

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Dominik Ulmann

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Komparační analýza různých forem lokomoce
pletencem ramenním**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

Vypracoval:

Dominik Ulmann

Praha, červenec, 2019

Prohlášení

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

V Praze, dne 21.8.2019

podpis

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat doc. PaedDr. Bronislavu Kračmarovi, CSc. za vedení, trpělivost, spolupráci a příjemné diskuze při zpracování této bakalářské práce. Obzvláště děkuji PhDr. Radce Bačákové, Ph.D. za pomoc s analýzou EMG dat.

Obsah

1. Úvod	8
2. Přehled literatury	9
3. Cíle a určení řešené otázky	10
3.1 Úkoly práce	10
4. Teoretická Východiska	10
4.1 Lokomoce	10
4.1.1 Charakteristika lokomoce	11
4.1.2 Řízení lokomoce	12
4.1.3 Pohybové vzory	13
4.1.4 Centrální generátory lokomoce	13
4.1.5 Kvadrupedální zkřížený vzor	13
4.1.6 Ontogeneze – třetí trimenon	14
4.1.7 Druhově lidská lokomoce	15
4.2 Fylogeneze lokomoce primátů	16
4.2.1 Rozdíl lokomoce savců a primátů	17
4.2.2 Formy lokomoce	18
4.2.3 Vznik řádu primátů	19
4.2.4 Hominoidi	19
4.2.5 Hominidé	20
4.2.6 Hominininae	20
4.2.7 Hominini	20
4.3 Brachiátor	21
4.3.1 Obecné informace	21
4.3.2 Lokomoce	22
4.4 Formy visu a jejich využití v praxi	27
4.4.1 Přirozenost visu a brachiace	28
4.4.2 Formy visu	29
4.4.3 Formy visu pro rozvoj pohybově sportovních schopností	30
4.4.4 Vis pro terapeutické využití	31
5. Hypotézy práce	33
6. Metodika výzkumu	33
6.1 Obecná charakteristika výzkumu	33
6.2 Elektromyograie	34

6.3	Charakteristika sledovaného probanda	35
6.4	Charakteristika místa provedení výzkumu.....	36
6.5	Charakteristika použitých metod	36
7.	Výsledky Práce	38
7.1	Kinograf Průběhu lokomoce.....	38
7.2	Grafy.....	40
7.3	Tabulky.....	43
8.	Diskuze	45
9.	Závěr	46
10.	Literatura a citace.....	48

SEZNAM POUŽÍVNÝCH ZKRATEK

CA - Coracoacromionální

CNS – centrální nervová soustava

CoM – Center of Mass

CPG – Centrální pohybové generátory /Central pattern generator

DK – Dolní končetina

EMG – Elektromyografie

FTVS – Univerzita Karlova, Fakulta tělovýchovy a sportu

HK – Horní končetina

HKK – Horní končetiny

m. – musculus, sval

MMA (s. 35)

SIS (s. 32)

SIS - subacromional impingement syndrom, subakromialní úrazový syndrom

1. ÚVOD

Člověk, jakožto *Homo sapiens*, je vskutku unikátní druh. Ne nadarmo je označován jako “generalist specialist” neboli specialista na univerzálnost. Jsme nejúspěšnější druh z celé linie primátů, protože jsme se v minulosti dokázali úspěšně adaptovat na velmi rozmanité podmínky včetně extrémů. Jedním z výsledků tohoto procesu je unikátní velký mozek, který nám dává schopnost pokročilých kognitivních funkcí, sebevnímání, sofistikované komunikace, tvorbu umění a technologií a dokonce i spiritualitu.

Univerzálnost se promítá i do oblasti lidského pohybu. V porovnání s ostatními druhy se v žádné oblasti pohybových schopností na první příčky nedostaneme. Rybám se ve vodě nemůžeme rovnat a ostatním primátům na stromech také ne. Co se týče rychlosti, tak i nejrychlejší muž světa by byl zesměšněn například gepardem a v síle platí to samé ve srovnání s jinými druhy. Nicméně ve vytrvalosti už se aspoň řadíme mezi špičku, ta měla pro přežití a rozvoj mozku největší vliv (vytrvalostní lov).

Co je však na našem druhu zajímavé, že dokážeme napodobit pohyb téměř všech zvířat obývajících planetu. A tam, kde to naše anatomie nedovolí, jsme obešli přírodu vynálezy (letadla, ponorky, ...). Tato lidská pohybová diverzita je výsledkem více než 6 milionu let probíhající evoluce. Mnoho možností pohybů různých tvorů dokáže naše tělo napodobit, ať už to je plavání ryby, plazení tetrapoda či stromovou a pozemní lokomoci pralesního primáta. Naše přirozená lokomoce je bipedální (dvouoporová) – chůze a běh, přesto však jsme si zachovali adaptace pro lokomoci pletencem ramenním. Jedná se o atypickou formu lidské lokomoce, ale setkáme se s ní v naší ontogenezi a v mnoha sportovních disciplínách.

Bakalářská práce se bude zabývat lokomoci prostřednictvím pletence ramenního. Vzhledem k množství forem a limitu rozsahu bakalářské práce se tato práce zaměří pouze na jednu formu, a tou je brachiace v porovnání s dalšími formami lokomoce. Brachiace je typ lokomoce v závěsu, kdy se střídavou prací horních končetin pohybujeme vpřed po pevných strukturách. Jedná se o primární

lokomoci gibbonů, a o sekundární lokomoci ostatních hominoidů. Tato práce bude vycházet z fylogenetického konceptu a zkoumat vývojové determinanty pohybu obecně. V teoretické části bude vymezen pojem lokomoce a popsán její vývoj. Poté budou představeny lokomoční formy a vývoj primátů. Na závěr se zaměříme na vis a brachiaci a jejich využití v praxi. V praktické části bude provedeno měření a analýza brachiace a představeny výsledky včetně porovnání s odlišnými formami lokomoce s užitím pletence ramenního.

Podobnou práci na toto téma zpracovala Mrůzková: Komparativní kineziologická analýza záběru vpřed na kajaku a dalších forem lokomoce v rámci lokomočního vzoru (2011). V této práci srovnávala plazení a brachiaci. Nejednalo se však o typickou lokomoční formu brachiace gibbonů, protože rozsah paží byl příliš malý a byl následován střídanou prací dolních končetin.

2. PŘEHLED LITERATURY

Zde autor práce uvede zdroje literatury, z kterých vycházel, a stručně představí jejich obsah. Tento **seznam publikací** slouží pouze jako orientační vodítko. Na závěr budou všechny zdroje uvedeny v části *Literatura a citace*.

- Komplexní přehled lidské lokomoce v rámci fylogeneze popsal B. Kračmar v publikaci *Fylogeneze lidské lokomoce (2016)*.
- V. Vančata v publikaci *Paleoantropologie a evoluční antropologie (2013)* popisuje vývoj a charakteristiku linie primátů až po předky člověka.
- Základní mechanismy evoluce jako adaptace a přírodní výběr popsal skvěle F. Ayla v publikaci *Velké otázky evoluce (2014)*.
- F. Véle v knize *Kineziologie (2007)* vysvětluje fungování řízení pohybu i z hlediska základních vzorců.
- V. Vojta, autor publikace *Vojtův princip (1995,2010)* stanovil reflexní lokomoci plazením v jeho terapeutické praxi s dětmi.
- Vzniku prvních hominidů a vývoji po dnešní moderní lodi se věnuje D. Lieberman v rozsáhlé publikaci *Příběh lidského těla (2016)*.

- Podobné téma zpracoval M. Uhlíř v publikaci *Jak jsme se stali lidmi (2007)*, kde se oproti Liebermanovi zaměřuje i na sociální chování primátů ve srovnání s lidskou společností.
- Autor úspěšné metody s využitím visu pro terapeutické účely při různých problémech s rameny popsal Johny M. Kirch.

3. CÍLE A URČENÍ ŘEŠENÉ OTÁZKY

Cílem této práce je na základě povrchové elektromyografické analýzy zmapovat koordinaci svalů při různých formách lokomoce prostřednictvím pletence ramenního a provést komparaci s dalšími formami lokomoce ramenním pletencem. Nadále by měla práce glosovat teoretická východiska k problematice lokomoce pouze prostřednictvím horních končetin zvané „brachiace“ a popsat její uplatnění v praxi.

3.1 ÚKOLY PRÁCE

1. Shromáždit teoretické podklady pro rozbor forem lokomoce primátů a podrobně popsat základy brachiace a forem visu.
2. Vybrat svaly, které se na lokomoci podílejí nejvýrazněji a které jsou přístupné povrchové elektromyografii.
3. Pomocí povrchové EMG sledovat aktivitu vybraných svalů při vybraných formách lokomoce prostřednictvím pletence ramenního.
4. Analyzovat data povrchové EMG, kineziologicky charakterizovat svalovou koordinaci během jednoho průměrného pohybového cyklu při vybraných formách lokomoce prostřednictvím pletence ramenního.
5. Porovnat výsledky mezi sledovanými formami lokomoce
6. Interpretovat a formulovat závěry

4. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

4.1 LOKOMOCE

Tato kapitola se zaměří na ústřední pojem lokomoce. Nejprve vymezíme jeho definici a popíšeme její funkce. Poté uvedeme do souvislostí lokomoci, jakožto

systemu, a popíšeme jeho řízení. Klíčovými pojmy zde jsou pohybové vzory a centrální generátory pohybu. Také se budeme soustředit na lokomoci z pohledu vývoje organismů. Jedná se především o kvadrupedální zkřížený vzor, který odstartoval pohyb živočichů na souši a utvořil základ pro další obecný vývoj lokomoce. I lidsky typická forma lokomoce, chůze a běh, vychází z tohoto prapůvodního vzoru a v ontogenezi lidského jedince můžeme pozorovat tento evoluční fenomén při plazení a vertikalizaci, jak si popíšeme v kapitole o druhově lidské lokomoci.

4.1.1 CHARAKTERISATIKA LOKOMOCE

Lokomoce se dá definovat jako: „přesun organismu z bodu A do bodu B“. Svalová aktivita uvádí v pohyb jak jednotlivé segmenty, tak i celé tělo. Jedná se o základní projev života, který určoval vývoj organismů už od počátku vzniku života.

Lokomoce primárně slouží k:

- zaopatření si potravy,
- rozmnožování,
- hledání lepších podmínek k přežití,
- úniku před predátory.

Již od počátku vzniku života v oceánu hrálo hlavní roli pro vývoj lokomoce okolní prostředí. Vlivů prostředí může být spousta, např. terén, klima, ostatní živočichové, potrava. To vše pomoci přírodního výběru umožnilo vzniku tolika druhů s rozdílnou stavbou těla a specifickou formou lokomoce.

„Nesmírná variabilita a neurčitost pohybového chování je pramenem neustálého vývoje a vzniku živých organismů lépe se adaptujících, což souvisí i se zánikem druhů, které se hůře dovedou adaptovat na prostředí, které je výrazně ovlivňováno jak změnami, tak i činnostmi lidské společnosti.“ (Véle, 2006)

Základní formy lokomoce pro suchozemské obratlovce jsou plavání, plazení, chůze, běh, šplhání, skákání a let. Přestože se jedná o dost rozdílné formy lokomoce, našli bychom podobnou strukturu a počet kostí končetin u všech obratlovců. Je to dáno tím, že všechny druhy mají stejného společného předka. Hlavní propulzní generátory pohybu

jsou pro suchozemské obratlovce, až na výjimky, pletenec ramenní a pletenec pánevní. Druhově specifická forma lokomoce se liší zapojením těchto pletenců při zajišťování pohybu.

Rozeznáváme formy lokomoce obratlovců prostřednictvím:

- pletence ramenního – brachiace, let,
- pletence pánevního – bipedie (chůze, běh a skákání),
- kombinací obou – kvadrupedie (chůze, běh), šplh, plavání, plazení,
- alternativní lokomoce pomocí vertikálního vlnění trupu a (nikoliv ocasní, ale končetinové) horizontální ploutve.

Z hlediska lokomoce je třeba rozlišit dva systémy, které ji umožňují (Véle, 2006).

- **Posturální systém**

Stabilizuje polohu jednotlivých segmentů těla neustálým vyvažováním zaujaté polohy. Posturální aktivita má oporný význam.

- **Lokomoční systém**

Fázickým pohybem mění vzájemnou polohu segmentů i celého těla. Vyžaduje snížení posturální funkce. Je zdrojem propulzních impulzů pro lokomoci.

Lokomoční systém by bez posturálního systému nemohl fungovat, protože je potřeba při pohybu neustále stabilizovat polohu. Proto jsou oba systémy úzce propojeny a tvoří funkční celek spadající do hrubé motoriky (Véle, 2006).

4.1.2 ŘÍZENÍ LOKOMOCE

Řízení lokomoce probíhá většinou podvědomě. Vědomá (teleologická) činnost se soustředí především na cíl. Průběh lokomoce je řízen pohybovými vzory a programy. Ty jsou funkcí nervového systému. Nervový systém se od počátku rozvíjel do složitějších forem, ačkoliv prapůvodní pohybové vzory stojí pořád v základu všech pokročilých lokomočních forem. A protože funkce tvoří orgán, tak řízení bude ovlivňovat utváření struktury.

4.1.3 POHYBOVÉ VZORY

Pohyb se skládá z dílčích pohybových vzorů. Pohybový vzor je časoprostorové schéma svalové aktivace (Véle, 2006, Kračmar et al, 2016). Jednodušší pohybové vzory skládají dohromady složitější pohybové programy. Člověk je díky velice pokročilé funkci mozku schopen neskutečně velkého množství složitých pohybových programů. Nejstarší pohybové vzory jsou pevně zakódované na segmentální úrovni v míše v oblasti ramenního a pánevního pletence a novější složitější programy se nachází v podkorových a vyšších oblastech mozku. CNS je schopna průběžně adaptovat vybraný program na současné podmínky vnitřního i zevního prostředí (Véle, 2006), a to je princip, jímž se vývoj pohybu řídil po stovky milionů let.

4.1.4 CENTRÁLNÍ GENERÁTORY LOKOMOCE

Složitější definice lokomoce by zněla: „*Opakující se motorická aktivita zahrnující sekvenční aktivitu svalů končetin a celého těla v určitém rytmu a vzoru.*“ (Tomsa, 2014). Podle nových poznatků stojí za touto rytmickou aktivací pohybových vzorů právě centrální generátory lokomoce (Central Pattern Generator - CPG). Většina druhů lokomoce vychází z nesynchronní/střídavé cyklické práce v propulzních dlouhých svalech, kdy dochází ke kokontrakci antagonistů a agonistů. Termín CPG poukazuje na funkční síť tvořenou neurony umístěnými v odlišných částech CNS (Kračmar et al., 2016). Obecné uspořádání CPG je podobné pro všechny druhy (i ty nejstarší). Na základě výzkumů se ukázalo, že kočka má pravděpodobně alespoň jeden CPG pro každou končetinu, a to samé se předpokládá i pro člověka. Mezi hlavní regulátory činnosti CPG patří supraspinální centra, senzorický feedback, ale také činnost neuromodulátorů (Dickinson, 2006).

4.1.5 KVADRUPEDÁLNÍ ZKŘÍŽENÝ VZOR

Veškerý život započal v oceánu, první pohyb mnohobuněčných organizmů vznikl už u tvora podobného červovi a spočíval ve vlnění. Vlnění osového orgánu bylo i hlavním prostředkem lokomoce ryb. Jedna z hypotéz tvrdí (Shubin, 2009), že rybě podobné stvoření se při útěku před predátorem dostávala do stálých vod s nízkým

obsahem kyslíku. Vznikla potřeba nadechnout se nad hladinou a ta spustila proces vzniku plic. Jelikož se tento tvor dostal do oblastí mělkých vod, začal využívat lezení po dně, což odstartovalo transformaci ploutve v končetinu. Odhaduje se, že ve středním až pozdním devonu se “proplazil” na souš první živočich. Tak započalo dlouhé a významné období evoluce, při kterém se lalokoploutvé ryby vyvinuly v první suchozemské tvory. Jejich ploutve se už definitivně přetvořily na končetiny (obr. 1).

Tihle tvorové (*Tiktaalik*, *Ichthyostega*, *Acanthostega*) byli předchůdci prvních suchozemských tetrapodů a druhově se nacházeli mezi rybou a obojživelníkem. Měli poměrně flexibilní ramenní pletenec, omezený loketní kloub bez diferencované funkce zápěstí. Pohyblivost na souši vyžadovala oddělení kosti pletence od lebky (Kračmar, 2016). Prapůvodní forma lokomoce na souši bylo plazení. Při plazení se živočich přitahuje ramenním pletencem vpřed a trup se suno po podložce. Lokomoce se podobně účastní i pletenec pánevní. Princip zkříženého kvadrupedálního vzoru spočívá v zapojení protilehlé části těla při posunu, to znamená, že se současně přitahuje pravá přední končetina s přitahováním zadní levé končetiny. Důkaz, že tento vzor je základ veškeré suchozemské lokomoce, se objevuje dokonce i v naší ontogenezi.

4.1.6 ONTOGENEZE – TŘETÍ TRIMENON

Toto období extraterinního vývoje (7. měsíc) je charakterizováno směřováním ke vzpřímenému držení těla. Posturální reakce se spouštějí pohledem na věci (Véle, 2006) v sociálním prostředí vzpřímených tvorů. Vývoj pokračuje k opírání se o horní končetiny, otáčení, plazení a lezení. Do období přibližně jednoho roku postupně dochází k vertikalizaci. Plazení společně s otáčením představují dvě základní formy “reflexní lokomoce”, které ve své komplexnosti v lidské posturálně pohybové ontogenezi nenacházíme, ale jsou nám vrozeny. Tuto koncepci vypracoval Vojta od šedesátých let 20. století a koncipoval “Vojtův princip”. Jedná se o diagnostiku a terapii posturálních funkcí. Drážděním specifických spouštěcích zón dokázal vyvolat plazící reflex u jinak posturálně postižených batolat. Vojta (1995) a Véle (2006) tím předpokládají, že rámcové programy posturální motoriky i lokomoce jsou již geneticky zakotveny a strukturálně fixovány.

4.1.7 DRUHOVĚ LIDSKÁ LOKOMOCE

Primární lidskou lokomocí je bipedie. Jedná se o lokomoci zprostředkovanou dvěma končetinami, která vyžaduje vzpřímené držení těla. Evoluční proces ke kompletně vzpřímenému tělesnému postoji trval několik milion let. Právě vertikalizace musela předcházet bipedální lokomoci. Existuje spousta hypotéz, vysvětlujících proč k vertikalizaci došlo, kdy nejpodstatnější argument spočívá v šetření energie (Lieberman, 2013). V této podkapitole uvedu některá srovnání se šimpanzem, důvodem je to, že nám je ze všech lidoopu nejbliže, dokonce i blíže než gorilám (Vančata, 2013).

Panuje obecný předpoklad, že lidský mozek je to, co nás odlišuje od všech zvířat včetně primátů. Avšak nebyl to mozek, co nás původně odlišil od ostatních lidoopů. Byla to bipedie, která odstartovala linii homininů směřující až k modernímu člověku. Bipedie umožnila uvolnění pletence ramenního od lokomoce a způsobila rozvoj pokročilé manipulační funkce horních končetin. Tato jemnější motorika měla sice dopad na rozvoj mozku, ale nedá se s přesností určit, že to byla právě bipedie, co způsobila rapidní nárůst mozku. Mozek člověka má kapacitu 1500 cm³, což oproti šimpanzi, který má 390 cm³, je 3,8x větší. Předpokládá se, že růst tohoto orgánu souvisel primárně s přechodem na více nutriční masitou stravu člověka vzpřímeného.

Dalo by se říci, že jsme v bipedální lokomoci nejefektivnější na planetě. Dokážeme ujít a uběhnout obrovské vzdálenosti s minimální ztrátou energie. Tato schopnost jistě znamenala velkou evoluční výhodu, protože v období, kdy ubývaly lesní plochy, jsme byli schopní díky větší uražené vzdálenosti nalézt více potravy. Jsme na chůzi a běh po dvou dokonale adaptováni jak anatomicky, tak metabolicky. Například šimpanz spotřebuje o 70 % více energie při jeho podání bipedalismu (Sokol, 2007). Šimpanz se ukazuje jako neekonomický tvor, protože i jeho specifické kvadrupedální kotníkochoďectví spotřebuje velké množství energie. Proto taky šimpanzi za den ujdou poměrně kolem 2 km. Nutno zmínit, že u arditopitéků a australopitéků takto výkonná lokomoce nebyla, protože adaptace na bipedalismus ještě nebyla kompletní (Lieberman, 2013). Je obecně uznáváno, že bipedální chůze se vyvinula z kotníkové kvadrupedie. Důkazem pro to je, že využívá kvadrupedální zkřížený vzor (Kračmar et al, 2016), kdy i

přes to, že horní končetiny nevytváří propulzní sílu, tak se pohybují do kříže společně s dolními končetiny stejně jako při diagonální kvadrupedii šimpanzům.

Homo erectus dosáhl adaptace na bipedii podobnou dnešním lidem. Stal se skvělým běžcem, což z něj spolu s kooperativními vlastnostmi v tlupách udělalo skvělého lovce, který ovšem musel kořist uštvat. První zmínky o použití oštěpu totiž sahají až teprve 500 000 let zpět do minulosti. Vytrvalostní běh byl tudíž po většinu doby hlavním prostředkem opatření potravy.

Při bipedální chůzi a běhu vystavuje člověk slunečním paprskům mnohem menší plochu těla než při kvadrupedii, a to je zřejmě další evoluční výhoda. Taky máme velice výkonný mechanismus ochlazování a tím jest pocení. Hlavními adaptacemi pro bipedální běh je tvar naší nohy, zvětšení Achillovy šlachy, rozvinutý sval *gluteus maximus*, který se u šimpanze tolik nerozvinul (Kračmar et al, 2016). Při chůzi a běhu člověk využívá zkríženého kvadrupedálního vzoru. Ten je zakódován na segmentální úrovni (Véle, 2006). Jedná se o primitivní pohybový vzor suchozemských tetrapodů (Romer, 1970). V podkorových centrech mozku jsou uloženy již složitější posturální úkony, které umožnily použití primitivních spinálních krokových programů ve vzpřímení.

4.2 FYLOGENEZE LOKOMOCE U PRIMÁTŮ

Poznatky v této kapitole budou pocházet hlavně od Vančaty (2016), z díla Paleoantropologie a evoluční antropologie, které se podrobně zabývá evolucí primátů.

První kapitola stručně představuje savčí kvadrupedii a také kvadrupedii primátů. V druhé kapitole budou popsány formy lokomoce primátů. V dalších kapitolách bude uvedena a stručně popsána evoluční linie primátu směřující až k rodu *Homo*. To vše by mělo objasnit vývoj velké variability lokomoce primátů.

Pojem „*primáti*“ označuje řád savců, do něhož patří také člověk. Jedná se o jeden z nejstarších stále žijících řádů savců, ve kterém současně žije 350 druhů primátů (Vančata, 2016). Nejvíce druhů žije v tropech nebo subtropích (Asie a Afrika), jedině druh *Homo* obývá trvale souš téměř celé zeměkoule.

Typické obecné vlastnosti pro řád „*primáti*“ jsou:

- charakteristická kostra (typické znaky lebky, chrupu, pohyblivý ramenní kloub),
- chápavá pětiprstá horní končetina (Vančata, 2016),
- relativně rozvinutý mozek (více u vyšších primátů),
- většinou býložravá, ale i živočišná strava.

4.2.1 ROZDÍL LOKOMOCE SAVCŮ A PRIMÁTŮ

Savčí kvadrupedální lokomoce se vyvinula z bazálního kvadrupedálního zkříženého vzoru prvních suchozemských tetrapodů. Addukce předních končetin pod trup byla spojována se zvýšenou ekonomikou antigravitačního působení pohybové soustavy.

Pro většinu primátů je kvadrupedie taktéž primární forma lokomoce, ovšem před 60 až 40 miliony let se z bazální kvadrupedie u primátů stala variabilní kvadrupedie (Kračmar et al., 2016). Hlavním důvodem byla přidaná funkce předních končetin, především uchopovacích a manipulačních. Kostra primátů se tak pozměnila pro tuto nově přidanou funkci pletence ramenního. U savců má přední končetina také schopnost například hrabání nebo uchopení například potravy, avšak lokomoční funkce zůstává dominující.

Z důvodu velké variability možností forem lokomoce provedeme srovnání s představiteli čeledě hominidů. Při srovnání typického savčího kvadrupeda s hominidy využívající primárně kvadrupedii (šimpanz, gorila a orangutan) si můžeme všimnout jistých rozdílů v pohybovém chování a tělesné stavbě:

- hominidi využívají tzv. kotníkochodectví, což znamená, že se opírají o články prstů na dorzální straně, kdežto většina savců se opírá o specificky adaptované části dlaně,
- někteří savci při trysku nebo cvalu využívají symetrickou práci končetin, kdežto hominidi vždy používají střídavou práci končetin,
- při chůzi hominidi současně zvedají diagonální končetiny (Schmitt, 2003), ostatní savci při chůzi většinou udržují tři končetiny na zemi,

- primáti obecně mají delší končetiny v porovnání k hmotnosti těla (Polk, 2002),
- primáti zatěžují více zadní končetiny, kdežto savci přední (Kračmar et al., 2016).

4.2.2 FORMY LOKOMOCE

Výše zmíněná evoluce bazální kvadrupedální lokomoce ve variabilní kvadrupedální lokomoci primátů umožnila částečné a občasné oddělení pletence ramenního od lokomoce a vytvořila nové možnosti pohybu a forem lokomoce. Vznikla velká variabilita forem lokomoce. Přestože je plán těla u všech primátů v podstatě stejný a většina je schopna téměř všech forem lokomoce, tak způsob jejich preferované lokomoce se liší (Vančata, 2013, Kračmar et al., 2016). Hlavní vliv zde mělo v evoluci dominantní prostředí, buď stromové, nebo pozemní. Prostředí rozdělilo lokomoční principy, druhy žijící převážně v korunách stromů jsou specializovány na brachiaci, šplhání nebo skoky a druhy žijící na zemi na kvadrupedii nebo bipedii. Variabilita mnoha forem lokomoce měla vliv na rozvoj mozku.

Lokomoce primátů se dělí tedy podle prostředí na:

- stromová
- pozemní

Dále se dělí podle polohy trupu:

- pronográdní
 - trup je v horizontální pozici,
- antipronográdní
 - trup je ve vertikální pozici.

Kombinací těchto tepů dosáhneme všech forem lokomoce primátů.

Vančata (2003) do lokomoce primátů zařazuje pět forem:

- kvadrupdie pozemní,
- kvadrupdie stromová,
- vertikální lpění a skoky,
- stromová nebo kombinovaná antipronográdní lokomoce,

- bipedie.

4.2.3 VZNIK ŘÁDU PRIMÁTŮ

Vznik řádu primátů se datuje do období svrchní křídy až paleocenu (cca 80 milionů let). Jedná se o placentální savce, jejichž linie je řazena do větve euarchontoglires. V této linii se kromě primátů nachází i hlodavci, zajícovití a letuchy.

Za prvního primáta je sporně považován *Purgatorius*, podobný dnešnímu rejskovi. Podle některých pramenů (Socha, 2016) je zmiňován ve spojitosti s dinosaur, protože jeho malý vzrůst mu umožnil přežít velkou katastrofu na zemi, při které většina větších tvorů vymřela. Asi před 40 miliony lety se linie rozvětvila na dvě důležité větve. První byla poloopice a druhá větev patřila vyšším primátům (antropoidní), která směřovala až k člověku.

Existují dvě alternativní hypotézy o vzniku vyšších primátů (Vančata, 2013). Jedna hovoří o jejich africkém původu a druhá o asijském. Nálezy z obou kontinentů měly podobné znaky, avšak nález z Asie vykazoval primitivnější znaky (Science Daily, 2013). Je tedy možné, že první zástupci této důležité linie vznikli v Asii a ihned poté migrovali do Afriky, kde našli příznivé podmínky k dalšímu vývoji.

4.2.4 HOMINOIDI

Vznik této nadčeledi se datuje přibližně někdy před 24 miliony lety. Obecně je považován za prvního hominoida a předka lidoopů a člověka (Niemitz, 2010). *Prokonsul* byl kvadurped, měřil asi 1,2 m, měl lehce větší mozek než opice a chyběl mu ocas a sedací mozoly. Vykazoval známky stromové a pozemní adaptace. První hominoidi jsou často sporným a diskutovaným tématem. Například Vančata prokonsula řadí spíše do větve směřující ke gibbonovi a nepovažuje ho za prapůvodního hominoida.

Obecné znaky nadčeledi Hominoidea (Vančata, 2016):

- poměrně krátká široká pánev,
- široký hrudník,
- přední končetiny jsou mírně delší než zadní,
- hmotnost 40-50kg,
- noha zřetelně uzpůsobena k pohybu na zemi.

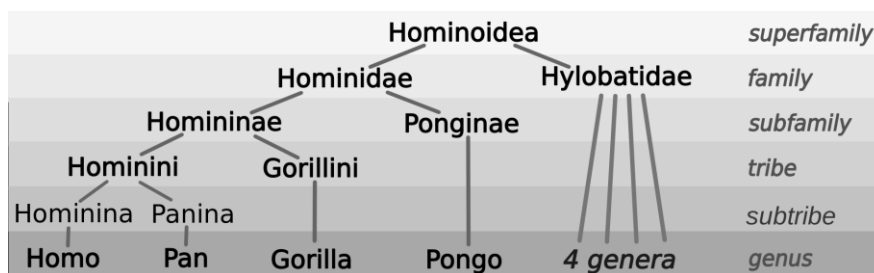
Před 18 až 20 miliony lety došlo k rozdělení linie Hominoideů na čeledě Hylobatidae (gibbonovití) a Hominidae (lidoopi). Původ gibbonů však dosud nebyl identifikován a jeho předci tedy nejsou známi. Více o gibbonech bude popsáno v kapitole „Pravý brachiátor“.

4.2.5 HOMINIDÉ

Hominidi jsou všechny druhy splňující kritéria lidské příbuznosti. Gibbon již do této skupiny není zařazován, protože má odlišné znaky, například sedací hrbol a jinou sadu chromozomů (Vančata, 2016). Mezi hlavní znaky patří například rozvinutá mozková kůra. Radíme sem člověka, šimpanze, gorilu a orangutana. Předchůdci hominidů byli pravděpodobně dryopitéci.

4.2.6 HOMINININAE

Jedná se o podčeleď, která už nezahrnuje orangutana. Ten má stromovou adaptaci a jeho lokomoce zahrnuje pětichodectví a stromové zavěšování. Moderní taxonomie rozděluje podčeleď hominininae na dvě větve, z nichž jedna slouží jak pro šimpanze, tak pro člověka. V minulosti byl klasifikován šimpanz s gorilou a orangutanem na jedné úrovni větve a člověk v jiné větvi.



Graf 1: Moderní, obecně uznávaná klasifikace hominoideů (zdroj palomar.edu, wikipedia)

4.2.7 HOMININI

Jedná se o prehumánní kmen vedoucí až k dnešnímu modernímu člověku: *Homo sapiens*. Poslední společný předek se šimpanzem žil před 6-7 miliony let. Na větvi

vedoucí od posledního společného předka směrem k člověku se nachází australopiték – *Australopithecus* (*sediba*, *robustus*, *afarensis*, *africanus*...). Ten už používal bipedalismus, ačkoliv měl ještě vhodné adaptace pro pohyb na stromech, které byly jeho útočištěm pro zajištění potravy a úkrytem před predátory. Jednalo se o posledního pravděpodobného předka člověka, který ještě používal pletenec ramenní pro lokomoci v uzavřeném kinematickém řetězci. *Homo erectus* už byl naprosto adaptovaný na bipedalismus. Předchůdce australopitéka byl *Ardipithecus ramidus* a další. Jeho znaky připomínaly ještě více šimpanze než člověka. Jednalo se o tvora bipedního a ne bipedálního (Vančata, 2018). To znamená, že nepreferoval dvouoporovou lokomoci (palec na noze v opozici), ale spíše pouze příležitostnou posturu.

4.3 BRACHIÁTOR

Pro účely této práce bude jako brachiátor pojímán tvor, který preferuje svoji lokomoci ve prospěch brachiace, prostřednictvím HKK. Jedná se pouze o gibbona z čeledi hylobatidae, jejíž primární lokomoci je brachiace. Stejně jako člověk je gibbon také jeden z pěti z nadčeledi hominoidů, avšak ze všech je nám nejvíce vzdálen, protože se oddělil už před cca 18 miliony lety (udává se před 14 – 20 miliony lety).

První podkapitola bude obsahovat typické znaky a chování této nadčeledi. Další podkapitola lokomoce bude zkoumat brachiaci, jakožto primární lokomoci gibbonů, a také jeho podání bipedalismu, jakožto sekundárního typu lokomoce. Jeho anatomicko-morfologické adaptace na brachiaci budou popsány v poslední podkapitole.

4.3.1 OBECNÉ INFORMACE

Jedná se o nejstarobylější skupinu lidoopů, která vznikla nejspíše v důsledku výrazného rozšiřování ploch pralesů po posledním glaciálu (Vančata, 2018). Jsou kompletně arboreální (Geissmann, 2003), což znamená, že tráví naprostou většinu času na stromech. Od ostatních lidoopů se odlišují malým sexuálním dimorfismem, monogamitou a vysokou teritorialitou. Obývají převážně jihovýchodní a východní Asii. Mají bohatou vokalizaci, která slouží především k utvrzení teritoria nebo varování před nebezpečím. Pojídají poměrně velké množství živočišné stravy (Vančata, 2018).

Dožívají se 35 až 40 let. Jako ostatní lidoopi nemají ocas a stejně jako člověk mají vzpřímenou posturu.



Obr. 1 – Gibbon při stojí na větvi
(Kračmar et al, 2016)



Obr.2 – Gibbon v závěsu
Kračmar et al, 2016)

4.3.2 LOKOMOCE

Gibbon stráví cestováním asi 50 % času dne (Pennock, 2013).

Mezi užívané formy lokomoce řadíme:

1. Brachiace – primární forma, 80 - 90 % času.
2. Asistovaná bipedie - sekundární forma, 10 – 20 % času.

4.3.2.1 BRACHIACE

Podle mnohých autorů je gibbon jediný „pravý“ brachiátor (Hollihn, 1984).

Definice brachiace zní:

„Brachiace je specializovaná forma lokomoce v závěsu. Pohyb je zajištěn pouze pomocí HKK pod konstrukcí, bez použití ocasu nebo dolních končetin.“ (Bertram, 2004).

4.3.2.2 VÝVOJ

Rozvoj a změny v ramenním pletenci a hrudníku, které by umožnily plnou brachiaci, započaly ve středním nebo pozdním oligocénu (před 33,9 až 23 miliony let). Hlavním důvodem byl lepší pohyb mezi větvemi pro dosažení plodů. Kvadrupedální lokomoce na větví se totiž ukazuje jako méně efektivní než brachiace pod větví (Pennock, 2013). Dle studie *From Gibbons to Gymnasts: A Look at the Biomechanics and Neurophysiology of Brachiation in Gibbons and its Human Rediscovery* (Pennock, 2013) změna lokomoce v prostředí stromů a větví spustila řadu adaptací jako například strukturní přestavbu pletence ramenního, osvobození ulny ze zápěstního kloubu a v rámci mozku a nervové soustavy také růst šedé mozkové kůry v cerebrálním kortexu. Mnohé z těchto adaptací přetrvaly v člověku do současnosti (viz podkapitola Přírozenost brachiace).

4.3.2.3 TYPY BRACHIACE

Vzhledem k variabilitě a neurčitosti prostředí větví stromů musí gibboni přizpůsobovat brachiaci prostředí.

Při zvyšující se vzdálenosti se zvyšuje vynaložení sil a podle toho se rozlišují dva hlavní typy brachiace:

- Kontinuální kontakt

Tento typ brachiace užívají gibboni při nižších rychlostech. Vzdálenost mezi oporami je méně než 1,2 m (Pennock, 2013). Spočívá v tom, že jedna ruka má vždy kontakt s pevnou oporou (závěsem).



Obr. 3. – Znázornění brachiace typu kontinuální kontakt (Kračmar et al. 2016)

- Odrázová (Ricochetal)

Tento typ brachiace užívají gibboni při vyšších rychlostech. Vzdálenost mezi opory je více než 1,6 m (Pennock, 2013). Spočívá v letící fázi, při které není žádný kontakt s pevnou oporou. Gibbon musí vynaložit více energie kinetické než potencionální (Bertram, 2004). Gibbon je schopný upravit během letu centrum hmotnosti (CoM – Center of Mass), a to pohyby pánve a nastavením horní končetiny, aby při nejistém doletu zabránil možným ztrátám energie.



Obr. 4 – Gibbon v letové fázi při odrazové brachiaci (Hume, 2010)

4.3.2.4 ASOCIACE BRACHIACE S MECHANIKOU BIPEDÁLNÍ LIDSKÉ CHŮZE A BĚHU

Gibboni dokážou brachiovat energeticky velmi úsporně. Buď užití aktivní mechanismus – zapojení svalové aktivity anebo pasivní mechanismus – princip kyvadla.

Existují jisté podobnosti s lidskou bipedální lokomocí (princip obráceného kyvadla při chůzi).

Brachiace typu „kontinuální kontakt“ funguje na bázi jednoduchého kyvadla, zatímco bipedální chůze člověka funguje na bázi inverzního kyvadla. Rozdíl je však v takzvaném „double peak (dvojitý vrchol)“ u chůze. Tyto dva vrcholy označují

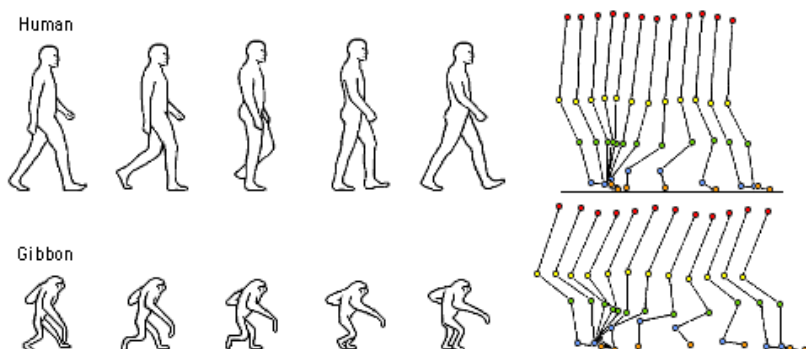
vertikální reakcí podložky způsobeny flexí/extensí kolene během přizpůsobení chodidla a poté odrazu (Yamaguchi et al, 1993).

Přestože odrazový typ brachiace a bipedální běh vykazují jisté podobnosti (letová fáze), tak už se nejedná o stejný princip jako u chůze a brachiace typu kontinuálního kontaktu. Důvodem je pružinový systém lidské nohy. Odrazový typ brachiace se analogicky přirovnává ke skákání oblázku na vodě. Také vertikální posun těla u odrazové brachiace dosahuje až 70 cm, u běhu se tělo vychýlí průměrně o pouze 5 cm.

4.3.2.2 ASISTOVANÁ BIPEDIE

Jedná se o sekundární typ lokomoce gibbona, který využije na pevnině. Při bipedii použije své dlouhé paže pro vyrovnávání, stejně jako provazochodec na laně. Adaptace gibbona na tuto formu lokomoce je nedokonalá, protože se nejedná o primární typ lokomoce. Poznatky k této části pochází ze studie, která zkoumala mechanismus o zachování energie při bipedalismu podaném gibbonem (Vereecke et al, 2006). Gibboni mají velice vyvinutou Achillovu šlachu, která však nefunguje jako elastická pružina pro uchování energie, jako je tomu u lidí (adaptace na běh). Naopak, šlacha je velice tuhá a neohebná, a zatím není znám důvod jejího vývoje (možná adaptace pro brachiaci). Přesto gibbon nejspíš využívá pružinového systému při bipedalismu, pouze toho efektu dosahuje prostřednictvím svalových šlach v oblasti kyčlí.

Oproti člověku je u gibbona omezujícím faktorem pro bipedalismus pouze jednostranně kyfózní prohnutí páteře (Geissmann, 2003). Gibbon toto omezení kompenzuje ohnutím v kyčlích a kolenou při vzpřímené poloze. Kontrarotace při chůzi gibbonů je přítomna v oblasti kyčlí, naproti tomu u člověka je to v oblasti hrudníku.



Obr. 5 - Komparace kinematického záznamu bipedalismu člověka a gibbona (Geisman, 2003)

5.3.3 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ASPEKTŮ ANATOMIE GIBBONA

Jejich váha se pohybuje okolo 7kg (5-15kg). Jejich anatomie je plně přizpůsobena jejich primární formě lokomoce. Na první pohled mají malou hlavu, krátkou páteř a velice dlouhé horní končetiny, delší než dolní. Mají velice dlouhé prsty (s krátkými nehty), kterými nedokážou hýbat separovaně (pouze malíčkem a palcem). Palce na nohou jsou v opozici a na ruce nejsou, tudíž se při brachiaci nevyžívají. Další důležitý rozdíl oproti ostatním lidoopům je kulový kloub v zápěstí, který umožní téměř 180° rotaci při závěsu.

Zdrojem informací je studie *Funcional anatomy of the gibbon forelimb: adaptations to a brachiating lifestyle* (Michilsens et al., 2009). Ta zkoumala, jak strukturně, tak metabolicky svalstvo gibbonů a jiných primátů, aby vysvětlila nízké energetické náklady gibbonů pro brachiaci.

Bylo vycházeno z minulých zjištění, které však nebyly plně prozkoumány:

- velký musculus digital flexor (Tuttle, 1972),
- velký musculus supinator oproti nebrachiujícím primátům (Tuttle, 1972),
- velký musculus latissimus dorsi a musculus teres major (Fleagle, 1979).

Původní autoři předpokládali, že to je z důsledků brachiace, avšak nová studie jejich tvrzení vyvrátila, neboť tyto svaly nejsou příliš specifické pro brachiaci, spíše šplh a dosahování a další variabilní pohyby.

Výsledky zmíněné studie:

- krátká hlava bicepsu je monoartikulární a začíná z processus coracoideus (Gray, 1918). U většiny primátů začíná z lesser tuberosity,
- nemají žádný musculus anconeus,
- jako ostatní opice mají gibboni musculus dorsoepitrochlearis, který spojuje latissimus dorsi a krátkou hlavu bicepsu,
- svaly na předloktí ukazují poměrně dost vysokou hustotu svalových bříšek,
- ramena, předloktí a zápěstí tvoří silný svalový řetězec,

- musculus deltoideus hraje největší roli v produkci síly, další je triceps (v pohybu ramene) následovaný musculus flexor digitorum profundus,
- v předloktí je velmi vysoká proximálně distální distribuce svalové hmoty
- flexory jsou mnohem více vyvinuty než extenzory,
- zápěstí a prstní flexor nejsou příliš pohyblivé, ale zato jsou poměrně dost silné, kloub zápěstí má kulovitý charakter a umožňuje sférický pohyb.

4.4 FORMY VISU A JEJICH VYUŽITÍ V PRAXI

Tato kapitola se zaměří na lidskou bytost z hlediska vhodnosti využití jak brachiace jako typu sekundární lokomoce, tak i visu, který stimuluje ramenní pletence podobným způsobem (Kirsch, 2010). Formy visu (kam patří i brachiace) jsou typické v tom, že jejich antigravitační působení potlačuje tuto funkci u pletence pánevního. Přirozenost těchto forem pro lidskou bytost budou popsány v první podkapitole. Nadále budou stručně uvedeny a kategorizovány formy visu a poté jejich využití v praxi.

Brachiace je forma lokomoce prostřednictvím pouze pletence ramenního v horizontální rovině. Člověk je však schopen mnoha dalších forem lokomoce s využitím tohoto pletence.

Rozdělení podle Kračmara et al. (2016) je:

- s kombinací pletence pánevního
 - vstávání z lehu, otáčení v lehu, lezení do prudkých svahů, plazení, lezení po žebříku, horolezectví, běh na lyžích, chůze s holemi, plavání, šplh po tyči,
- pouze prostřednictvím pletence ramenního
 - šplh na laně bez přírazu, pádlování, brachiace, jízda na vozíku, chůze ve stoji na rukou, atd.

Se šplhem na laně bude provedeno porovnání v praktické části této práce“ brachiace, jakožto představitele lokomoce prostřednictvím pouze pletencem ramenním v horizontální rovině, a šplhem, jakožto představitelem lokomoce prostřednictvím pouze pletence ramenního ve vertikální rovině.

4.4.1 PŘIROZENOST VISU A BRACHIACE

Dalo by se říct, že člověk má ruku opice ovládanou lidským mozkiem. Noha je však typicky lidský vynález. (Kračmar et al, 2016). Stejně jako ostatní lidoopi mají lidé vrozenou schopnost viset a brachiovat. Lidé jsou jediní primáti, kteří si zachovali tyto anatomické znaky, protože sdílí téměř stejnou anatomii ramene a paže primátů, kteří jsou schopni brachiace (Kirsch, 2010). Přesto jsou lidé v rámci skupiny lidoopů jediní, kteří tento způsob lokomoce nebo i vis obecně vyřadili ze svého života. Lidé jsou tvorové bipedální; lidské paže se od opuštění života v pralesech modifikovaly, přesto však je potřeba viset v anatomii člověka formována (Wade, 2017).

Jeden z prvních reflexů, který se vyvine u novorozence, je uchopovací reflex. Ten má počátek u předků z linie primátů. Dalším důkazem přirozené podstaty visu jsou klíční kosti, které se u většiny savců nezachovaly. Ty lidem umožňují se vertikálně natáhnout bez namáhání ramen (Wade, 2017). I přes to, že lidská lokomoce nejspíš pochází z kvadrupedie, při které se paže nachází v předpažení (horizontální poloha trupu), tak je pro všechny lidoopy běžné trávit čas na stromech šplhem a brachiaci, při které se paže dostávají do vzpažené pozice nad hlavu. I v linii prehumánních homininů jako jsou ardiopitékové a australopitékové, bylo přirozené trávit velkou část dne i noci ve větvích stromů. Jejich adaptace byla hybridní, nedokonalá bipedie a stále velice účinná lokomoce ramenním pletencem pro pohyb ve stromech. Teprve až před necelými dvěma miliony let s příchodem *Homo erectus* jsme život ve větvích definitivně opustili. To by však nemělo potlačit funkci ramen, která byla tvořena mnohonásobně déle (Lieberman, 2013). Autor práce se proto domnívá, že funkce paží pro vis, šplh a brachiaci byla zachována, avšak u běžné populace byla potlačena z důvodu nepoužívání. Tréninkem se funkce u člověka dá částečně obnovit, jak dokazují atleti z různých výše zmíněných disciplín. Dalším důkazem přirozenosti visu a brachiace může být pozorování mladších dětí, při hře na hřišti, když je k dispozici horizontální žebřík. Skutečnost ukazuje, že většina dětí se nadšeně oddává různým formám ručkování.

„Člověk je přirozený brachitátor. Pokud jste lidskou bytostí, tak pro udržení zdravých ramen musíte brachiovat, nebo alespoň simulovat brachiaci pravidelným visem ve vzpažené pozici.“ (Kirsch, 2010). S tímto názorem lze souhlasit pouze s jistou rezervou.

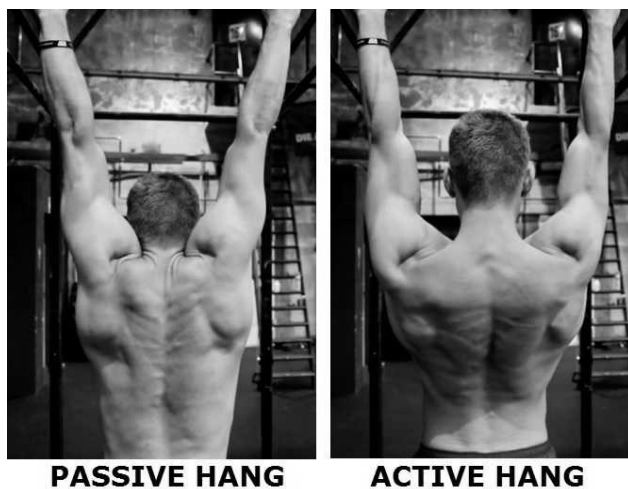


Obr. 6 – Vojáci provádějící brachiaci při výcviku (McMahon photo archive)

4.4.2 FORMY VISU

Vis se dá rozdělit do 3 kategorií:

- Pasivní - relaxovaný vis. Deaktivované lopatky, ramena se skoro dotýkají uší. Ovlivňuje pasivní strukturální systém vaziva a šlach.
- Aktivní – aktivuje svalový systém. Lopatky jsou aktivované a ramena se odtlačují od uší. Vhodněji připravuje svalstvo k podání výkonu.
- **Dynamický** – jedná se o kombinaci pasivního/aktivního visu ve spolupráci s momentem síly. Patří sem různé houpy i brachiace.



Obr. 7. – Pasivní a aktivní vis (Krunoslav, 2018)

4.4.3 FORMY VISU PRO ROZVOJ POHYBOVĚ SPORTOVNÍCH SCHOPNOSTÍ

Pro rozvoj pohybových schopností se užívá primárně aktivní vis a případně různé formy dynamických visů. Ve výkonnostní praxi s visem pracují převážně gymnasti ve formě houpání na hrazdě. Další skupinou jsou horolezci, pro které je zásadní síla předloktí a prstů. Skalní a sportovní horolezci využívají lezení s napnutými pažemi, protože to je nejefektivnější (šetří to energii). Nadále z oblasti parkuru využívají jedinci brachiaci a různé formy zhupu na stavebních a pouličních konstrukcích pro přemístění a akrobacii. Nově se také objevuje fenomén prapůvodního pohybu (*primal movement*), který se snaží nalézt přirozenou cestu k trénování lidského těla. Kromě jiných simulací zvířecích pohybů hojně využívá pohyby v závěsu.

Zařazení forem visu bude mít v tréninkovém procesu tyto účinky:

1) Z hlediska kondičních schopností:

primárně aktivní vis a dynamický vis souvisí se silově vytrvalostní schopností

- síla úchopu (flexory dlaně a prstů),
 - vis je na sílu úchopu nejúčinnější, a hlavně nejbezpečnější strategií, protože člověk pracuje se svoji tělesnou hmotností,
 - Wade (2017) uvádí, že při častém tréninku úchopu může vzniknout velký nepoměr mezi svaly, které dlaň uzavírají a otevírají, proto jako kompenzaci doporučuje trénink kliků na prstech,
 - síla úchopu je důležitá pro mnoho sportovních disciplín jako jsou bojové sporty, sportovní přetlačení rukou, strongman, crossfit, sportovní lezení, gymnastika a další.
- síla protrakce a stabilizace mezilopatkových svalů
 - zvyšuje tonus a upravuje správné držení těla, které je důležité jak pro zdraví, tak pro optimální fungování svalových řetězců při zvládnutí dovednostních technik většiny sportů.

Při aktivním visu je třeba dbát na:

- pevná ramena – tlačí se do kloubních pouzder,
- volné lokty - měly by být lehce ohnuté pro ochranu loketního kloubu a okolních svalů před natažením,
- polohu hlavy – pohled by měl mířit rovně dopředu. (Wade, 2017)

2) Z hlediska koordinačních schopnosti:

souvisí s dynamickými varianty visu, jako je brachiace a další formy houpání, které trénují pohybovou soustavu.

Dle zvolené formy zaměření na:

- rytmické vnímání zhupu,
- plynulé střídání pohybu,
- reakce na změny podmínek,
- koordinace ruka – oko.

4.4.4 VIS PRO TERAPEUTICKÉ VYUŽITÍ

V terapeutické praxi se vis užívá už dlouhou dobu, jeho zařazení stále může být mírně kontroverzní, přesto však výsledky dokazují úspěšnost této metody hlavně při řešení problémů s ramenním kloubem. Tato úspěšnost je dána jednoduchostí metody využívající gravitaci. Při visu se zvrátí destruktivní síly gravitace, které jinak působí na ramena, kyčle, kolena a celou páteř (Kirsch, 2010). Normálně se totiž člověk vzpírá gravitaci postojem odspoda, při visu však gravitaci odoláváme shora. Tento jev způsobí dekompresi páteře, při které se zvětší meziobratlový prostor a sníží tlak uvnitř ploténky. Jedno z terapeutických využití visu tedy slouží páteři (tzv. trakce). Gravitate při visu vyrovná jak hrudní kyfózu, tak bederní lordózu. Další a významnější užití jsou pro oblast ramene.

4.4.4.1 TERAPEUTICKÉ VYUŽITÍ VISU PRO ZDRAVÍ RAMEN

Poznatky v této části vychází z knihy *Shoulder Pain? The Solution and Prevention* (2013), kterou napsal ortoped John M. Kirsch, M.D.

Pravidelné provádění visu působí proti bolesti ramen a dále proti onemocněním jako jsou zranění rotátorové manžety, *subacromial impingement syndrom* (SIS), anebo proti „zamrzlým ramenům“. Myslí se především pasivní vis, protože ten má hlavní vliv na protažení pasivních struktur, zejména vazů a šlach. Nedoporučuje se pro lidi, kteří trpí nestabilními a dislokovanými rameny, anebo nejsou schopni upažit nad 90°.

Hlavní účinek je v protažení coracoacromiálního (CA) oblouku. CA oblouk je zakřivená struktura, která překrývá šlachy rotátorové manžety a svrchu je pokryta coracoacromiálním vazem. Zkrácení v oblasti CA oblouku je zodpovědné za většinu problémů s rameny (SIS). Bez aktivit ve vzpažení se tento prostor v oblouku velmi zmenšuje.

Hlavní cíle visu jsou podle Kirsche (2013):

- protažení a obnovení flexibility v oblasti CA oblouku a přemodelování nevhodných kostěných struktur,
- protažení v ramenním kloubu,
- posunutí lopatky do plné elevace a rotace,
- obnovení zdraví a síly rotátorové manžety.

4.4.4.2 BRACHIACE A TERAPIE DĚTÍ

Horizontální žebříky byly stavěny a využívány pro léčbu malých dětí, které trpěly mozkovou obrnou, autismem a zraněními mozku. Brachiace totiž stimuluje nejen fyzické tělo, ale zapojuje obě hemisféry nezávisle při střídavém zhoupnutí z jedné ruky na druhou. Tato neurologická stimulace vytváří a posiluje synaptické spoje, které jsou oslabené, odumřelé nebo zcela nevyvinuté (Pennock, 2013).

5. HYPOTÉZY PRÁCE

Na základě směru osy působení gravitace ve směru tělové osy u šplhu a plazení budou očekávány jiné výsledky, než u brachiace, u které působí směr gravitace kolmo na směr pohybu. Z toho důvodu *bude míra koordinační příbuznosti vyšší mezi šplhem a plazením než mezi šplhem a brachiací a plazením a brachiací.*

6. METODIKA VÝZKUMU

6.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA VÝZKUMU

Kineziologický obsah pohybu zvolených svalů HK byl šetřen primární analytickou studií. Porovnáván byl vždy jeden celý pohybový cyklus dané lokomoce. Vzorovým pohybem, k němuž se porovnávání vztahuje, bylo zvoleno spontánní plazení, které představuje prapůvodní kvadrupedální zkřížený vzor pro lokomoci prostřednictvím pletence ramenního. Porovnání bylo provedeno s brachiací, jakožto prostředek lokomoce prostřednictvím pouze pletence ramenního v horizontální rovině. Lokomoce plazením však využívá i pletenec pánevní, a proto byl vybrán i šplh na laně bez DKK, jakožto představitel lokomoce prostřednictvím pouze pletence ramenního ve vertikální rovině. Analýza spočívá ve sledování elektrických potenciálů měřených HK a DK v průběhu brachiace s využitím EMG a kinematické analýzy a následném porovnání se šplhem na laně a spontánním plazením, které byly také podrobeny EMG a kinematické analýze. Pro analyzování byla využita komparace timingu nástupu a odeznění aktivací zkoumaných svalů HK, posouzení průběhu EMG křivky s ohledem na výskyt lokálních maxim a zhodnocení střední hodnoty plochy pod EMG křivkou jednoho krokového cyklu. Měřením získaná data byla po převedení do PC upravena programem Biomonitor ME 6000. Výzkum byl uskutečněn v kooperaci s katedrou sportů v přírodě FTVS UK v Praze.

6.2 ELEKTROMYOGRAFIE

Elektromyografie (EMG) patří mezi elektrofyziologické techniky, které pracují na principu registrování elektrických projevů svalového a nervového aparátu a napomáhají hodnocení akčního stavu motorického systému (Dufek, 1995; Keller, 1998).

Využívá se pro objektivizaci svalových funkcí. Při EMG tedy není měřena svalová síla ani práce svalu, ale elektrický potenciál. Ten vzniká při aktivaci svalu a nejnějněji ji ilustruje na topicky přesně určeném místě svalu. „Z elektrického potenciálu usuzujeme na aktivitu motorické jednotky a z té na práci svalu.“ (Kračmar et al., 2006)

Elektrody jsou dvě z vodivého materiálu, nejčastěji Ag, AgCl. Jsou obvykle umístěné ve střední linii svalu v místě největšího bříška svalu, orientované kolmo na průběh svalových vláken. V této lokalizaci je EMG signál snímán s největší amplitudou (De Luca, 1993).

Elektromyogram – grafický záznam akčních potenciálů

Pro správné provedení měření pomocí EMG metody platí (Chrástková, 2009):

1. Kvantitativní porovnávání výsledků je možné pouze na jedné osobě bez přelepování elektrod a bez velké časové prodlevy mezi měřeními (pocení, odlepení elektrod). Minimální možnost zobecnění výsledků se jeví jako nevýhoda této metody.
2. Pro analýzu pohybové činnosti je vhodné vybrat takového probanda, jenž disponuje vysokou mírou koordinace daného pohybu a s pevně fixovaným pohybovým stereotypem.
3. Při zapojení velkého počtu motorických jednotek dochází k vzájemné interferenci signálu, a dochází tak k deformaci křivky. Od zapojení asi 50% motorických jednotek nestoupá (neroste) křivka dále lineárně. Není proto možné poměrné srovnání svalové aktivity. Lze však odvodit, zda se svalová práce jednoho svalu mezi dvěma různými aktivitami zvětšila či zmenšila.
4. Nelze poměrně posuzovat svalovou práci mezi dvěma různými svaly, neboť síla akčního potenciálu je ovlivněna vodivostí kůže (na různých částech těla je

různá), vrstvou podkožního tuku či velikostí motorických jednotek (např. okohybné svaly vs. m. gluteus maximus).

5. Elektrody lze lokalizovat jen do jednoho určitého místa svalu. Popisujeme pak vlastně pouze aktivaci místa svalu, na němž je elektroda umístěna.
„Předpokládáme-li zřetězení svalových funkcí, pak při změně úhlu v kloubu se může posunout řetězec největšího zatížení v samotném svalu a znehodnotit tak výsledky měření. Východiskem je expertní vyhledání místa největší svalové kontrakce pro lokalizaci elektrod. Je samozřejmě nutné simulovat pohyb co nejvěrněji – tvar pohybu i charakteristika práce svalů ve smyslu kontrakce koncentrická vs. excentrická.“ (Kračmar et al., 2006)

6.3 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO PROBANDA

Jméno: F. Š.

Pohlaví: muž

Věk: 27

Výška: 187 cm

Hmotnost: 90 kg

Zaměstnání: PhD. student, stavař v soukromé firmě - poloviční úvazek

Sportovní minulost: Od 6 let se věnuje sportovní gymnastice na republikové úrovni (3h min. 4x týdně), rekreačně tenis (1x týdně), v 15 letech první zkušenost s fitness s cílem hypertrofie horní poloviny těla (prsí, zádové svalstvo, paže), od roku 2013 3x týdně tréninky MMA, cca posledních 9 let se závodně věnuje šplhu na laně (

Nynější sportovní aktivita: 2x týdně 2,5h gymnastika, 3x týdně 1,5h MMA, 1x týdně silová příprava ve fitness (součást tréninků MMA – převážně komplexní cviky jako dřepy, mrtvý tah, shyby, kliky, nadhozy, dále bench press apod.), tréninky šplhu v předzávodní přípravě zařazeny 4x týdně do tréninků gymnastiky a MMA

Zdravotní stav: v současné době je klient zdravý, neužívá žádné medikamenty, bez lékařského omezení. Prodělal běžná dětská onemocnění jiná závažnější onemocnění a zranění neguje.

6.4 CHARAKTERISTIKA MÍSTA PROVEDENÍ VÝZKUMU

Měření bylo realizováno v plně vybavené tělocvičně v areálu Loděnice UK FTVS v Praze Tróji.

6.5 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH METOD

Povrchové EMG měření bylo provedeno převážně na svalech HK, ale i DK. DK byly měřeny pro potvrzení nebo vyvrácení kvadrupedálního zkříženého vzoru. Z hlediska rozsahu bakalářského projektu byl výběr svalů pro interpretaci výsledků omezen na dva.

6.5.1 MOBILNÍ PŘÍSTROJ EMG

Pro EMG měření bylo využito telemetrické mobilní zařízení ME6000 Biomonitor. Záznam byl ukládán do interní paměti přístroje. Snímání aktivity svalů zajistily homologované diskové bipolární elektrody o průměru 5 mm, které byly aplikovány na očištěnou a odmaštěnou pokožku. Elektrody byly umístěny po směru svalových vláken dle doporučení výrobce.

6.5.2 POPIS POUŽITÉHO VYBAVENÍ

Pro šplh na laně bylo použito šplhací lano o délce 4.5m . Na brachiaci byly využity dva svázané žebříky, kvůli pevnosti a omezení pružení. Ty byly připevněny pomocí lan a gum na jedné straně na žebřinách a na druhé straně byly podepřeny bednou na lavičkách. Bezpečnost byla zajištěna podpíráním třetí osobou. Spontánní plazení bylo provedeno na klouzavé podlaze tělocvičny.



Obr. 8. – Horizontální žebřík při brachiaci

LOKALIZACE ELEKTROD

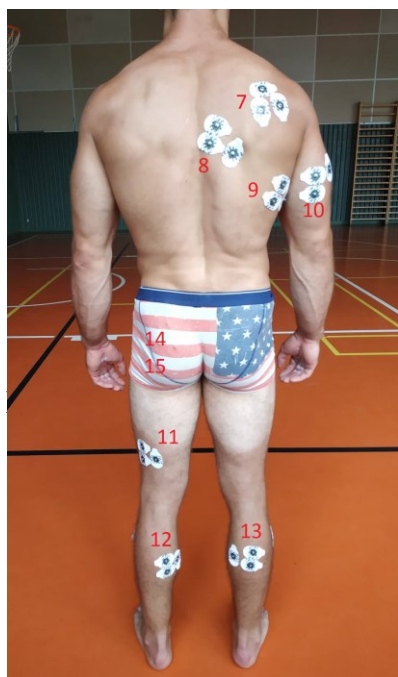
Elektrody byly lokalizovány do míst největšího svalového bříška. Elektrody nalepovala zkušená fyzioterapeutka

Pohled zepředu:



1. Pectoralis Major
2. Obliquus Externus
3. Seratus Anterior
4. Biceps Brachii
5. Rectus Femoris
6. Tibialis Anterior - levý
7. Infraspinatus
8. Trapezius – střední až dolní část

Obr 9. – Lokalizace elektrod na probandovi 9. Latisimus Dorsi



9. Latisimus Dorsi
10. Triceps Brachii – dlouhá hlava
11. Biceps Femoris
12. Gastrocnemius - levý
13. Gastrocnemius – pravý
14. Gluteus Maximus
15. Gluteus Medius

Obr 10. – Lokalizace elktrod na probandovi 2.

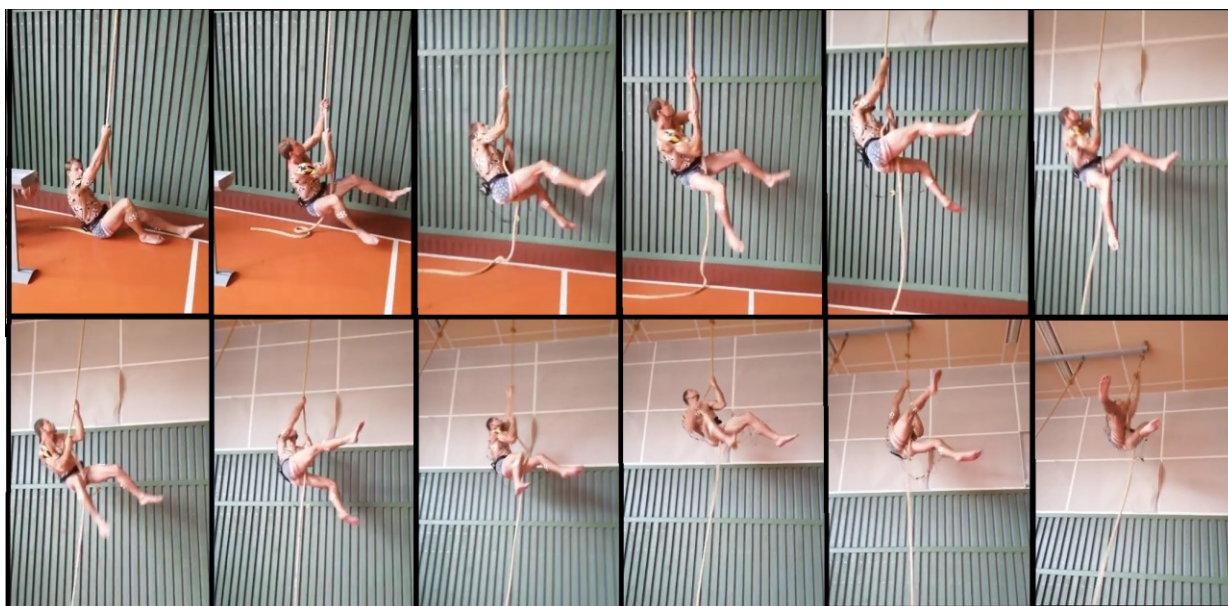
7. VÝSLEDKY PRÁCE

Pro potřeby kap. Diskuze byly konstruovány ilustrace EMG záznamu ve formě obálek rektifikovaného, časově normalizovaného EMG záznamu pracovního kroku. Dvě průměrné obálky pracovních cyklů byly umístěny vedle sebe pro ilustraci lokálního EMG maxima. Jedná se sice o logický konstrukt vykazující prvky nonsensu, ale ilustrační hodnota tohoto postupu je neocenitelná. Jasně ukazuje místo maximální svalové aktivity. Údaje pro interpretaci jsou doplněny korelačními hodnotami ukazujícími vztah míry podobnosti mezi jednotlivými pracovními cykly a cyklem průměrným i mezi jednotlivými pracovními cykly mezi sebou. Z těchto údajů lze usuzovat na základě věcné významnosti na pravidelnost aktivace sledovaného svalu. Pro malý počet pracovních cyklů při šplhu a brachiaci není vhodné použít statistický nástroj – t test pro porovnání dvou neparametrických datových řad. Malý počet pracovních cyklů je dán omezenými technickými možnostmi.

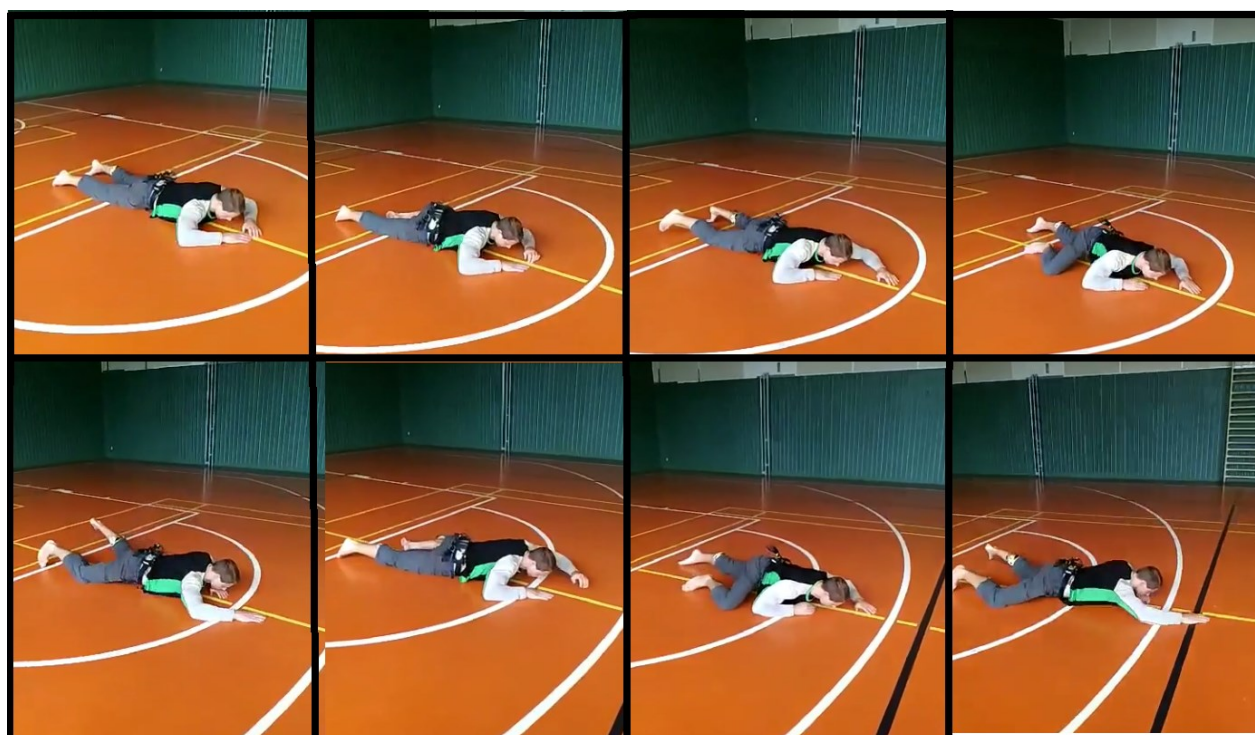
7.1 KINOGRAM PRŮBĚHU LOKOMOCE



Obr. 11 – Kinogram brachiace

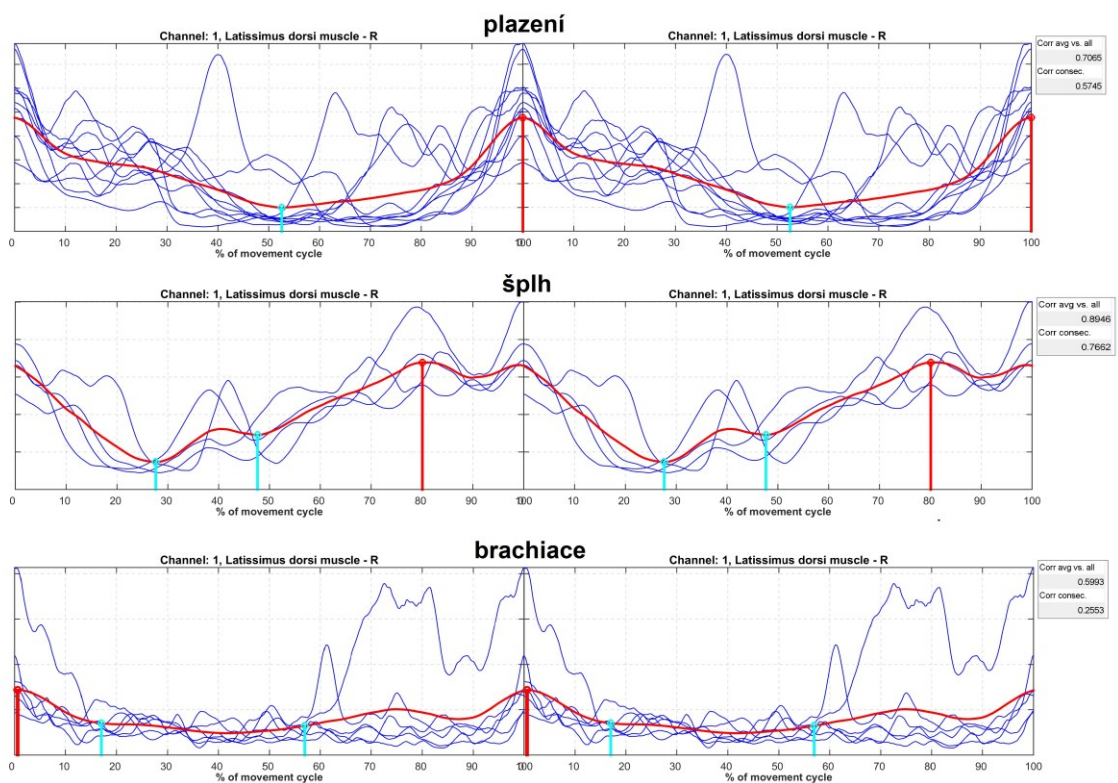


Obr. 12 – Kinogram šplhu na laně bez použití DKK

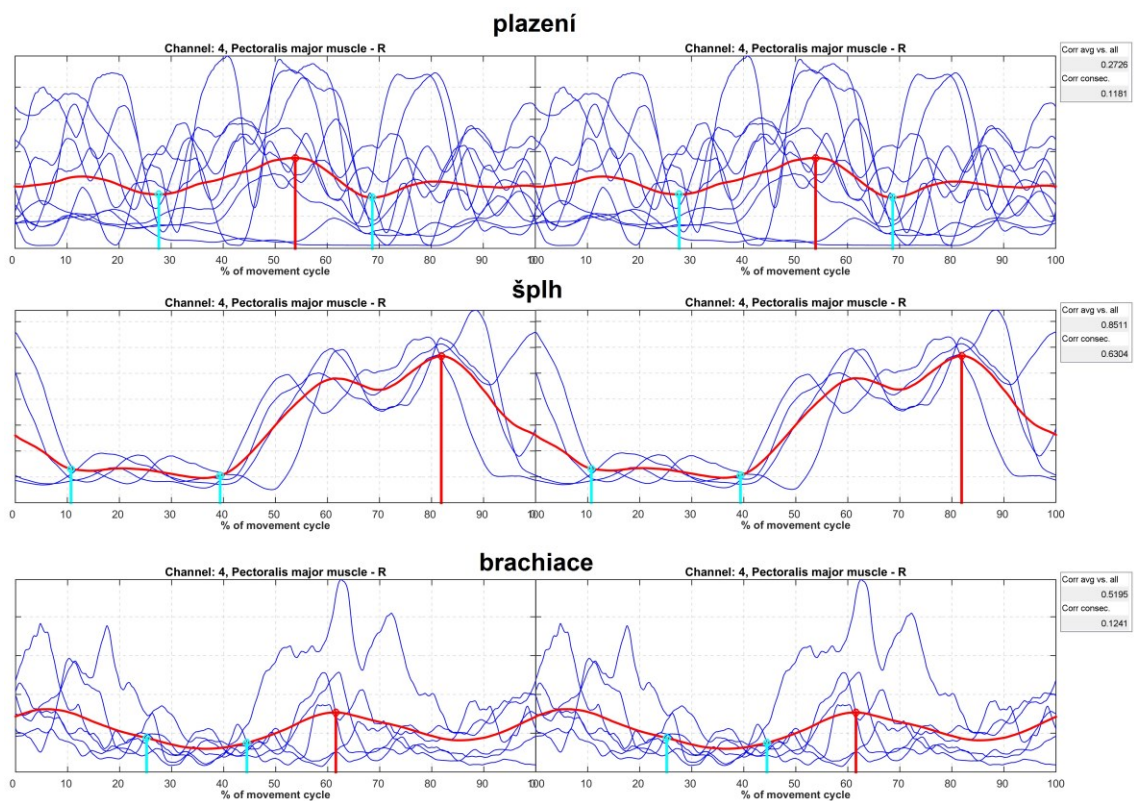


Obr. 13 – Kinogram spontánního plazení

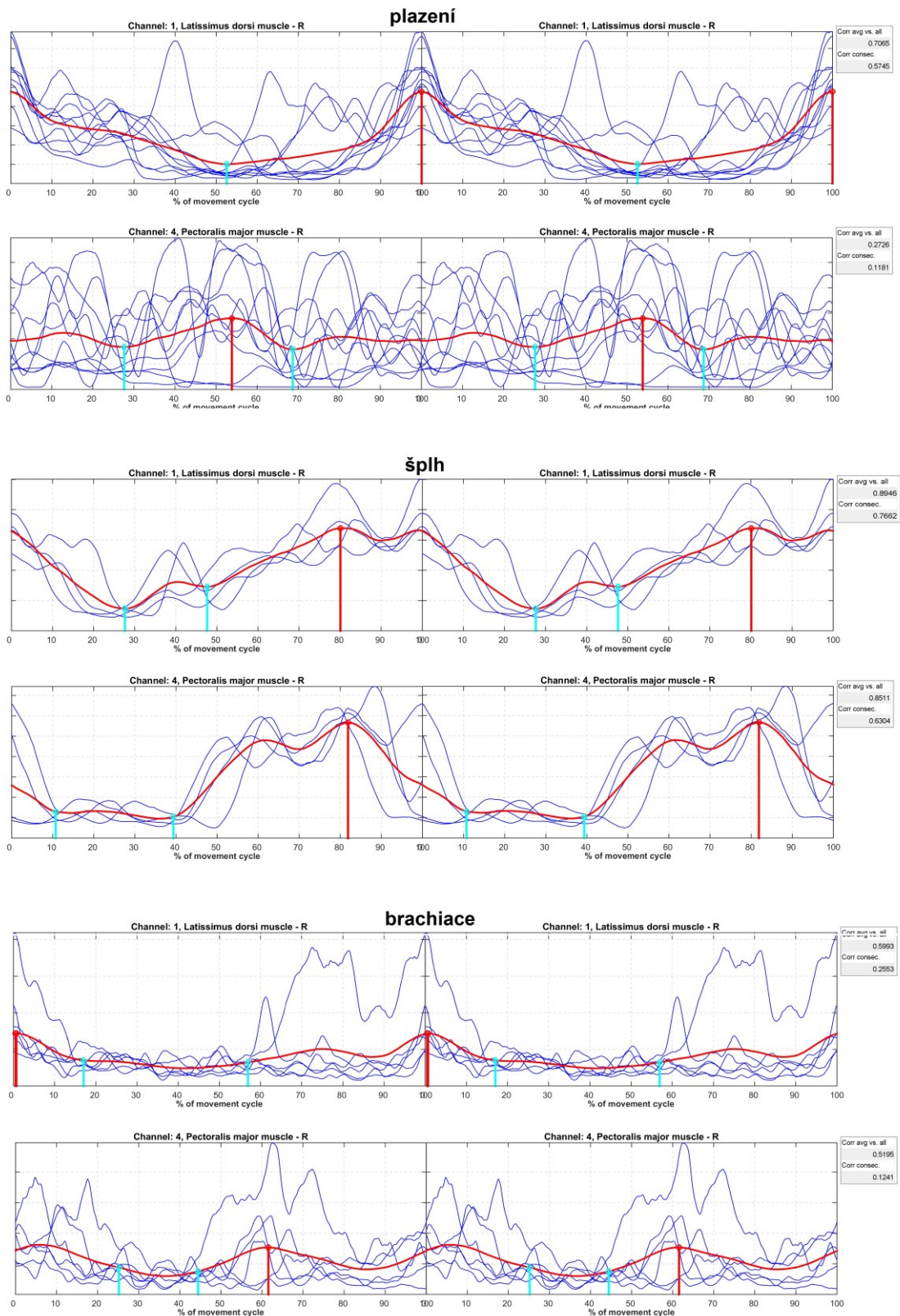
7.2 GRAFY



Graf 2. - Dvě průměrné obálky rektifikovaného EMG signálu pohybového cyklu s časovou normalizací svalu m. latissimus dorsi



Graf 3. - Dvě průměrné obálky rektifikovaného EMG signálu pohybového cyklu s časovou normalizací svalu mpectoralis major



Graf 4. – Srovnání vybraných forem lokomoce z hlediska zapojení u svalu musculus latissimus dorsi a musculus pectoralis major

7.3 TABULKY

plazení

Corr avg vs. all	
	0.7065
Corr consec.	
	0.5745

šplh

Corr avg vs. all	
	0.8946
Corr consec.	
	0.7662

brachiace

Corr avg vs. all	
	0.5993
Corr consec.	
	0.2553

Tabulka 1 - Tabulka korelací mezi průběhem průměrné EMG obálky a průběhem jednotlivých pracovních cyklů (corr avg vs. all) a autokorelace mezi jednotlivými pracovními cykly u plazení, šplhu a brachiace u svalu m. latissimus dorsi dx

plazení

Corr avg vs. all	
	0.2726
Corr consec.	
	0.1181

šplh

Corr avg vs. all	
	0.8511
Corr consec.	
	0.6304

brachiace

Corr avg vs. all	
	0.5195
Corr consec.	
	0.1241

Tabulka 2 - Tabulka korelací mezi průběhem průměrné EMG obálky a průběhem jednotlivých pracovních cyklů (corr avg vs. all) a autokorelace mezi jednotlivými pracovními cykly u plazení, šplhu a brachiace u svalu m. pectoralis major dx

8. DISKUZE

Pro analýzu svalové aktivace byly z měřených svalů vybrány svaly m. latissimus dorsi a m. pectoralis major. A to z důvodu, že se jedná o svaly ramenního pletence, které se na uskutečnění lokomoce podílejí a spojují končetinu s trupem.

Podobný výzkum prováděla ve své dizertační práci Bačáková (2011). Srovnávala chůzi, shyb a šplh. Její závěry jsou pro nás bezpředmětné, protože naše téma je posunuto k jiným formám lokomoce. Nicméně cenný přínos jejího výzkumu je v průkazu kvadrupedie u chůze a šplhu a její absence při shybu.

Srovnáme-li jednotlivé pracovní cykly, nacházíme významnou nepravidelnost u všech tří sledovaných forem lokomoce svalů m. pectoralis major. Hodnoty korelace mezi jednotlivými kroky a proloženým průměrem obálek EMG signálu je kupodivu nejnižší u plazení. Kupodivu proto, že v poloze lehu na břiše se jedná o poměrně stabilní situaci. Sval proto nemusí ani působit ve své fylogeneticky původní antigravitační funkci, kdy při poloze na čtyřech končetinách pracoval podobně jako adduktory na DKK. Tím se dá jediné vysvětlit chaotický EMG nábor jednotlivých kroků. Autokorelace mezi jednotlivými kroky o hodnotě 0,118 vypovídá o naprosté nepravidelnosti a může se směle hovořit o rytmickém chaosu. Nelze vysledovat jakékoliv rytmicky se opakující jevy. U brachiace nacházíme korelační hodnotu mezi průměrem a jednotlivými pracovními cykly již vyšší. To je sledovatelné i vizuálně na grafu XXX. Hodnota korelace (Corr. avg vs. all) $c = 0,851$ ukazuje na poměrně vysokou vypovídající hodnotu EMG křivky průměrné obálky. To ukazuje na silnou fixaci pohybového stereotypu.

Pracovní krok plazení svalů m. latissimus dorsi vykazuje nejvyšší míru shody mezi průměrnou obálkou EMG signálu a jednotlivými kroky. Je to samozřejmě dáno podmínkami, protože podlaha tělocvičny umožnila daleko vyšší počet sledovaných pracovních cyklů ($n = 12$). Při brachiaci nacházíme vysokou míru chaosu, což se týče vzájemné shody jednotlivých kroků ($c = 0,255$). Při vědomí tohoto nedostatku můžeme najít vysokou míru časově koordinační podobnosti průběhu aktivace v průběhu pracovních kroků u všech třech forem sledované lokomoce. Je to další informace potvrzující tvrzení o tom, že m. latissimus dorsi je rozhodujícím svalem pro lokomoci prostřednictvím ramenního pletence (Kračmar, et al., 2016).

Při hledání fenoménu možných koordinačních změn svalů *m. latissimus dorsi* a *m. pectoralis major* při různých formách lokomoce narážíme bohužel na neprůkazný EMG nábor svalů *m. pectoralis major* při plazení, podobně i při brachiaci. Při brachiaci je viditelný možný dvouvrcholový průběh aktivace s určitou pravidelností. Znamená to, že se sval aktivuje při kroku levé i pravé HK. V tom nalézáme hlavní rozdíl mezidruhově odlišné lokomoce pletencem ramenním mezi člověkem a gibbonem (brachiátorem). Člověk užívá pro pohyb vpřed prastarý lokomoční pohybový program prvních obojživelníků. Jeho pletenec pánevní prochází bouřlivou přestavbou pro pohybový program bipedálního tvora. Vytváří se chůze namísto pohybu prvních obojživelníků (viz reflexní lokomoce nebo spontánní plazení). U člověka ramenní pletenec žádnou postnatální pohybovou transformací neprochází. Obdobně zřejmě prochází postnatální rekonstrukcí lokomočního programu ramenní pletenec gibbona. Ten je hlavním generátorem jeho dominantního pohybového chování.

9. ZÁVĚR

Výzkum lze chápat jako pilotní měření. Možnost zobecnění výsledků je téměř nulová. Cenná je však informace o celém procesu. Jak o skutečnosti lokomoce, tak o metodických a dalších úskalích měření. K nim patří zejména obtížné zajištění dráhy pro lokomoci při brachiaci i při šplhu na laně. Dále je nutné věnovat pozornost modifikovanému výběru svalů, kterým je nutno věnovat pozornost. Mezi úskalí patří i výběr probandů, kteří jsou schopni koordinovaně realizovat zvolené formy lokomoce. Je proto výhodnější výzkum rozdělit a sledovat vždy jen maximálně dvě formy lokomoce, ke kterým mají členové souboru dispozice. Pro kapacitní nedostatek času i energie na úrovni bakalářského projektu nebylo možné interpretovat více práci více svalů, i když data jsou k dispozici.

Jako věcný závěr uvedené případové studie lze uvést:

1. Pravidelná dvouvrcholová aktivace svalů *m. pectoralis major* svědčí o odlišném charakteru a vlastně i typu lokomoce formou brachiace. Je to rozdíl mezidruhový, který je dán polohou trupu vůči směru lokomoce. Tento směr je

shodný při plazení a šplhu, ale zde je zase rozdíl směru působení gravitace k podélné ose těla.

2. Chaotický režim práce svalu *m. pectoralis major* ukazuje na to, že bez svých obvyklých funkcí je sval „bezprizorní“. Nepracuje ani v režimu fázického pohybu v otevřeném kinetickém řetězci při vzpřímené postavě. Ani v antigravitační funkci adduktoru při kvadrupedii obratlovců a s addukovanými končetinami pod trup.
3. Sval *m. latissimus dorsi* potvrdil svoji funkci rozhodujícího propulzního svalu při lokomoci ramenním pletencem, která vychází z člověku vrozeného pohybového programu plazení. Brachiace do tohoto programu nezapadá.

Na základě uvedených skutečností a stanovených kritérií *nelze na stanovenou hypotézu jednoznačně odpovědět*. Verifikace hypotézy bude možná po změně analýzy a interpretaci dat jiných svalů než je *m. pectoralis major*.

10. LITERATURA A CITACE

1. AYLA, F. (2014). *Velké otázky: Evoluce*. UNIVERSUM.
2. BAČÁKOVÁ R. (2013). *Deskripce kvadrupedálního lokomočního diagonálního vzoru při specifické sportovní lokomoci (šplh, chůze, shyb)*, PRAHA: UNIVERZITA KARLOVA
3. BERTRAM, J. E.A. (2004). *New perspectives on brachiation mechanics"* AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY.
4. CARNEGIE MUSEUM OF NATURAL HISTORY. (2012). *Fossil discovery: More evidence for Asia, not Africa, as the source of earliest anthropoid primates*. SCIENCEDAILY.
5. CHRÁSTKOVÁ, M. (2009). *Speciální posilovací cvičení pro běžce na lyžích klasickou technikou*. PRAHA: UNIVERZITA KARLOVA.
6. DICKINSON PS. (2006). *Neuromodulation of central pattern generators in invertebrates and vertebrates*. CURRENT OPINION IN NEUROBIOLOGY.
7. DUFEK, J. (1995). *Elektromyografie*. IDVPZ, BRNO.
8. FLEAGLE JG. (1974). *the dynamics of the brachiating siamang (symphalangus syndactylus*. NATURE. 248:259–260
9. GEISMAN. (2003). *Locomotion*. NAČTENO Z GIBBONS: [HTTP://WWW.GIBBONS.DE/MAIN/INTRODUCTION/CHAPTER_ENGLISH05.HTML#TOP](http://www.gibbons.de/main/introduction/chapter_english05.html#top)

10. HOLIHN U. (1984). *Bimanual suspensory behavior: morphology, selective advantages and phylogeny*. IN: PREUSCHOFT DH, CHIVERS DJ, BROCKELMAN WY, CREEL N, EDITORS.
11. KIRSCH, J. M. (2010). *Shoulder injuries? The solution and prevention*. BOOKSTAND PUBLISHING.
12. LIEBERMAN, D. E. (2016). *Příběh lidského těla*. JAN MELVIL.
13. KRAČMAR, B. ET AL (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. PRAHA: KARLOVA UNIVERZITA
14. MRŮZKOVÁ, M. (2011). *Komparativní kinematická analýza záběru vpřed na kajaku a dalších forem lokomoce v rámci pohybového vzoru*. PRAHA: UNIVERZITA KARLOVA.
15. MICHILSENS, F., VEREECKE, E. E., D'AOÛT, K., & AERTS, P. (2009). *Functional anatomy of the gibbon forelimb: adaptations to a brachiating lifestyle*. *Journal of anatomy*, 215(3).
16. NIEMITZ, C. (2010). *The evolution of the upright posture and gait—a review and the new synthesis*. NATURWISSENSCHAFTEN.
17. PENNOCK, E. (2013). *From Gibbons to Gymnasts: A Look at the Biomechanics and Neurophysiology of Brachiation in Gibbons and its Human Rediscovery*.
18. POLK, J. D. (2002). *Adaptive and phylogenetic influences on musculoskeletal design in cercopithecine primates*. THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY.
19. RIMBALA, V. (2016). *Poslední dny dinosaurů*.

20. ROMER, A. S. (1967). *Vertebrate paleontology*. CHICAGO AND LONDON: THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS.
21. SCHMITT, D. (2003). *Insights into the evolution of human bipedalism from experimental studies of humans and other primates*. THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY.
22. SOCKOL, M. D. (2007). *Chimpanzee locomotor energetics and the origin of human bipedalism*. HARVARD UNIVERSITY.
23. TOMSA, M. (2014). *Centrální generátory lokomoce: racionalizace terapie chůze na chodícím pásu u spinálních pacientů*. OLMOUC
24. TUTTLE, RH. (1972) *functional and evolutionary biology of hylobatid hands and feet*. In: rumbaugh dm, editor. *Gibbon and siamang: a series of volumes on the lesser apes, suspensory behavior, locomotion and other behaviors of captive gibbons: cognition*. BASEL: KARGER; VOL. 4.
25. VANČATA, V. (2013). *Paleoantropologie a evoluční antropologie*. PRAHA: KARLOVA UNIVERZITA.
26. VANČATA, V. (2018). *Obecná antropologie 3k*. NAČTENO Z ZÁKLADY BIOLOGICKÉ ANTROPOLOGIE:
[HTTPS://DOCS.GOOGLE.COM/VIEWER?A=V&PID=SITES&SRCID=ZGVMYXVSDGRVBWFPBNXKB2N2YW5JYXRHFGD4OJI5ZDEXNGRLMGRHYTLLZJE](https://docs.google.com/viewer?A=V&PID=SITES&SRCID=ZGVMYXVSDGRVBWFPBNXKB2N2YW5JYXRHFGD4OJI5ZDEXNGRLMGRHYTLLZJE)
27. VEERECKE, E. E. (2006). *The dynamics of hylobatid bipedalism: evidence for an energy-saving*. THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY . THE COMPANY OF BIOLOGISTS.
28. VELE, F. (2006). *Kineziologie pro klinickou praxi*. PRAHA: TRITON.

29. VOJTA, V. (2010). *Vojtův princip*. GRADA.
30. WADE, P. (2017). *Trénink vězně 2* . ZELENY KOCUR.
31. YAMAGUCHI, J. ET AL (1993). *Development of a biped walking robot compensating for three-axis moment by trunk motion*, IEEE/RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS, VOL. 1.

OBRÁZKY A GRAFY

1. OBR. 1. - *Gibbon při stojí na větvi*, KRAČMAR, B. ET AL (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. PRAHA: KARLOVA UNIVERZITA

32. OBR. 2. – *Gibbon při závěsu*, KRAČMAR, B. ET AL (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. PRAHA: KARLOVA UNIVERZITA

33. OBR. 3. – *Znázornění brachiace typu kontinuální kontakt*, KRAČMAR, B. ET AL (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. PRAHA: KARLOVA UNIVERZITA

OBR. 4. – *Gibbon v letové fázi při odrazové brachiace (Brachiate)* HUME, 2010), [ONLINE]. IN: . [CIT. 2019-08-22]. DOSTUPNÉ Z:
[HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BRACHIATION#/MEDIA/FILE:BRACHIATE.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Brachiation#/media/File:Brachiate.jpg)

OBR. 5. – *Komparace kinematického záznamu bipedalismu člověka a gibona (Silhouette drawings and stick diagrams of bipedal walking in humans and in gibbons)*, (OKADA,

1985, P. 50; AND YAMAZAKI & ISHIDA, 1984, P. 565). [ONLINE]. IN: . [CIT. 2019-08-22]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.GIBBONS.DE/MAIN/INTRODUCTION/CHAPTER_ENGLISH05.HTML#TOP](http://www.gibbons.de/main/introduction/chapter_english05.html#top)

OBR. 6. – *Vojáci provádějící brachiaci při výcviku (camp edwards)* [ONLINE]. IN: . [CIT. 2019-08-22]. DOSTUPNÉ Z: [HTTPS://IMAGES-NA.SSL-IMAGES-AMAZON.COM/IMAGES/I/71TEMUEMNOL_SL1000_.JPG](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71TEMUEMNOL_SL1000_.jpg)

OBR. 7. - Obr. 7. – *Pasivní a aktivní vis* (KRUNOSLAV, 2018) [ONLINE]. IN: . [CIT. 2019-08-22]. DOSTUPNÉ Z: [HTTPS://BODYBUILDING-WIZARD.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2018/03/PASSIVE-VS-ACTIVE-HANG-PULL-UPS.JPG](https://bodybuilding-wizard.com/wp-content/uploads/2018/03/passive-vs-active-hang-pull-ups.jpg)

GRAF 1. - *Moderní klasifikace hominoidu, (PRIMATE ORDER TAXONOMY)*, IN: *PALOMAR* [ONLINE]. [CIT. 2019-08-22]. DOSTUPNÉ Z: [HTTPS://WWW2.PALOMAR.EDU/ANTHRO/PRIMATE/TABLE_PRIMATES.HTM](https://www2.palomar.edu/anthro/primate/table_primates.htm)