Obrázek 1. Růstové křivky ukazující vývoj lymfatické tkáně (lymphoid), mozku a hlavy (brain and head), reprodukčních orgánů (reproductive) a ostatních orgánových soustav (general) (Cameron et al., 2012).



V posledních letech se ke zmíněným odhadům přidal zájem o paleolitické umění na stěnách jeskyní. Na nichž můžeme najít otisky (*handprints*) a stopy (*hand stencils*) rukou v různých částech světa – Španělsku (Garcia-Diez et al., 2015), Francii (Snow, 2006), Indonésii (Aubert et al., 2014), Africe (Manhire, 1998) nebo Severní Americe (Ellis a Hammack, 1968). Rozdíl mezi otiskem ruky a stopou ruky spočívá v tom, že *otisk* vzniká jako pozitiv namočením ruky do barviva a otisknutím na zeď. Zatímco *stopa* vzniká nanesením barvy kolem přitisknuté ruky jako negativ (Snow, 2006). Pomocí snímání délky ruky, délky prstů nebo šířky ruky z takovýchto otisků se mnoho autorů zabývá vytvořením metody pro odhad pohlaví jejich tvůrců. Z recentních studií jsou to například Wang a kolektiv (Wang et al., 2010), Pettit (Pettit et al., 2014), Mackie (Mackie, 2015) nebo Nelsonová s kolektivem (Nelson et al., 2016).

Snow (2006) představil metodu odhadu pohlaví u tří stop rukou z francouzské paleolitické jeskyně Pech Merle a dalších tří stop z Abri du Poisson, Les Combarelles a Font de Gaume. Na základě vytvoření dvou diskriminačních funkcí z referenčního souboru 111 jedinců ze současné americké populace v Pensylvánii. Stejnou metodu použil v roce 2013, kdy měl k dispozici soubor 32 stop z devíti evropských jeskyní (Snow, 2013). Došel k závěru, že více než polovinu stop zanechaly na stěně jeskyně ženy (v případě první studie to bylo 67 % žen, v případě druhé studie bylo 75 % stop přisouzeno ženám). Spolehlivost jeho metody vyvrací Galeta s kolektivem (Galeta et al., 2014) na souboru ze současné francouzské populace. Při aplikaci Snowem vytvořené diskriminační funkce zjistili, že vykazuje u současné francouzské populace nižší spolehlivost, než u populace americké. Ti hodnotí míru správné klasifikace na 79 % u přímého rozměru ruky a jen 50 % s využitím Manningova indexu. U přímého rozměru ruky byly ženy nevěrohodně správně klasifikovány ze 100 % a muži z 58 %. Při využití rozměrů druhého a čtvrtého prstu byli všichni jedinci „správně“ ohodnoceni jako muži.

Snow (2006, 2013) ve svých pracích předpokládá, že evropské obyvatelstvo je od svrchního paleolitu homogenní a nebere v potaz lidskou variabilitu a adaptabilitu. Jak Galeta s kolektivem (2014) v článku předkládají, tak rozdíly ve spolehlivosti mohou být zapříčiněny variabilitou ve velikosti a tvaru ruky mezi americkou a francouzskou populací, a tudíž není možné odhadovat pohlaví paleolitických umělců na základě diskriminační funkce vytvořené na recentní populaci.

Problém při odhadování délky ruky a všech ostatních charakteristik spočívá v tom, že na výslednou morfologii ruky působí více faktorů – geneticá podmíněnost jedince nebo klima (Holliday, 1997a; b; Holliday a Ruff, 2001; Loehlin et al., 2006). Na tomto základě můžeme očekávat, že ve tvaru a velikosti ruky existují mezipopulační rozdíly a ruka je jako anatomický útvar populačně specifická, tj. liší se mezi populacemi. Veškeré studie zabývající se těmito odhady pracují s klasifikačními funkcemi, které jsou právě populačně specifické (Snow, 2006, 2013; Wang et al., 2010; Mackie, 2015) a jsou aplikovatelné pouze na populaci, na které byly vytvořeny.

Mik s kolektivem (Mik et al., 2016) navrhuje metodologicky vhodnější postupy, které by mohly být aplikovatelné na otisky rukou a stop nezávisle na tom v jaké části světa tento druh umění vznikl. Navrhují vytvořit referenční soubor paleolitických otisků rukou známého pohlaví, který v současnosti neexistuje. Prvním krokem je rekonstrukce délky ruky a jiných rozměrů z kostí ruky, druhý krok spočívá v odhadu pohlaví z pánevní kosti dospělých jedinců z období mladého paleolitu a třetím krokem je vytvoření klasifikačních funkcí a odhad samotného pohlaví na základě otisků rukou na stěnách jeskyní (Mik et al., 2016).

Rekonstrukci otisku z kostí ruky lze provést dvěma metodami. Matematickou metodou pomocí regresní rovnice vytvořené z délky některé záprstní kosti. Podmínkou je silný korelační vztah mezi délkou

otisku a délkou záprstní kosti. Případně anatomickou metodou, ze součtu délek kostí středního paprsku ruky a následnou korekcí na měkké tkáni.

Referenční soubor lze získat ze současné populace, získáním potřebných rozměrů z RTG nebo CT snímků (Mik et al., 2016). Obě navržené metody mají oporu v literatuře věnující se odhadu výšky postavy jedince (Fully, 1956; Raxter et al., 2006; Ruff, 2012).

Pro matematickou metodu odhadu existuje již předběžná studie věnující se vztahu mezi záprstními kostmi a délkou ruky (Mik, 2014). Přesnost odhadu délky ruky touto metodou je srovnatelná se známými odhady výšky postavy (Ruff et al., 2012), u které lze najít nejnižší hodnotu relativní chyby odhadu 1,66 % a nejvyšší 2,73 %. Zatímco u odhadu délky ruky podle Mika (2014) se hodnoty relativní chyby odhadu pohybují od 2,8 do 3,1 %.

V této práci se budeme zabývat odhadem délky ruky z kostí ruky anatomickou metodou z rentgenových snímků, kterou navrhuje Mik s kolektivem (2016). Předpokládáme, že stejně jako metody odhadu výšky postavy anatomickou metodou (Fully 1956, Raxter et al., 2006) bude tato metoda populačně nespecifická a za příznivých okolností bychom ji mohli využít u otisků rukou různých populací, s jinými proporcemi než je referenční soubor.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je odhadnout délku ruky z kostí ruky anatomickou metodou. Z rentgenových snímků změříme délku ruky a délku kostry ruky. Délku kostry ruky spočítáme jako součet délek kostí středního parsu ruky – kosti poloměsíčitá (*os lunatum*), kosti hlavatá (*os capitatum*), třetí záprstní kosti (*os metacarpi, MC 3*), a článků prstů (*phalanges*).

## 3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 3.1 Anatomie ruky

Kostra ruky je distální částí horní končetiny, tzv. *autopodium*. Konečný úsek, který se sestává s většího počtu krátkých a nepravidelných kostí. *Autopodium* se rozvětňuje do pěti paprsků a vytváří anatomický útvar - ruku, na kterou navazuje tzv. *zeugopodium*, tvořené dvěma dlouhými kostmi (kost vřetenní a kost loketní). Na *zeugopodium* se napojuje tzv. *stylopodium* sestávající se z jedné dlouhé kosti (kost pažní). Tyto tři segmenty společně utvářejí horní končetinu (Čihák, 2011).

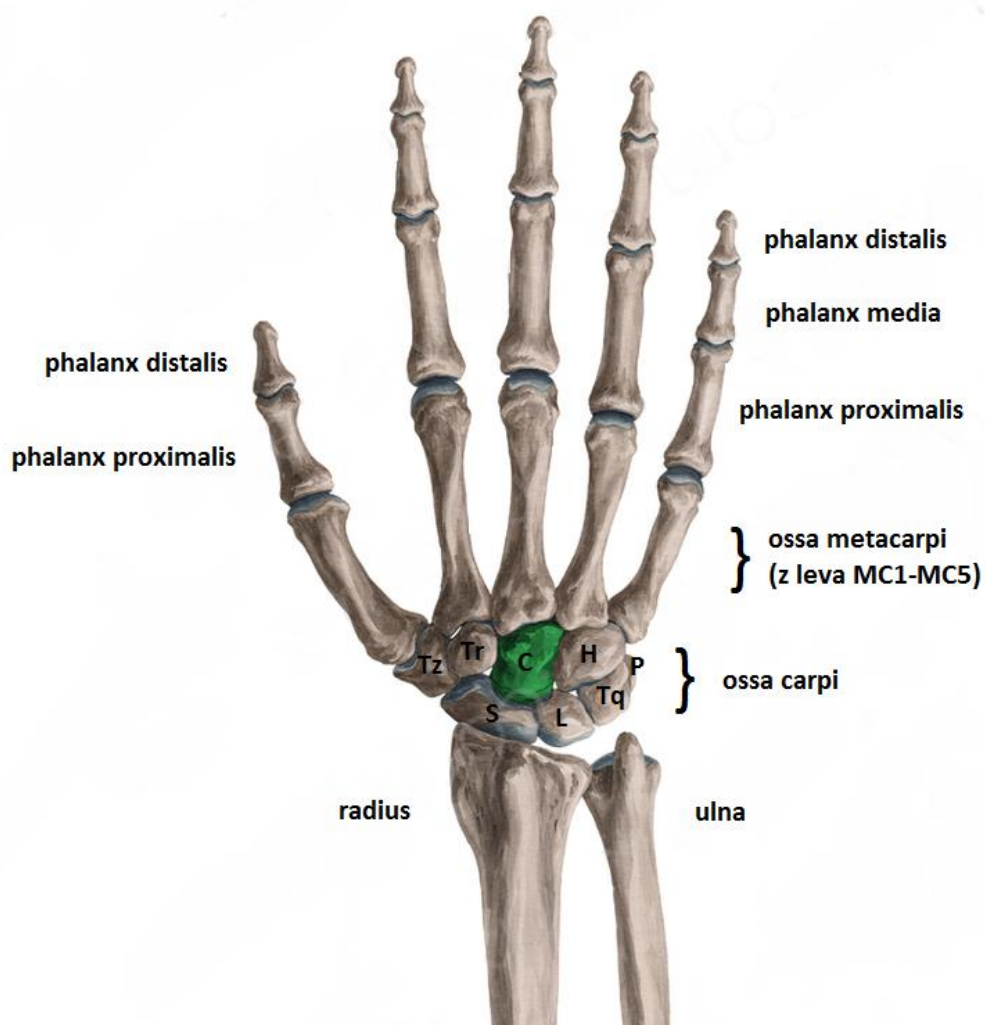
Lidskou ruku (*manus*) (obrázek 2) tvoří celkem 27 kostí. Kosti ruky (*ossa manus*) zahrnují kosti zápěstí (*ossa carpi*), kosti záprstní (*ossa metacarpi*), články prstů (*ossa digitorum manus* neboli *phalanges*) a v některých případech i sesamkové kůstky (*ossa sesamoidea*), jež se nacházejí uložené ve šlachách, u ruky při metakarpofalangovém kloubu palce (Čihák, 2011).

Kosti zápěstí jsou uspořádány do dvou řad po čtyřech nepravidelných kostech, celkem zápěstí (*carpus*) tvoří osm kostí. Proximální řada se skládá z kosti lodkovité (*os scaphoideum*), kosti poloměsíčité (*os lunatum*), kosti trojhranné (*os triquetrum*) a kosti hráškové (*os pisiforme*). Distální řadu tvoří kost mnohohranná větší (*os trapezium*), kost mnohohranná menší (*os trapezoideum*), kost hlavatá (*os capitatum*) a kost hákovitá (*os hamatum*) (Čihák, 2011).

Zápěstí je dorsální konvexní oblast kostry ruky, která je zvýrazněna dvěma vyvýšeninami na radiálním a ulnárním okraji. *Eminentia carpi radialis* složená z *tuberculum ossis scapioidei* a *tuberculum ossis trapezii*. A *eminentia carpi ulnaris* složená z *os pisiforme* a *hamulus ossis hamati*. Vyvýšeniny jsou spojeny vazem, načež vzniká karpální tunel (*canalis carpi*). Tunelem prochází šlachy svalů a nervy (Čihák, 2011).

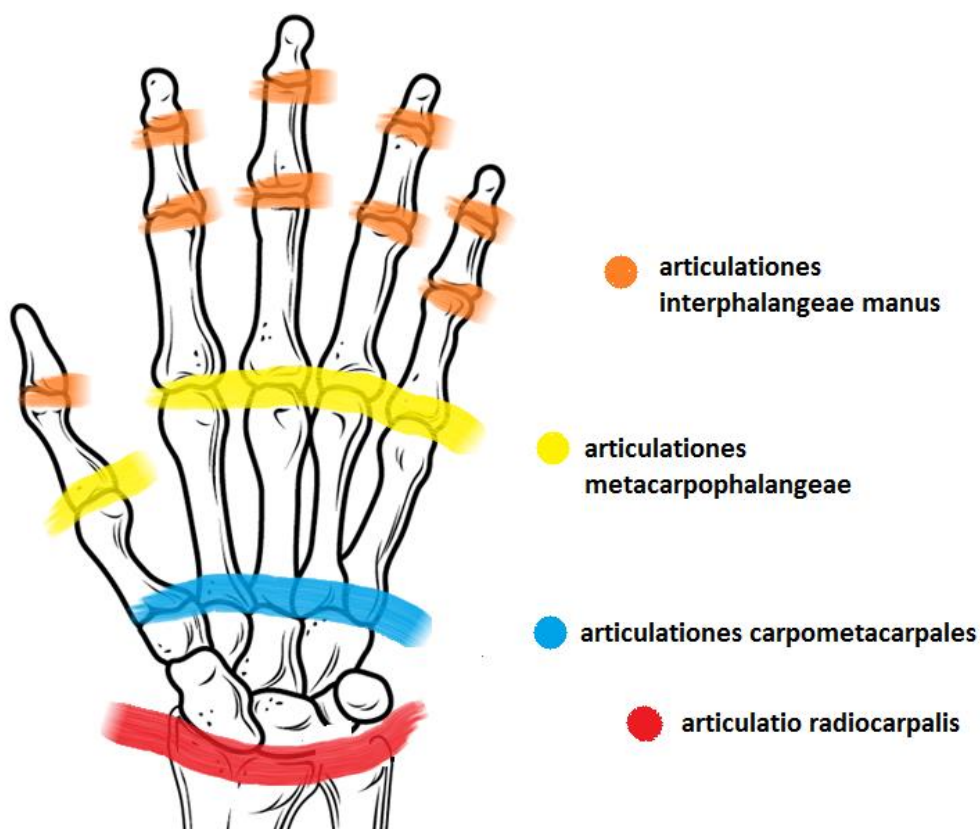
Kostru dlaně neboli záprstí (*metacarpus*) tvoří pět kostí typu dlouhého, skládají se z proximální baze, těla a distální hlavice. Záprstí tvoří kostěný základ dlaně a hřbetu ruky. Distálně navazují na zápěstí. Jednotlivé kosti jsou očíslovány 1 až 5 v radioulnárním směru, zjednodušeně lze použít zkratku MC1 až MC5 (Čihák, 2011).

Kosti prstů *ossa digitorum manus* čili *phalanges*. Články prstů jsou dva pro palec a tři pro ostatní čtyři prsty, jsou uspořádány ve třech řadách jako *phalanx proximalis*, *media* a *distalis* (Čihák, 2011).



Obrázek 2. Kosti pravé ruky z dorzálního pohledu. Proximální řada – S (os scaphoideum), L (os lunatum), Tq (os triquetrum), P (os pisiforme). Distální řada – Tz (os trapezium), Tr (os trapezoideum), C (os capitatum), H (os hamatum). Zdroj: <https://www.kenhub.com/>(upraveno).

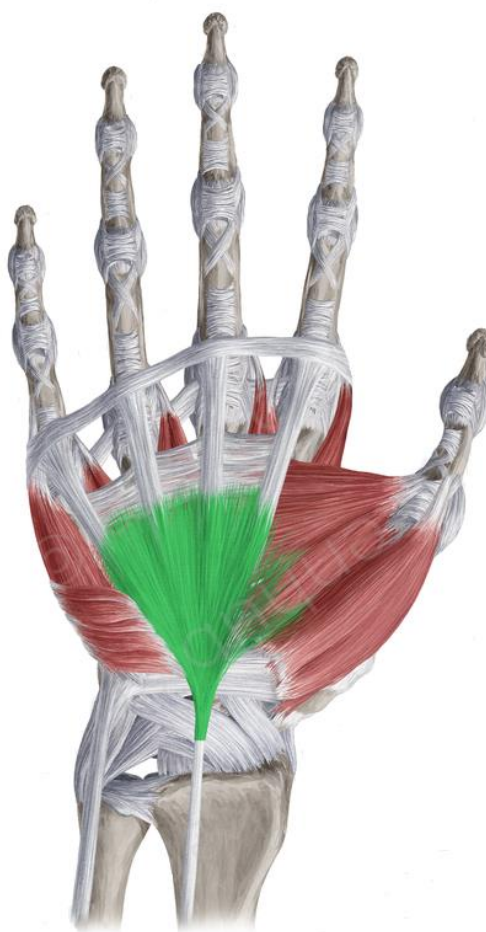
Pohyblivost ruky zaručují její klouby (obrázek 3), které jsou uspořádány v několika řadách za sebou. Klouby umožňují pohyb ruky jako celku, v zápěstí i v prstech. Mezi kostí loketní (*ulna*) a vřetení (*radius*) a řadou karpálních kostí se nachází kloubní spojení *articulatio radiocarpalis*. Mezi proximální a distální řadou karpálních kostí je pak skloubení *articulatio mediocarpalis*. Mezi jednotlivými karpálními kostmi jsou klouby malé pohyblivosti *articulationes intercarpales*. Beze metakarpálních kostí s distální řadou karpálních kostí spojují *articulationes carpometacarpales*, ty jsou doplněny pomocnými klouby mezi MC2 až MC5 (*articulationes intermetacarpales*). Kloubní pouzdra jsou krátká a pevná, kloubní spojení je posíleno ligamenty (Čihák, 2011).



Obrázek 3. Klouby ruky. Zdroj: <https://twitter.com/AnatomyZone> (upraveno).

Dále musíme zmínit svalové skupiny ruky (obrázek 4), protože svaly mají vliv nejen na morfologii ruky jako celku, ale také působí na tvar kostí. Na dorzální straně ruky nejsou upnuty žádné specifické svaly, za to na palmární straně, najdeme svaly, které tvoří dlaň. Tyto svaly (*musculi manus*) můžeme rozdělit do tří hlavní skupin: skupina palcová neboli

*thenar*. Do této skupiny patří *musculus abductor pollicis brevis*, *musculus flexor pollicis brevis*, *musculus opponens pollicis*, *musculus adductor pollicis*. Další skupinou je malíková skupina neboli *hypothenar*. Do této skupiny patří *musculus palmaris brevis*, *musculus abductor digiti minimi*, *musculus flexor digiti minimi brevis*, *musculus opponens digiti minimi*. Třetí hlavní skupinu tvoří svaly středního prostoru – *musculi lumbiricales manus* a *musculi interossei manus*, které dělíme na svaly palmární (*musculi interossei palmares I-III* a *musculi interossei dorsales I-IV*).



Obrázek 4. Zeleně zvýrazněná vazivová vrstva (aponeurosis palmaris) pod kůží dlaně.

Pod ní svalové skupiny palmy ruky. Zdroj:

<https://www.kenhub.com/en/atlas?sequence=hand-bones-and-ligaments> (upraveno).



## 3.2 Variabilita ruky

Variabilitu ruky můžeme pozorovat mezi různými populacemi, ale také uvnitř jedné populace (Králík et al., 2014). Velikost a tvar ruky se bude odlišovat u mužů a u žen (Stojanowski, 1999; Barrio et al., 2006; McIntyre et al., 2006) , mezi obyvateli Evropy, Afriky i Asie (El Morsi a Al Hawary, 2013) a mezi leváky a praváky (Polak a Trivers, 1994). Tvar a velikost ruky se také mění v prostoru a čase během lidské evoluce (Young, 2003).

Morfologie ruky je ovlivněna zejména genetickými faktory a vlivem vnějšího prostředí, případně stresem během vývoje a růstu jedince.

### 3.2.1 Ontogenetický vývoj ruky

Ontogeneze neboli vývoj jedince je proces, který začíná splynutím dvou pohlavních buněk (gamet). Oplozené vajíčko se postupně dělí, rýhuje a proměňuje. Během třetího týdne vývoje zárodku se utváří primitivní proužek, vyvíjí se *notochord* a diferencují se tři zárodečné listy (*ektoderm* – kůže a její deriváty, centrální nervová soustava, periferní nervová soustava, sítnice, *endoderm* – dýchací soustava, trávicí soustava kromě ústní dutiny a řitního otvoru, *mesoderm* – pojiva, svaly, oběhový a lymfatický systém, pohlavní a vylučovací soustava, kosti) (Moore a Persaud, 2002). Kostra horní končetiny se začne utvářet 26. – 27. den gestačního období (Malas et al., 2006), u embrya velkého 3 mm jako končetinový pupen ploutvovitého tvaru. Diferenciace je regulována HOX geny a vývoj probíhá kраниокаудálním směrem (Vacek, 2006).

V pátém týdnu vývoje lze u ruky rozlišit autopodium, o týden později rozeznáváme stylopodium a zeugopodium. U autopodia je již naznačeno pět prstů, které zůstávají spojené kožní řasou. Začátkem druhého vývoje dítěte se vytvoří chrupavčité základy pletence horní končetiny, v druhé polovině tohoto měsíce se také vytvoří centra pro zápěstí, zápěstí a prsty.

Plně diferenciovaná horní i dolní končetina je rozeznatelná u embrya velkého 25 mm (Vacek, 2006).

V době narození je většina kostí zápěstí chrupavčitá, karpální osifikace postupuje od kosti hlavaté (1. rok života), ke kosti hákovité (1. rok), od ní poté ke kosti trojhranné (3. rok), kosti poloměsíčitě (4. rok), kosti lodčkovité (4. – 5. rok), mnohohranné kosti větší (5. – 6. rok), mnohohranné kosti menší (6. – 7. rok), jako poslední osifikuje kost hrášková mezi 8. a 13. rokem života (Čihák, 2011).

### 3.2.1.1 Vývojové vady ruky

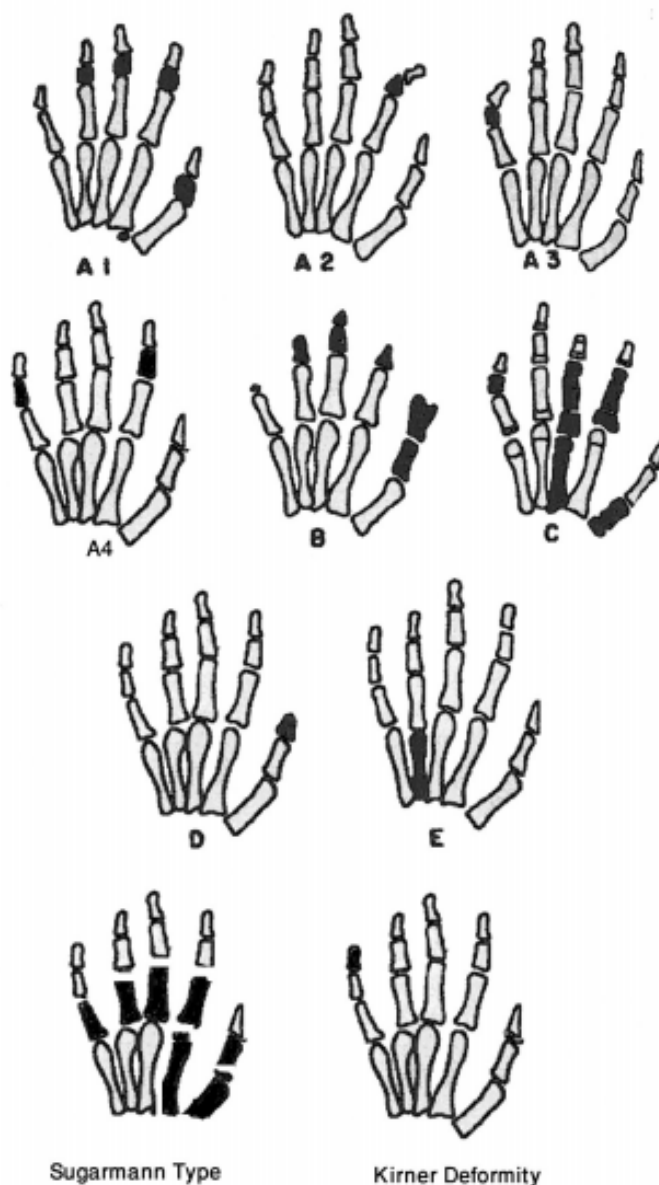
Vrozené vady končetin se mohou vyskytnout v různém stupni rozsahu a s různou četností výskytu. 90 % vrozených defektů má genetický původ ve zbylých 10 % jsou příčinou biologické, fyzické nebo chemické teratogeny (viry, bakterie, jiné choroby matky, antibiotika a chemické látky nebo ionizující záření) (Šípek et al., 2010).

Vývojové vady se týkají celých končetin nebo jejich částí. *Amelie* je vývojová vada při, které se končetiny nevyvinou vůbec, v případě *fokomelie* se diferencuje pouze autopodium a vzniknou tak ruce (nohy, v případě dolní končetiny) připojené přímo k trupu. Jako *meromelie* se označuje vada, kdy se vyvinou jen některé oddíly končetiny (Vacek, 2006).

Pokud během ontogenetického vývoje dojde k poruše apoptózy (programované buněčné smrti) vzniknou chyby v diferenciaci a separaci rukou a nohou. Může dojít ke spojení a pozdějšímu srůstu prstů tzv. *syndaktylii*, jenž je nejčastější vrozenou vadou končetin (výskyt 1:2000). Syndaktylie se vyskytuje ve dvou formách. Pokud jsou prsty spojeny v celé své délce, jedná se o kompletní syndaktylii, jestliže jsou prsty spojeny jen v proximální nebo distální části, jde o syndaktylii nekompletní. Podle charakteru srůstu prstů oddělujeme syndaktylii jednoduchou a komplexní. Jednoduchá syndaktylie se projevuje pouze srůstem měkké

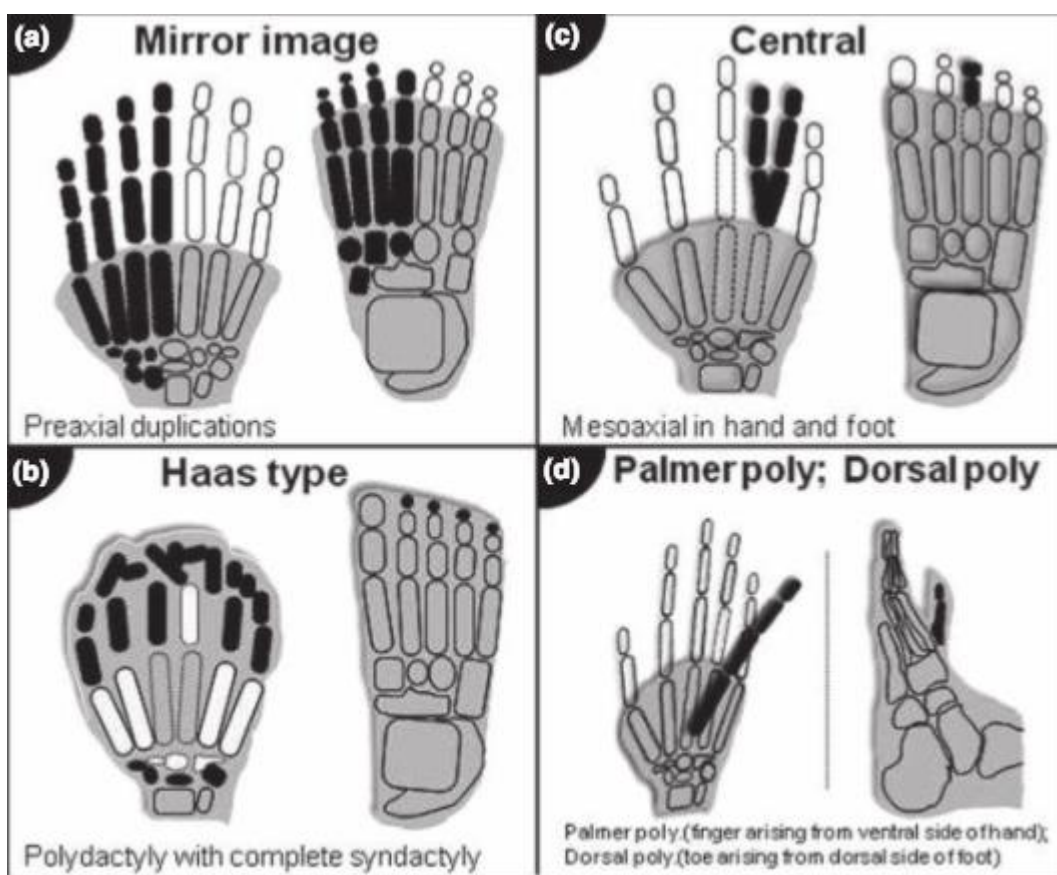
tkáně, zatímco u komplexního srůstu dochází ke kostěnému spojení (Dungl, 2005). U srostlých prstů může také dojít k jejich zkrácení, hovoříme tedy o *brachysyndaktylii*.

*Brachydaktylií* nazýváme vadu, u které dochází ke zkrácení jednotlivých článků prstů, metakarpů nebo obojího. Brachydaktylie se vyskytuje v několika formách (označována jako brachydaktylie A1 až A5, B, C, D, E, brachymetakarpalie IV, Sugarmanova brachydaktylie nebo Kirnerova deformita), viz obrázek 5. Různé typy brachydaktylie se objevují ve spojení s jinými deformacemi nebo syndromy – Robinowův syndrom, Rubinstein-Taybi syndrom nebo Panův syndrom (Temtamy a Aglan, 2008).



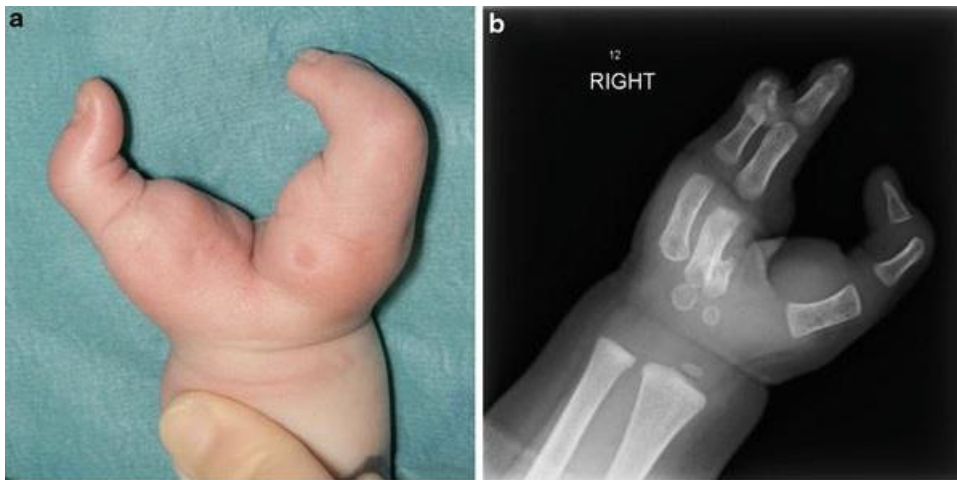
Obrázek 5. Různé typy brachydaktylie. Černě vyznačené postižené části (Temtamy a Aglan, 2008).

Během vývoje může také dojít k duplikaci končetin nebo jejich částí, jedná se o vady, jež vznikly v důsledku rozštěpu embryonální tkáně, který vedl k vytvoření nadpočetných periferních i centrálních segmentů. Mezi takové vady řadíme *polydaktylii*, tedy zmnožení počtu prstů. Rozlišujeme polydaktylii preaxiální – duplikace palce, centrální – duplikace D2, D3 a D4, polydaktylie postaxiální – duplikace malíku, která se vyskytuje nejčastěji. Dále rozlišujeme polydaktylii komplexní, kam řadíme tzv. „polydaktylii zrcadlového odrazu“, středovou, Haasova typu nebo polydaktylii vycházející z palmární nebo dorzální strany ruky (obrázek 6) (Malik, 2013).



Obrázek 6. Typy komplexní polydaktylie, a) polydaktylie „zrcadlového odrazu“ b) polydaktylie středová c) polydaktylie Haasova typu d) polydaktylie vycházející z palmární nebo dorzální strany ruky a nohy (Malik, 2013).

Opakem polydaktylie je *oligodaktylie*, též *parciální adaktylie*, což je vada, která je typická sníženým počtem prstů, případně jsou založeny jenom jejich rudimenty. Rozdělit ji můžeme na *preaxiální* – chybí palec a druhý prst a na *postaxiální* – chybí čtvrtý prst a malík. Bývá také spojena s rozštěpem ruky, kdy vzniká tzv. „račí klepeto“, v tomto případě chybí centrální prsty a zbytek je zachován (obrázek 7) (Dungl, 2005).



Obrázek 7. Oligodaktylie pravé ruky spojená se syndaktylií. Zdroj: <https://obgynkey.com/syndromes-associated-with-syndactyly/> (upraveno).

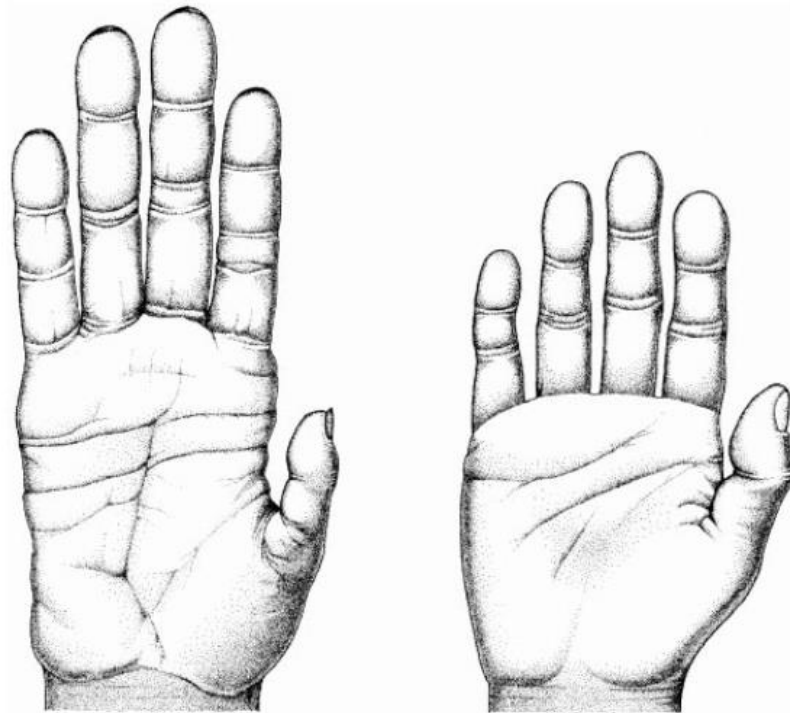
### 3.2.2 **Fylogenetický vývoj ruky**

Fylogenetický vývoj ruky se v mnoha studiích pojí s fosilními nálezy homininů, šimpanzy a otázkami spojenými s vývojem úchopu, precizního gripu nebo schopností házet předměty (Napier, 1960; Marzke a Marzke, 2000; Young, 2003; Almécija et al., 2015).

#### 3.2.2.1 **Ruka šimpanze a člověka**

Ruka šimpanze nebo jakéhokoliv jiného primáta je typická svými dlouhými zakřivenými prsty a relativně krátkým palcem. Lidská ruka je naproti tomu více svalnatá, celkově větší s relativně delším palcem

v opozici, ostatní prsty jsou kratší a rovnější než u primátů (obrázek 8) (Young, 2003).



Obrázek 8. Nalevo ruka šimpanze, napravo lidská ruka (Young, 2003).

Vědci se shodují v tom, že tyto rozdíly ve tvaru a velikosti ruky lze během evoluce přičíst používání nástrojů (Marzke a Marzke, 2000). Ruka šimpanze je často brána jako model pro ruku nejstarších předků. Vyspělejší morfologie ruky se vyskytuje až s *australopithecus sediba*. Zápěstní, záprstní kosti a prsty mají šimpanzi protáhlé, palec je naproti tomu krátký a spíše imobilní. Proximální a mediální články prstů jsou zakřivené směrem do palmy ruky, což dává šimpanzům schopnost úchopu při arboreální lokomoci. Schopnost úchopu se značně liší od člověka. Palec může sloužit jako opora, ale nedokáže plně stisknout a není schopen precizního gripu (Young, 2003). Lidská ruka je význačná svým palcem v opozici. Opozitní postavení palce je umožněno postavením první záprstní kosti proximálněji a svaly *thenaru*, které umožňují pohybovat palcem (Čihák, 2011). Prsty jsou kratší a ztratily zakřivení typické pro šimpanze. Na distálních člancích prstů můžeme najít robustní apikální chomáčky, které napomáhají rozložení síly při silném

stisku (Young, 2003). Mezi specifické pohyby palce a ostatních prstů patří dotek mezi palcem a všemi ostatními prsty, dále možnost uchopit předmět a odhodit ho, případně bezpečně a rychle vzít a držet zbraň. Fosilní nálezy ukazují, že právě výše uvedené možnosti měly vliv na morfologii a anatomii ruky (Marzke a Marzke, 2000; Young, 2003).

### **3.2.2.2 Ruka *Ardipithecus ramidus***

U nejstarších zástupců homininů jako *Sahalanthropus tchadensis* nebo *Orrorin tugenensis* byly nalezeny části lebky nebo postkraniálního skeletu, ale u těchto dvou zmíněných zástupců nedošlo k zachování kostry ruky (Senut et al., 2001; Brunet et al., 2002, 2004; Pickford et al., 2002; Sawada et al., 2002; Brunet, 2009, 2010). Naproti tomu u *Ardipithecus ramidus* se dochovaly jak kosti dolní, tak horní končetiny, včetně kostí ruky a nohy, což vedlo mnohé autory k analýze lokomočních vzorců a možnosti využívání bipední chůze u *A. ramidus* (White et al., 1994; Lovejoy et al., 2009a; b; c; d; Suwa et al., 2009).

Ruka *A. ramidus* byla odkryta téměř kompletně (obrázek 9) Chybí pouze kost hrášková a čtyři distální články prstů. První paprsek ruky je popisován jako robustní oproti jiným primátům, také se od ostatních primátů liší distálním článkem prstu prvního paprsku ruky, který disponuje místem pro úpon *flexor pollicis longus*. Pokud srovnáme druhý až pátý metakarp s ostatními primáty, zjistíme, že *A. ramidus* měl všechny záprstní kosti kratší. Dalším zajímavým znakem je celková stavba palmy ruky. Ta je rovná s dominující poloměsíčitou kostí. Výše zmíněné a ostatní znaky nám říkají, že ruka *A. ramidus* je anatomicky specializovaná jako u jiných afrických lidoopů a zároveň u něj došlo k jemným změnám pro lepší arboreální lokomoci, zatímco jeho chodilo vykazuje menší změny pro chůzi po zemi (Lovejoy et al., 2009b).



Obrázek 9. Digitální rekonstrukce ruky *Ardipithecus ramidus* ARA-VP-500/6 (Lovejoy et al., 2009b)

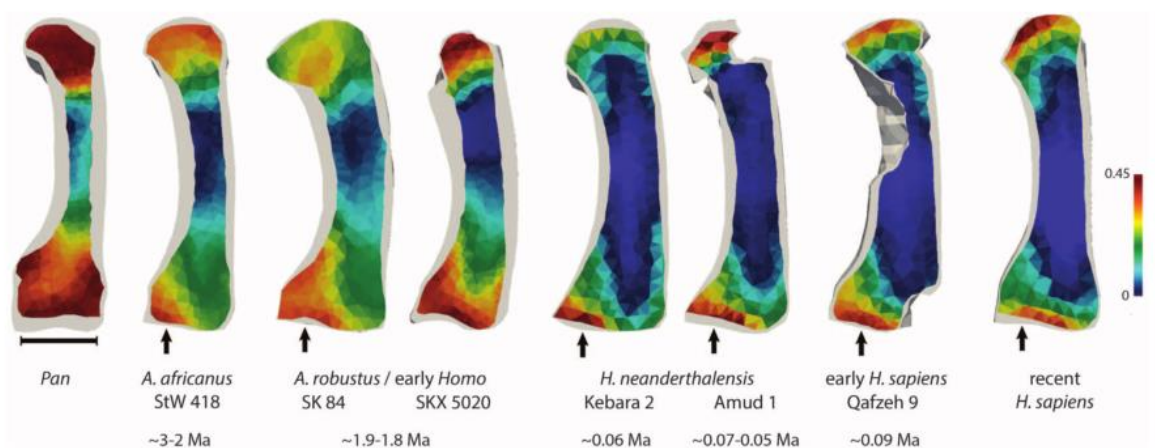
### 3.2.2.3 Ruka Australopitéků

Funkční morfologie ruky je předmětem bádání nejen u homininů podobných primátů. Rekonstrukce ruky proběhla i u zástupců z rodu *Australopithecus*. U *A. afarensis* se autoři Alba, Moyá-Solá a Köhler (



2003) zajímali především o proporce ruky a délku palce v souvislosti s precizním gripem a možným využíváním nástrojů. Výsledky morfometrické analýzy ukazují na proporce ruky podobné člověku, ačkoliv jsou v analýze použity kosti ruky více jedinců (Alba et al., 2003).

Dalším ze zástupců je *A. africanus*, jehož anatomie ruky je stále předmětem zájmu, jak ukazuje nejnovější článek od Skinnera a kolektivu z roku 2015 (Skinner et al., 2015). Ti se odkazují na analýzu vnitřní struktury metakarpů u *A. africanus* a dle jejich výsledků je spongióza záprstních kostí podobná svou hustotou kostem šimpanzů a ruce jsou stále uzpůsobené pro arboreální lokomoci, naproti tomu rozložení trámčů v kostech se podobá modernímu člověku a Neandertálcům (obrázek 10). Pro schopnost precizního gripu a výrobu nástrojů, však hovoří nejvíce asymetrické rozložení trámčiny u hlavice třetího a pátého metakarpu a zároveň fakt, že takovéto rozložení trámčů spongiózní kosti zcela chybí u šimpanzů (Skinner et al., 2015). Výsledky studie tak na základě morfologie kostí ruky ukazují, že *A. africanus* mohl používat své ruce k manipulaci s kamennými nástroji. Podobné výsledky na základě jiných metod jsou představeny i u staršího *A. afarensis* nebo u mladšího *A. sediba* (Ricklan, 1987; Tocheri et al., 2008; Kivell et al., 2011; Almécija, 2014; Almécija et al., 2015).



Obrázek 10. . Řez v sagitální rovině skrze první metakarp šimpanze, *A. africanus*, *A. robustus*, *H. neanderthaensis*, časného a recentního moderního člověka. Barevně je

vyznačena hustota spongiózní kosti na škále od 0 % (tmavě modrá barva) do 45 % (tmavě červená až černá barva), Skinner et al., 2015 (upraveno).

### **3.2.3 Vliv klimatu**

Už od 19. století jsou nám známa dvě základní ekogeografická pravidla, která popisují vliv klimatu na morfologii těla teplokrevných živočichů. Těmito rozdíly v morfologii se zabývali vědci Carl Bergmann, podle něž je pojmenováno Bergmannovo pravidlo (1847) a Joel Asaph Allen, po kterém nese název Allenovo pravidlo (1877). Tyto pravidla nám říkají, že teplokrevní živočichové mají menší a štíhlejší tělo a delší končetiny, pokud obývají teplé oblasti a naopak, pokud žijí v chladnějším pásu, tak disponují větším, zavalitějším tělem a kratšími končetinami.

### **3.5 Odhad výšky postavy jedince**

#### **3.5.1 Matematická metoda odhadu**

#### **3.5.2 Anatomická metoda odhadu**

#### **3.5.3 Aplikace obou metod na ruku**

### **3.6 Otisky rukou v paleolitickém umění**

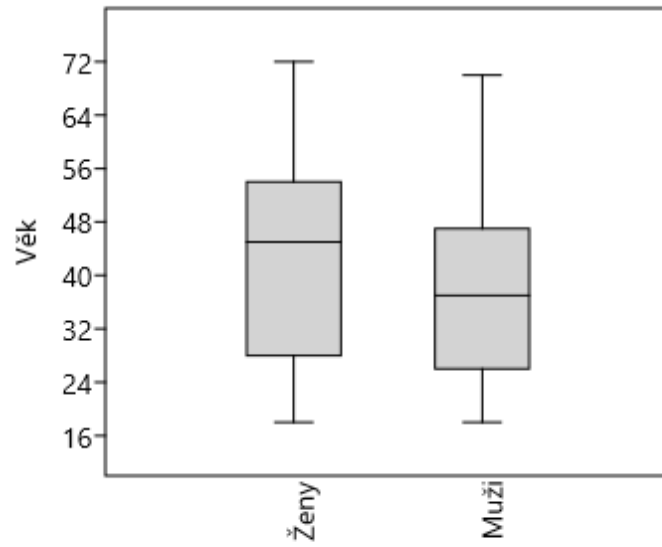
### **3.7 Odhad pohlaví z otisků a stop rukou na stěnách jeskyní**

## **4 MATERIÁL**

Pro měření délky ruky a kostí ruky jsme využili rentgenové snímky ruky. Snímky pochází z roku 2013 ze tří radiologických pracovišť v Plzni. Snímky jsme použili se souhlasem Mgr. Patrika Mika, který snímky zpracovával pro svou diplomovou práci v roce 2013 a se svolením MUDr. Tomáše Kunce, který rentgenové snímky převedl do formátu JPEG.

Snímky byly pořízeny v rámci běžného lékařského vyšetření a nebyly pořízeny za účelem této studie. Vybrali jsme snímky mužů i žen s minimální dukcí ruky, s dobře viditelnými kostmi ruky, bez patologií a v anteroposteriorní projekci.

Zkoumali jsme 50 vybraných rentgenových snímků u žen a 50 vybraných projekcí ruky u mužů. Věk žen se pohyboval od 18 do 72 let věku, jejich průměr byl 42,7 let. Věk mužů se pohyboval od 18 do 70 let věku, s průměrným věkem 38,4 let (Graf 1, Tabulka 1).



Graf 1. Věk mužů a žen.

Tabulka 1. Věk žen a mužů.

|              | Ženy | Muži |
|--------------|------|------|
| Počet        | 50   | 50   |
| Průměr       | 43   | 38   |
| Sm. odchylka | 15,4 | 14,4 |
| Medián       | 44,5 | 37   |

**5 METODY**

**6 VÝSLEDKY**

**7 DISKUZE**

**8 ZÁVĚR**

## 9 LITERATURA

- Agnihotri AK, Agnihotri S, Jeebun N, Googoolye K. 2008. Prediction of stature using hand dimensions. *J Forensic Leg Med* 15:479–482.
- Alba DM, Moya S, Köhler M. 2003. Morphological affinities of the *Australopithecus afarensis* hand on the basis of manual proportions and relative thumb length. *J Hum Evol* 44:225–254.
- Allen JA. 1907. The influence of physical conditions in the genesis of species. *Sci Am* 63:26247-26248.
- Almécija S. 2014. On manual proportions and pad-to-pad precision grasping in *Australopithecus afarensis*. *J Hum Evol* 73:88–92.
- Almécija S, Smaers JB, Jungers WL. 2015. The evolution of human and ape hand proportions. *Nat Commun* 6:1–11.
- Aubert M, Brumm A, Ramli M, Sutikna T, Saptomo EW, Hakim B, Morwood MJ, van den Bergh GD, Kinsley L, Dosseto A. 2014. Pleistocene cave art from Sulawesi, Indonesia. *Nature* 514:223–7.
- Barrio PA, Trancho GJ, Sanchez JA. 2006. Metacarpal sexual determination in a Spanish population. *J Forensic Sci* 51:990–995.
- Bergmann C. 1847. Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. 595-708.
- Brunet M. 2009. Origine et évolution des hominides: Toumai, une confirmation clatante de la prediction de Darwin. *Comptes Rendus - Palevol* 8:311–319.
- Brunet M. 2010. Short note: The track of a new cradle of mankind in Sahelo-Saharan Africa (Chad, Libya, Egypt, Cameroon). *J African Earth Sci* 58:680–683.
- Brunet M, Guy F, Boisserie JR, Djimdoumbaye A, Lehmann T, Lihoreau F, Louchart A, Schuster M, Tafforeau P, Likius A, Mackaye HT, Blondel C, Bocherens H, De Bonis L, Coppens Y, Denis C, Douring P, Eisenmann V, Flisch A, Geraads D, Lopez-Martinez N, Otero O, Campomanes PP, Pilbeam D, de León MP, Vignaud P, Viriot L, Zollikofer C. 2004. «Toumai», Miocène supérieur du Tchad, le nouveau doyen du rameau humain. *Comptes Rendus - Palevol* 3:275–283.
- Brunet M, Guy F, Pilbeam D, Mackaye HT, Likius A, Ahounta D, Beauvilain A, Blondel C, Bocherens H, Boisserie J-R, De Bonis L, Coppens Y, Dejax J, Denys C, Douring P, Eisenmann V, Fanone G,

- Fronty P, Geraads D, Lehmann T, Lihoreau F, Louchart A, Mahamat A, Merceron G, Mouchelin G, Otero O, Pelaez Campomanes P, Ponce De Leon M, Rage J-C, Sapanet M, Schuster M, Sudre J, Tassy P, Valentin X, Vignaud P, Viriot L, Zazzo A, Zollikofer C. 2002. A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa. *Nature* 418:145–151.
- Cameron N, Boggin B, Lejarraga H, Hauspie R, Roleants M, Ellison PT, Reiches MW, Rosenfeld RG, Norgan NG, Mortier GR, Berghe VW, Bradford T, Demerath WD, Czerwinsky SA, Steckel RH, Schell LM, Knutson KL, Bailey S, Kuzawa CW, Malina RM, Leonard WR, Snodgrass JJ, Robertson ML, Lampl M, Hindmarsh PC, Zemel BS. 2012. *Human Growth and Development*. London: Academic Press.
- Čihák R. 2011. *Anatomie 1*. Praha: Grada.
- Dungl P. 2005. *Ortopedie*. Praha: Grada.
- Ellis F, Hammack L. 1968. The inner sanctum of Feather Cave, a Mogollon Sun and earth shrine linking Mexico and the Southwest. *Am Antiq* 33:25–44.
- Fully G. 1956. Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Ann Med Legale* 35:266–273
- Galeta P, Bruzek J, Lázníčková-Galetová M. 2014. Is sex estimation from handprints in prehistoric cave art reliable? A view from biological and forensic anthropology. *J Archaeol Sci* 45:141–149.
- Garcia-Diez M, Garrido D, Hoffmann DL, Pettitt PB, Pike AWG, Zilhao J. 2015. The chronology of hand stencils in European Palaeolithic rock art: Implications of new u-series results from el Castillo cave (Cantabria, Spain). *J Anthropol Sci* 93:135–152.
- Goldstein JM, Seidman LJ, Horton NJ, Makris N, Kennedy DN, Caviness VS. 2001. Normal Sexual Dimorphism of the Adult Human Brain Assessed by In Vivo Magnetic Resonance Imaging. :490–497.
- Habib SR, Kamal NN. 2010. Stature estimation from hand and phalanges lengths of Egyptians. *J Forensic Leg Med* 17:156–160.
- Holliday TW. 1997a. Body proportions in Late Pleistocene Europe and modern human origins. *J Hum Evol* 32:423–448.
- Holliday TW. 1997b. Postcranial evidence of cold adaptation in European Neandertals. *Am J Phys Anthropol* 104:245–258.
- Holliday TW, Ruff CB. 2001. Relative variation in human proximal and

- distal limb segment lengths. *Am J Phys Anthropol* 116:26–33.
- Kivell TL, Kibbi J, Churchill SE, Schmid P, Berger LR. 2011. Australopithecus sediba Hand demonstrates Mosaic Evolution of Locomotor and Manipulative Abilities. *Science* 333:1411–1416.
- Králík M, Katina S, Urbanová P. 2014. Distal Part of the Human Hand : Study of Form Variability and Sexual Dimorphism Using Geometric Morphometrics. *Anthropol Integr* 5:7–26.
- Loehlin JC, McFadden D, Medland SE, Martin NG. 2006. Population differences in finger-length ratios: Ethnicity or latitude? *Arch Sex Behav* 35:739–742.
- Lovejoy CO, Latimer B, Suwa G, Asfaw B, White TD. 2009a. Combining prehension and propulsion: the foot of *Ardipithecus ramidus*. *Science* 326:71-78.
- Lovejoy CO, Simpson SW, White TD, Asfaw B, Suwa G. 2009b. Careful climbing in the Miocene: the forelimbs of *Ardipithecus ramidus* and humans are primitive. *Science* 326:71-78.
- Lovejoy CO, Suwa G, Simpson SW, Matternes JH, White TD. 2009c. The great divides: *Ardipithecus ramidus* reveals the postcrania of our last common ancestors with African apes. *Science* 326:100–106.
- Lovejoy CO, Suwa G, Spurlock L, Asfaw B, White TD. 2009d. The pelvis and femur of *Ardipithecus ramidus*: the emergence of upright walking. *Science* 326:71-76.
- Mackie ME. 2015. Estimating age and sex: Paleodemographic identification using rock art hand sprays, an application in Johnson County, Wyoming. *J Archaeol Sci Reports* 3:333–341.
- Malas MA, Dogan S, Hilal Evcil E, Desdicioglu K. 2006. Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D : 4D). *Early Hum Dev* 82:469–475.
- Malik S. 2013. Polydactyly : phenotypes , genetics and classification. *Clin Genet* 85:203–212.
- Manhire A. 1998. South African Archaeological Society The Role of Hand Prints in the Rock Art of the South-Western Cape. *South African Archaeol Soc* 53:98–108.
- Manning JT, Barley L, Walton J, Lewis-jones DI, Trivers RL. 2000. The 2nd : 4th digit ratio , sexual dimorphism , population differences , and reproductive success : evidence for sexually antagonistic genes ?



21:163–183.

- Manning JT, Baron-Cohen S, Wheelwright S, Sanders G. 2001. The 2nd to 4th digit ratio and autism. *Dev Med Child Neurol* 43:160–164.
- Manning JT, Scutt D, Wilson J, Lewis-Jones DI. 1998. The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Hum Reprod* 13:3000–3004.
- Marzke MW, Marzke RF. 2000. Evolution of the human hand: approaches to acquiring, analysing and interpreting the anatomical evidence. *J Anat* 1:121–140.
- McIntyre MH, Cohn BA, Ellison PT. 2006. Sex dimorphism in digital formulae of children. *Am J Phys Anthropol* 129:143–150.
- Mik P. 2014. Diplomová práce: Vztah délky ruky a kostí ruky: využití v odhadu pohlaví z otisků ruky u paleolitických umělců. Plzeň: Západočeská univerzita.
- Mik P, Sosna D, Galeta P. 2016. Zhodnocení možností odhadu pohlaví autorů paleolitických nástěnných maleb z otisků ruky. *Archeol Rozhl*:3–18.
- El Morsi DA, Al Hawary AA. 2013. Sex determination by the length of metacarpals and phalanges: X-ray study on Egyptian population. *J Forensic Leg Med* 20:6–13.
- Napier JR. 1960. Studies of the Hands of Living Primates. *Proc Zool Soc London* 134:647–657.
- Nelson E, Hall J, Randolph-quinney P, Sinclair A. 2016. Beyond size : The potential of a geometric morphometric analysis of shape and form for the assessment of sex in hand stencils in rock art. *J Archaeol Sci* 30: 1-12-
- Pettit PB, Maximiano AM, Ontañón R, Harrison R. 2014. New research on the hand stencils of La Garma and El Castillo caves ( Cantabria ). *Antiquity* 88:47–63.
- Pickford M, Senut B, Gommery D, Treil J. 2002. Bipedalism in *Orrorin tugenensis* revealed by its femora. *Comptes Rendus Palevol* 1:191–203.
- Rastogi P, Nagesh KR, Yoganarasimha K. 2008. Estimation of stature from hand dimensions of north and south Indians. *Leg Med* 10:185–189.

- Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB. 2006. Revision of the fully technique for estimating statures. *Am J Phys Anthropol* 130:374–384.
- Ricklan D. 1987. Functional anatomy of the hand of *Australopithecus africanus* \*. *J Hum* 16:643–666.
- Ruff CB, Holt BM, Niskanen M, Sladek V, Berner M, Garofalo E, Garvin HM, Hora M, Maijanen H, Niinimiiki S, Salo K, Schuplerová E, Tompkins D. 2012. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *Am J Phys Anthropol* 148:601–617.
- Sawada Y, Pickford M, Senut B, Itaya T, Hyodo M, Miura T, Kashine C, Chujo T, Fujii H. 2002. The age of *Orrorin tugenensis*, an early hominid from the Tugen Hills, Kenya. *Comptes Rendus Palevol* 1:293–303.
- Senut B, Pickford M, Gommery D, Mein P, Cheboi K, Coppens Y. 2001. First hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya). *Comptes Rendus l'Académie des Sci - Ser IIA - Earth Planet Sci* 332:137–144.
- Skinner MM, Stephens NB, Tsegai ZJ, Foote AC, Nguyen NH, Gross T, Pahr DH, Hublin J, Kivell TL. 2015. Human-like hand use in *Australopithecus africanus*. 347:395–400.
- Snow DR. 2006. Sexual dimorphism in Upper Palaeolithic hand stencils. *Hand* 80:390–404.
- Snow DR. 2013. Sexual dimorphism in European Upper Paleolithic Cave Art. *Am Antiq* 78:746–761.
- Stojanowski CM. 1999. Sexing potential of fragmentary and pathological metacarpals. *Am J Phys Anthropol* 109:245–252.
- Suwa G, Asfaw B, Kono RT, Kubo D, Lovejoy CO, White TD. 2009. The *Ardipithecus ramidus* skull and its implications for hominid origins. *Science* 326:61-67.
- Šípek A, Gregor V, Šípek Jr A, Horáček J, Klaschka J, Skibová J, Langhammer P, Petržílková L, Wiesnerová J. 2009. Vrozené vady v České republice v období 1994-2007. *Česká Gynekologie*. 74(1):31-44.
- Temtamy SA, Aglan MS. 2008. Brachydactyly. *Orphanet J Rare Dis* 16:1–16.
- Tocheri MW, Orr CM, Jacofsky MC, Marzke MW. 2008. The evolutionary history of the hominin hand since the last common ancestor of Pan

- and Homo. *J Anat* 212:544–562.
- Vacek Z. 2006. *Embryologie*. Praha: Grada.
- Vicinius J. 1962. *X-Ray Anthropometry of the Hand*. Arlington: Armed Services Technical Information Agency.
- Wang JZ, Ge W, Snow DR, Mitra P, Giles CL. 2010. Determining the sexual identities of prehistoric cave artists using digitized handprints: A machine learning approach. 18th ACM Int Conf Multimed ACM Multimed 2010, MM'10:1325–1332.
- Wells JCK. 2014. Sexual dimorphism of body composition. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 3: 415–430.
- White RM. 1952. *Comparative Anthropometry of the Hand*. Natick, Massachusetts: United States Army: Natick Research and Development Laboratories.
- White TD, Suwa G, Asfaw B. 1994. *Australopithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia. *Nature* 371: 306–312.
- Young RW. 2003. Evolution of the human hand: The role of throwing and clubbing. *J Anat* 202:165–174.

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1. Růstové křivky ukazující vývoj lymfatické tkáně (lymphoid), mozku a hlavy (brain and head), reprodukčních orgánů (reproductive) a ostatních orgánových soustav (general) (Cameron et al., 2012). ..... 7
- Obrázek 2. Kostí pravé ruky z dorzálního pohledu. Proximální řada – S (os scaphoideum), L (os lunatum), Tq (os triquetrum), P (os pisiforme). Distální řada – Tz (os trapezium), Tr (os trapezoideum), C (os capitatum), H (os hamatum). Zdroj: [https://www.kenhub.com/\(upraveno\)](https://www.kenhub.com/(upraveno)). ..... 13
- Obrázek 3. Klouby ruky. Zdroj: <https://twitter.com/AnatomyZone> (upraveno)..... 14
- Obrázek 4. Zeleně zvýrazněná vazivová vrstva (aponeurosis palmaris) pod kůží dlaně. Pod ní svalové skupiny palmy ruky. Zdroj: <https://www.kenhub.com/en/atlas?sequence=hand-bones-and-ligaments> (upraveno)..... 15
- Obrázek 5. Různé typy brachydaktylie. Černě vyznačené postižené části (Temtamy a Aglan, 2008). ..... 19
- Obrázek 6. Typy komplexní polydaktylie, a) polydaktylie „zrcadlového odrazu“ b) polydaktylie středová c) polydaktylie Haasova typu d) polydaktylie vycházející z palmární nebo dorzální strany ruky a nohy (Malik, 2013). ..... 19
- Obrázek 7. Oligodaktylie pravé ruky spojená se syndaktylií. Zdroj: <https://obgynkey.com/syndromes-associated-with-syndactyly/> (upraveno). ..... 20
- Obrázek 8. Nalevo ruka šimpanze, napravo lidská ruka (Young, 2003).. 21
- Obrázek 9. Digitální rekonstrukce ruky *Ardipithecus ramidus* ARA-VP-500/6 (Lovejoy et al., 2009b) ..... 23

Obrázek 10. . Řez v sagitální rovině skrze první metakarp šimpanze, *A. africanus*, *A. robustus*, *H. neanderthaensis*, časného a recentního moderního člověka. Barevně je vyznačena hustota spongiózní kosti na škále od 0 % (tmavě modrá barva) do 45 % ( tmavě červená až černá barva), Skinner et al., 2015 (upraveno). ..... 24

## **11 SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Věk žen a mužů.....28

## **12 SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Věk žen a mužů.....28

## **13 RESUMÉ**