

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí
Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Jolana Šádková

Morfologické rozlišení lebek lva (*Panthera leo*) a tygra (*Panthera tigris*)
Morphological differences between the skulls of lions (*Panthera leo*) and tigers (*Panthera tigris*)

Bakalářská práce

Školitelka: RNDr. Dominika Formanová, Ph.D.

Praha, 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Předložená tištěná verze bakalářské práce je totožná s verzí vloženou do Studijního informačního systému.

V Praze dne 9. května 2022

Podpis:

Poděkování

Můj obrovský dík patří mé školitelce RNDr. Dominice Formanové, Ph.D., která mi vždy odpověděla obratem na všechny dotazy a dala spoustu přínosných rad k mé bakalářské práci.

Dále bych ráda poděkovala Sdružení Arachne, z.s., bez kterého bych možná vůbec nestudovala tuto školu. Našla jsem tu úžasné přátele, kteří mi byli oporou v průběhu celého studia a nyní nápomocni při tvorbě mé bakalářské práce. Největší dík patří Jakubu Váchovi a Valérii Bušové, dále i Kateřině Čermákové, Denise Miklušicové, Filipu Novotnému, Jitce Waldhauserové a dalším.

Největší dík pak patří mé rodině, která mi vždy byla oporou v dobrém i ve zlém a tolerovala všechny mé špatné náladičky, které se čas od času dostavovaly v průběhu studia i psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem práce bylo zhodnotit možnosti morfologického rozlišení lebek lvů (*Panthera leo*) a tygrů (*Panthera tigris*) pro účely kontrolních složek dozorujících obchod s ohroženými druhy chráněnými úmluvou CITES. Tygří kostry patří na černém trhu k velmi lukrativnímu a hojně obchodovanému zboží. Vzhledem k tomu, že mohou být snadno zaměněny za kostry lví, je jejich rozlišení pro kontrolní orgány z mnoha důvodů zásadní. Proto byla provedena rešerše odborné literatury pojednávající o morfologických rozdílech mezi lebkami těchto dvou velkých kočkovitých šelem se zaměřením na znaky nemetrické. Výsledky práce ukazují, že rozlišení lebek lvů a tygrů je možné, ale jednotlivé práce uvádějí různé identifikační znaky. Druhovou identifikaci pak komplikuje vnitrodruhová variabilita v rámci obou druhů. V odborné literatuře jsou diskutovány morfologické odlišnosti charakteristické pro jednotlivé poddruhy, případně populace, dále rozdíly mezi oběma pohlavími, ale také odlišnosti způsobené specifickými podmínkami během ontogenetického vývoje, například odchovem v zajetí. Výsledky bakalářské práce naznačují, že při využití více morfologických charakteristik lebky současně by mohla být příslušnost k druhu stanovena s vysokou spolehlivostí. Tento závěr by však měl být ještě ověřen empirickým zkoumáním vybraných identifikačních znaků na dostatečně velkém souboru lebek obou porovnávaných druhů.

Klíčová slova:

determinace, lebka, lev, morfologie, nelegální obchod, *Panthera*, tygr

Abstract

The aim of the thesis was to evaluate possibilities of morphological differentiation of skulls of lions (*Panthera leo*) and tigers (*Panthera tigris*) for the purposes of control authorities supervising a trade with endangered species protected by CITES. Tiger skeletons are one of the black markets highly lucrative and plentifully traded goods. Tiger skeletons might be easily exchanged for those of the lions, therefore their distinction is crucially needed for the control authorities. Therefore, a literature search on the morphological differences between the skulls of these two large felids with a focus on non-metric features was carried out. The results of the study show a possibility of distinction between lion and tiger skulls, though different identification features are shown among studied papers. Morphological differences and characteristics of individual subspecies or populations, as well as differences between the sexes and differences caused by specific conditions during ontogenetic development (such as captive breeding) are discussed. The results of the bachelor's thesis suggest a high reliability of species identification by simultaneous usage of multiple morphological characteristics of skulls. However, this conclusion should still be verified by empirical examination of selected identification features on a sufficiently large set of skulls of both compared species.

Key words:

determination, illegal trade, lion, morphology, *Panthera*, skull, tiger

Obsah

Seznam obrázků a tabulek.....	7
Úvod	9
1 Lebka lva a tygra.....	11
2 Rozdíly na lebce tygra a lva	12
2.1 Lebka (<i>cranium sensu stricto</i>).....	12
2.2 Dolní čelist (<i>mandibula</i>)	18
3 Rozlišení lebky lva a tygra na základě morfometrických znaků	22
4 Sexuální dimorfismus lva a tygra	24
4.1 Lev (<i>Panthera leo</i>).....	24
4.2 Tygr (<i>Panthera tigris</i>).....	24
5 Lebky podle věku	26
6 Vnitrodruhová variabilita lva a tygra	27
6.1 Lev (<i>Panthera leo</i>).....	27
6.2 Tygr (<i>Panthera tigris</i>).....	28
7 Abnormality u jedinců žijících v zajetí	31
7.1 Hypovitaminóza vitamínu A	31
7.2 Další příčiny změn u zvířat žijících v zajetí	33
8 Rozlišení lva a tygra pomocí analýzy DNA.....	35
Závěr	36
Zdroje	39

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1: Dolní čelist tygra a lva (Williams et al., 2015, upraveno).	11
Obr. 2: Morfologické rozdíly patrné při laterálním pohledu na lebku lva a tygra (Sakamoto, 2008, upraveno).	13
Obr. 3: Morfologické rozdíly patrné při pohledu shora na lebku lva a tygra (Sakamoto, 2008, upraveno).	13
Obr. 4: Pohled na lebku lva a tygra při pohledu shora. Lev má širší čelo než tygr (Merriam a Stock, 1932, upraveno).	14
Obr. 5: Temenní část hlavy tygra a lva. <i>Sutura lambdoidea</i> a <i>sutura squamosa cranii</i> se u tygra sbíhají k sobě, na rozdíl od lva (Herrington, 1987, upraveno).	15
Obr. 6: Přední pohled na lebku lva. 1 - premaxila, 2 - horní čelist (<i>maxilla</i>), 3 - zygomatická kost (<i>os zygomaticum</i>), 4 - frontální výběžek zygomatické kosti, 5 - nosní kost (<i>os nasale</i>), 6 - čelní kost (<i>os frontale</i>), 7 - zygomatický výběžek čelní kosti, a - <i>foramina incisiva</i> , b - horní řezák, c - horní špičák, d - <i>foramen infraorbitale</i> , e - internasální šev (<i>sutura internasalis</i>), f - frontonasální šev (<i>sutura frontonasalis</i>), g - podélná dorzální prohlubeň v kostech nosních a čelních (Mohamed, 2019, upraveno).	15
Obr. 7: Craniodentální rozměry na lebce lva. Detailní popis jednotlivých znaků v Tab. 1 (Mazák, 2010b, upraveno).	16
Obr. 8: Lebka lva při bočním pohledu. 2 - horní čelist, 3 - zygomatická kost (<i>os zygomaticum</i>), 4 - frontální výběžek zygomatické kosti, 5 - nosní kost (<i>os nasale</i>), 6 - čelní kost (<i>os frontale</i>), 7 - zygomatický výběžek čelní kosti, 8 - slzní kost (<i>os lacrimale</i>), 9 - spánková kost (<i>os temporale</i>), 10 - zygomatický výběžek spánkové kosti, 11 - temenní kost (<i>os parietale</i>), 12 - týlní hřeben, 13 - hákovitý výběžek pterygoidní kosti, 14 - sagitální hřeben, 15 - pterygoidní kost (<i>os pterygoideum</i>), c - horní špičák, d - <i>foramen infraorbitale</i> , h - ústí slzovodu, i - <i>foramen sphenopalatinum</i> , j - <i>foramen ethmoidale</i> , k - <i>foramen opticum</i> , l - <i>foramen orbitorotundum</i> , m - <i>foramen alare</i> , n - frontomaxilární šev (<i>sutura frontomaxillaris</i> ; Mohamed, 2019, upraveno).	18
Obr. 9: Čtvrtý třenový zub a první stolička u rodu <i>Panthera</i> (Solé a Ladevěze, 2017, upraveno).	20
Obr. 10: Mléčný chrup lva. Na spodním špičáku dobře patrný hrbolek, na horním třetím třenovém zubu dva hrboleky (Broom, 1950, upraveno).	26
Tab. 1: Zkratky a detailní popis 21 craniodentálních rozměrů zobrazených na Obr. 7 (Mazák, 2010b).	17

Úvod

Tygr (*Panthera tigris*) je největší kočkovitá šelma – ikonické zvíře, které patří k nejohroženějším druhům na světě. Ve volné přírodě zbývají poslední 3–4 tisíce jedinců (WWF, 2022). Na pokraj vyhubení dovedl tygry člověk a jeho touha po kůžích, trofejích a produktech z tygřích těl (vousy, žluč, pohlavní orgány, ...) používaných v tradiční asijské medicíně. Kromě toho patří mezi důvody úbytku tygrů devastace jejich biotopu a značný úbytek jejich kořisti (Mills, 1997). V současné době jsou tygři velmi přísně chráněni úmluvou CITES – Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, kde je tygr jako druh ohrožený vyhubením zařazen už od roku 1975 v příloze I. To znamená, že veškerý obchod s tygry, jejich částmi, produkty či deriváty z jejich těl je zakázán. V EU je tygr dle nařízení Rady (Evropského společenství) č. 338/97 zařazen do přílohy A. Přesto jsou tygři stále nelegálně loveni a na černém trhu prodáváni spolu s tygry pocházejícími ze zajetí (soukromé chovy, zoologické zahrady; Williams et al., 2017). Části tygřích těl jsou velmi lukrativní komoditou. Nejcennější jsou tygří kosti využívané v tradiční asijské medicíně. Vyrábí se z nich tygří masox, či tygří víno. Největší obchod s těmito produkty je zaznamenán v Číně a ve Vietnamu (Kuntoš, 2019).

Ilegální obchod může mít na populaci značný vliv. Podle Wonga a Krishnasamyho (2019) se mezi lety 2000–2018 zabavilo v průměru více než 124 tygrů za rok (celkově 2 359 jedinců), není tedy pochyb, že je ovlivněn celý druh *Panthera tigris*. Samozřejmě nebyla všechna zabavená zvířata z volné přírody, převážná část pocházela ze zajetí, přesto se dá ale předpokládat velký vliv na volně žijící populaci tygrů. Ta totiž není příliš velká, a tak je velmi náchylná.

Nelegální obchod s tygry a výrobky z tygřích těl byl v minulých letech rozkryt i v České republice (Kuntoš, 2019). V ČR se nakládání s chráněnými druhy živočichů a rostlin řídí podle zákona č. 100/2004 Sb. - zákon o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi a dalších opatřeních k ochraně těchto druhů a o změně některých zákonů (zákon o obchodování s ohroženými druhy). Neoprávněné nakládání s jakýmkoliv exemplářem druhu zařazeného do přílohy I/A Nařízení Rady (ES) č. 338/97, tedy i s tygry, zakládá podle § 299 zákona č. 40/2009 Sb. (Trestní zákoník) podezření z trestného činu. Lev (*Panthera leo*) je naproti tomu zařazen do přílohy II/B zmíněného Nařízení Rady (ES) č. 338/97 a určitá míra obchodu s nimi je proto povolena. Podle Trestního zákoníku je za trestný čin považováno neoprávněné nakládání s nejméně 25 exempláři. Neoprávněné nakládání s méně exempláři je kvalifikováno jako přestupek.

Kostrý (a tedy i lebky) tygrů jsou velmi podobné kostrám lvů (tvarem i velikostí) a mohou být snadno zaměněny. Oba druhy patří do čeledi kočkovitých (*Felidae*), a i stejného rodu (*Panthera*), ještě spolu s levhartem (*Panthera pardus*), jaguárem (*Panthera onca*) a irbisem (*Panthera uncia*). Druhy za sebou mají evolučně společný vývoj (vyvinuly se ze stejného předka).

Panthera sp. se zformovali před cca 3,5 milionem let. Lev dnešní podoby nabyt před 2 miliony let a tygr současného typu je starý přibližně 1,5 miliónu let (Grafen, 1989). Oba druhy patří mezi hypermasožravce (nebo také pravé masožravce), mají společné potravní nároky a jejich potrava je tvořena z více jak 70 % masitou stravou (Van Valkenburgh, 1988, 1989), což má za následek evolučně morfologické vlivy na lebku zvířete. Proto se Holliday a Steppan (2004) a Wroe a Milne (2007) shodují na tom, že díky ztrátě morfologické diference u velkých kočkovitých šelem je velmi složité najít u nich rozdíly, na základě kterých by šlo vždy zmíněné druhy odlišit, aniž by bylo třeba kontroly pomocí analýzy DNA.

Jedná se o predátory, díky čemuž patří mezi tzv. klíčové druhy, jsou nezbytní pro daný ekosystém, protože zakončují potravní řetězec a ovlivňují ho tzv. top-down efektem neboli řízením shora.

Lva i tygra můžeme dále zařadit i mezi tzv. deštníkové a vlajkové druhy. Tedy druhy, které jsou brány jako symbol daného ekosystému, jsou atraktivní pro veřejnost a přitahují její pozornost (cestovní ruch, vzdělávání, výzkum; Mossaz et al., 2015). Díky tomu se pak snáze prosazují a provádějí kroky pro ochranu daného území. Proto je žádoucí o nich vědět co nejvíce informací.

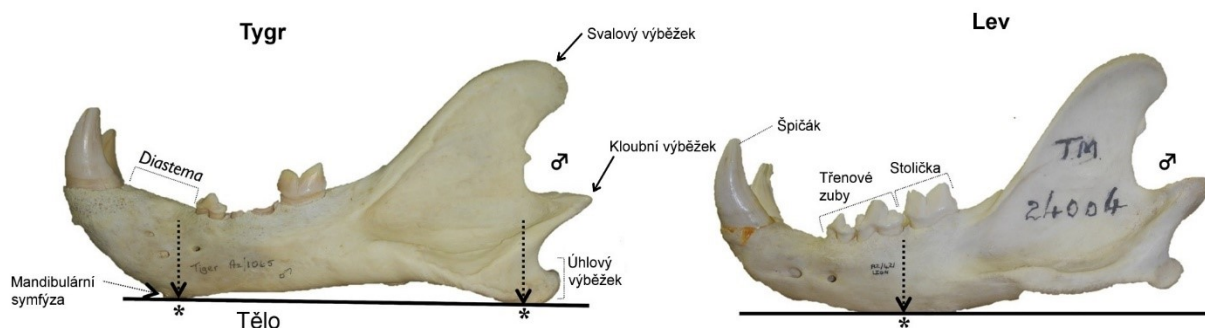
Lvi jsou v porovnání s tygry méně ohroženi. Populace lvů ve volné přírodě i v zajetí jsou mnohem větší než populace tygrů. Lvům se proto dostává menší ochrany a obchodování s nimi je v určité míře povoleno, jak již bylo zmíněno. Například v Jihoafrické republice bylo pro využití koster ke komerčním účelům však stanoveno několik podmínek, jako je zavedení vývozních kvót, nesmí se jednat o jedince z volné přírody, a jiné. Přesto vývoz koster z JAR narostl z 50 koster v roce 2008 na 1771 koster v roce 2016. Na rok 2017 byla stanovena kvóta 800 koster (Williams et al., 2017; Wong a Krishnasamy, 2019).

V obchodu jsou lví a tygří kostry snadno zaměnitelné a legální obchod často zakrývá nelegální (Haken, 2011; Williams et al., 2015). Správná identifikace koster je proto podstatná při rozkrývání různých nelegálních aktivit s kostmi velkých kočkovitých šelem.

Cílem práce je shromáždit odbornou literaturu popisující rozdíly mezi lebkami lvů a tygrů a zjistit, zda jsou popsány dostatečně odlišné morfologické znaky, které by umožňovaly identifikaci těchto druhů přímo při kontrolách v terénu. Do problematiky ale vstupuje celá řada vlivů, mezi které patří sexuální dimorfismus, stáří jedinců, chov jedinců v zajetí, či vnitrodruhová rozmanitost. Úplně novou kapitolou je pak existence hybridů mezi těmito druhy, kteří do problematiky vnášejí velký chaos (Williams et al., 2021). Neexistuje příliš mnoho studií, které se jimi zabývají, a proto je v práci zmiňuji jen okrajově.

1 Lebka lva a tygra

Lebka je jednou z nejkompexnějších a nejpevnějších částí kostry. Její důležitou součástí jsou čelisti, které se vyvinuly tak, aby byly schopny vyvinout maximální sílu pro usmrcení kořisti. Oba druhy mají 30 zubů trvalého chrupu (Smuts et al., 1978). Stoličky dolní čelisti (Obr. 1) se spolu s posledním třenovým zubem horní čelisti (*maxilla*) označují jako trháky. Ty jsou typické pro všechny šelmy (Carnivora) a umožňují jim odřezávat kusy masa z ulovené kořisti.



Obr. 1: Dolní čelist tygra a lva (Williams et al., 2015, upraveno).

Jeden z hlavních faktorů ovlivňujících tvar lebky je potrava zvířete. Lev a tygr jsou oba hypermasožravci, liší se však preferovanou kořistí. Lev upřednostňuje jako potravu střední a velké kopytníky s průměrnou hmotností přes 200 kg. Jedná se o skupinové lovce, proto je za nejvýhodnější považována kořist o váze kolem 350 kg (Hayward a Kerley, 2005). Díky skupinovému lovu mohou cílit na zvířata, která jsou větší než oni sami, a přesto se nevystaví zvýšenému riziku. Tygři jsou na druhou stranu samotářští lovci, a proto preferují kořist o srovnatelné hmotnosti, jako jsou oni sami, tedy průměrně pod 200 kg (Hayward et al., 2012). Jednoznačný vliv těchto faktorů na tvar lebky ale není patrný.

Všechny kočkovité šelmy mají obecně mnohem větší sílu skousnutí (vzhledem k velikosti lebky) v porovnání s psovíty šelmami či medvědy. Jejich lebky mají mnohem mohutnější stavbou a silné čelistní svaly potřebné ke specifickému způsobu lovu. Kočkovité šelmy používají smrtící skousnutí, kterým se snaží zasáhnout hrdlo tak, aby došlo k přerušení nervů a krčních cév, čímž dojde k rychlému kolapsu kořisti. Oproti tomu psovité šelmy, či hyeny usmrcují kořist sekáním a trháním (Tiwari et al., 2011; Van Valkenburg a Ruff, 1987).

Pro potřeby bakalářské práce budu při popisu lebky (*sensu lato*) nadále používat rozdělení na lebku (*sensu stricto*) a dolní čelist (*mandibula*; *sensu* Christiansen, 2008c).

2 Rozdíly na lebce tygra a lva

Rozlišením těchto druhů podle morfologických znaků na lebkách se zabýval už Boule (1906). Do anglicky psané literatury ho následně převzali Merriam a Stock (1932) ve své knize *The Felidae of Rancho La Brea*. Boule (1906) formuloval celou řadu morfologických znaků, které měly vést ke správnému určení těchto dvou druhů. Stejnou problematikou se následně zabývali i Harrington (1996), Herrington (1987), či Kabitzsch (1960). Někteří pozdější autoři ale následně uvádí, že v prvotních studiích byl zkoumán malý počet lebek a nedostatečné množství morfometrických znaků jak na dolní čelisti, tak lebce *s. s.* V důsledku toho mohou být výsledky nepřesné, ve skutečnosti se navíc často nejednalo o mezidruhové rozdíly, ale o vnitrodruhovou diverzitu (Christiansen, 2008a; Pocock, 1929, 1930). Řada autorů později konstatuje, že na základě morfologických rozdílů lebek zvířat prakticky není možné tyto druhy rozlišit, protože se rozdíly mezi sebou značně překrývají, ať už díky již zmíněným vnitrodruhovým rozdílům, či rozdílům způsobených sexuální dimorfismem (Hemmer, 1987; Sunkuist a Sunkuist, 2002). Později se však objevují studie, které takové rozdíly opět definují (například Christiansen a Harris, 2009; Roy et al., 2022). Herrington (1987) a Christiansen (2008a) uvádí, že je vhodné nebrat v úvahu jen jednotlivé znaky, protože se mohou mezi sebou značně překrývat. A tím může být určení zkeslené. Použitím většího množství znaků najednou je možné docílit skutečně spolehlivého rozlišení těchto dvou kočkovitých šelem. Dále uvádí, že pokud vezmeme v potaz více znaků najednou, můžeme s velkou pravděpodobností (ne však 100%) určit i pohlaví jedince, i když se opět jednotlivé znaky samy o sobě často překrývají. Ve výsledku můžeme bezpečně určit lví samici/samce i tygří samici/samce, protože mezi nimi existují jasně patrné rozdíly (Christiansen, 2008a).

2.1 Lebka (*cranium sensu stricto*)

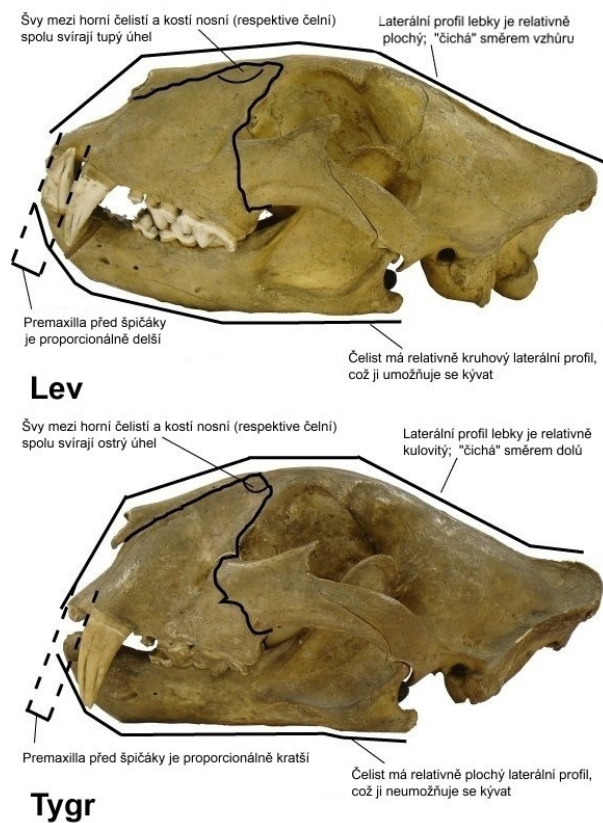
1) Laterální profil lebky

Laterální profil lebky u tygra je na rozdíl od lebky lva relativně kulovitý, více oblý a čenich je více skloněn směrem dolů, zatímco u lva je profil více plochý a čenich je méně sklopen, „čichá“ směrem vzhůru. Děje se tak proto, že horní čelist, při pohledu zepředu u lva klesá mnohem více postupně (sklon kosti v této části obličeje není tolik strmý). Oproti tomu u tygra je horní čelist relativně strmá, a tak se zdá celkově čenich tygra užší. Zároveň se při frontálním pohledu zdá temeno hlavy proporcionálně širší u lva než u tygra, a také je v případě lva mírně prohloubeno, zatímco u tygra se jedná spíše o rovnou plošinu (Sakamoto, 2008; Obr. 2).

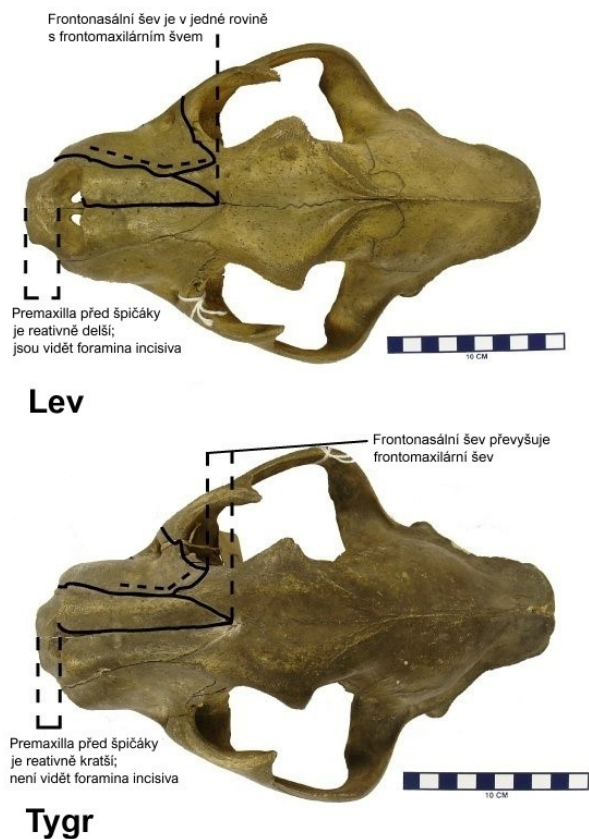
Christiansen a Harris (2009) uvádí, že lvi mají delší a protáhlejší čenich, který se postupně zužuje směrem k premaxile, čímž se utvoří konvexní laterální profil, zatímco u tygrů je laterální profil přímý až konkávní, a to díky tomu, že čenich je krátký a široký. Sakamoto (2008) uvádí, že kost premaxily před špičáky je u tygra proporcionálně kratší než u lva, kde více vystupuje a je tedy delší. Stejně tak zmiňuje, že nosní kosti (*os nasale*) u lva jsou ploché, až mírně konvexní, zejména směrem k přední části čenichu, zatímco u tygra jsou značně konvexní po celé jejich délce.

2) Spojení kostí nosní (*os nasale*), čelní (*os frontale*) a horní čelisti (*maxilla*)

Boule (1906) uvádí, že umístění frontonasálního lebečního švu (*sutura frontonasalis*) ve vztahu k frontomaxilárnímu švu (*sutura frontomaxillaris*) na lebce v této oblasti připomínají písmeno W. Při pohledu shora bude pak frontonasální šev u tygrů sahat více dozadu směrem do zadní části lebky (*neurocrania*), v porovnání se lvem (Obr. 3). U lva bude frontonasální šev v jedné rovině s frontomaxilárním švem a nebude zasahovat do *neurocrania* zvířete. Christiansen (2008a) při popisu této struktury uvádí, že u lvů v některých případech frontonasální šev nemusí dosahovat úrovně frontomaxilárního švu. Zmiňuje i ojedinělé případy, kdy frontonasální šev u lvů přesahovala šev frontomaxilární směrem do *neurocrania* ale nikdy více než o 5 mm. Z toho důvodu nelze tento znak využít se 100% jistotou, protože dochází k určitému překryvu mezi druhy (Christiansen, 2008a). Míra přesahu



Obr. 2: Morfologické rozdíly patrné při laterálním pohledu na lebku lva a tygra (Sakamoto, 2008, upraveno).



Obr. 3: Morfologické rozdíly patrné při pohledu shora na lebku lva a tygra (Sakamoto, 2008, upraveno).

frontonasálního švu přes frontomaxilární šev u tygrů je poddruhově specifická. U tygra sumaterského (*P. t. sumatrae*) a tygra jávského (*P. t. sondaica*) je přesah výrazně menší než u tygra indického (*P. t. tigris*) a indočínského (*P. t. corbetti*), u nichž frontonasální šev zasahuje dál do neurocrania (Williams et al., 2015). U tygra jávského (*P. t. sondaica*) se proto může stát, že spojení kostí *frontonasale* a *frontomaxillare* bude vypadat podobně jako u lvů, jak uvádí Christiansen (2008a) a Christiansen a Harris (2009). V takovém případě není spolehlivé rozlišení druhu zvířete podle tohoto znaku možné. Williams et al. (2015) naopak píše, že tyto švy u lebek tygrů a lvů nikdy nejsou na stejné úrovni. I přesto ale uvádí, že je vždy nutné ověřit druh zvířete DNA analýzou.

Zároveň Christiansen (2008a) popisuje, že *sutura frontonasalis* a *sutura frontomaxillaris* svírají u lva tupý úhel, zatímco u tygra ostrý (Obr. 2). Dle Sakamota (2008) se může u lva někdy vyskytnout i úhel pravý. Zcela ojediněle byly zdokumentovány případy, kdy má lev ostrý úhel mezi švy (Christiansen, 2008a). Z toho vyplývá, že pokud najdeme lebku s tupým úhlem mezi švem *frontonasalis* a *frontomaxillaris*, bude se vždy jednat o lva, ale pokud s úhlem ostrým, musíme vzít v potaz i další znaky na lebce, protože se nemusí vždy jednat o tygra.

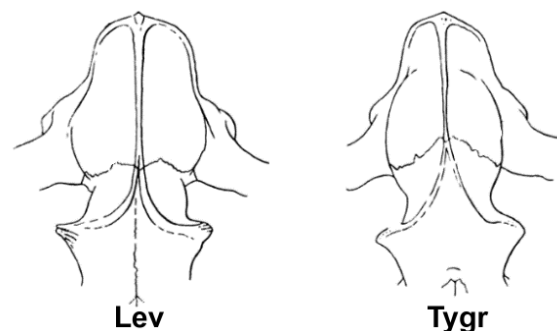
3) Šířka čela

Dle Merriam a Stocka (1932) má lev širší čelo, které lze popsat jako ploché, někdy až konvexní, a to v příčném i podélném směru, zatímco u tygra je užší a klenutější (Obr. 4).

Také podle Sakamota (2008) má tygr čelo výrazně užší, klenutější a interorbitální prostor je vždy konvexní, zatímco u lva je tomu naopak. Lví čelo je širší, ploché, a to jak v podélném, tak i příčném směru, a ne vždy konvexní.

4) *Sutura lambdoidea* a *sutura squamosa cranii*

Herrington (1987) uvedl jako jeden ze 100% znaků, jak druhy rozlišit, švy v zadní části lebky. Uvádí, že se u tygra *sutura lambdoidea* (šev mezi kostí týlní a temenní) a *sutura squamosa cranii* (šev mezi kostí temenní a spánkovou) vzadu sbíhají k sobě v oblasti týlu. Na rozdíl od lebky lva, kde zůstávají švy stále odděleny (Obr. 5). Naproti tomu ale Christiansen (2008a) uvádí, že tento znak rozhodně nelze využít vždy. Znak je problematické určit zvláště u starých jedinců, kde bývají švy často špatně rozpoznatelné, protože už jsou uzavřeny, na rozdíl od mladších jedinců. Navíc, i když jsou švy odděleny, rozhodně to nemusí být tolik patrné, jak tvrdí Herrington (1987), a proto může dojít jednoduše k omylu. Proto je třeba při rozlišení druhů brát na tyto skutečnosti ohled.



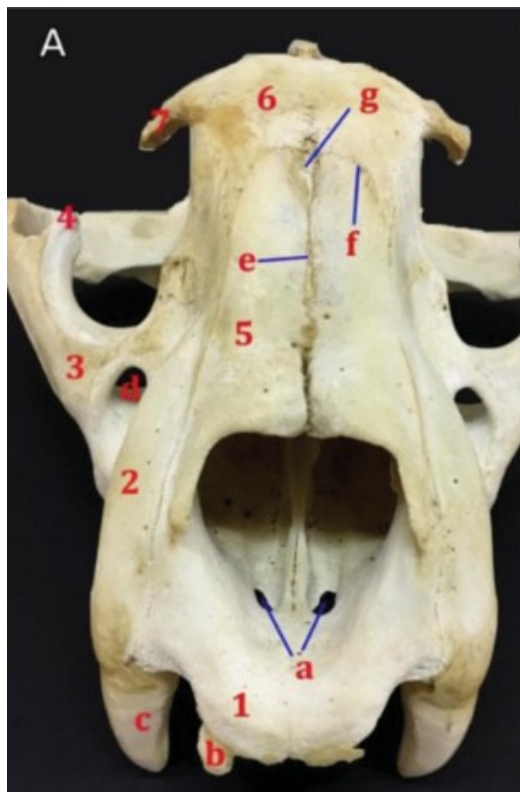
Obr. 4: Pohled na lebku lva a tygra při pohledu shora. Lev má širší čelo než tygr (Merriam a Stock, 1932, upraveno).

5) *Foramina incisiva*

Christiansen a Harris (2009) uvádí, že u lvů jsou *foramina incisiva* s velkou (95%) pravděpodobností z pohledu shora jasně viditelná, ale u tygrů nejsou vidět vůbec či jen jejich přední část (Obr. 3). Děje se tak proto, že tygr má značně protáhlé a široké nosní kosti (GLN, RB; Tab. 1), které *foramina incisiva* zakrývají.

6) Nosní otvor

Dalším znakem, jak druhy rozpoznat, je podle tvaru jejich nosního otvoru. Lvi mají otvor při pohledu zepředu buď kruhový, nebo oválný, nenajdeme u něj zužující se ventrální část. Celkově působí otvor relativně široce. Na rozdíl od tygrů, kde je nosní otvor ve tvaru srdce, tedy je nejdříve užší a pak se náhle rozšiřuje ve střední části. I tak ale jako celek působí užší než u lva. Obecně platí, že u tygrů je spodní část otvoru výrazně užší než u lvů.

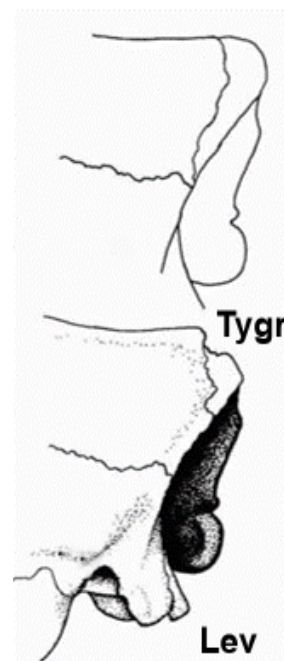


Obr. 6: Přední pohled na lebku lva. 1 - premaxila, 2 - horní čelist (*maxilla*), 3 - zygomatická kost (*os zygomaticum*), 4 - frontální výběžek zygomatické kosti, 5 - nosní kost (*os nasale*), 6 - čelní kost (*os frontale*), 7 - zygomatický výběžek čelní kosti, a - *foramina incisiva*, b - horní řezák, c - horní špičák, d - *foramen infraorbitale*, e - internasální šev (*sutura internasalis*), f - frontonasální šev (*sutura frontonasalis*), g - podélná dorzální prohlubeň v kostech nosních a čelních (Mohamed, 2019, upraveno).

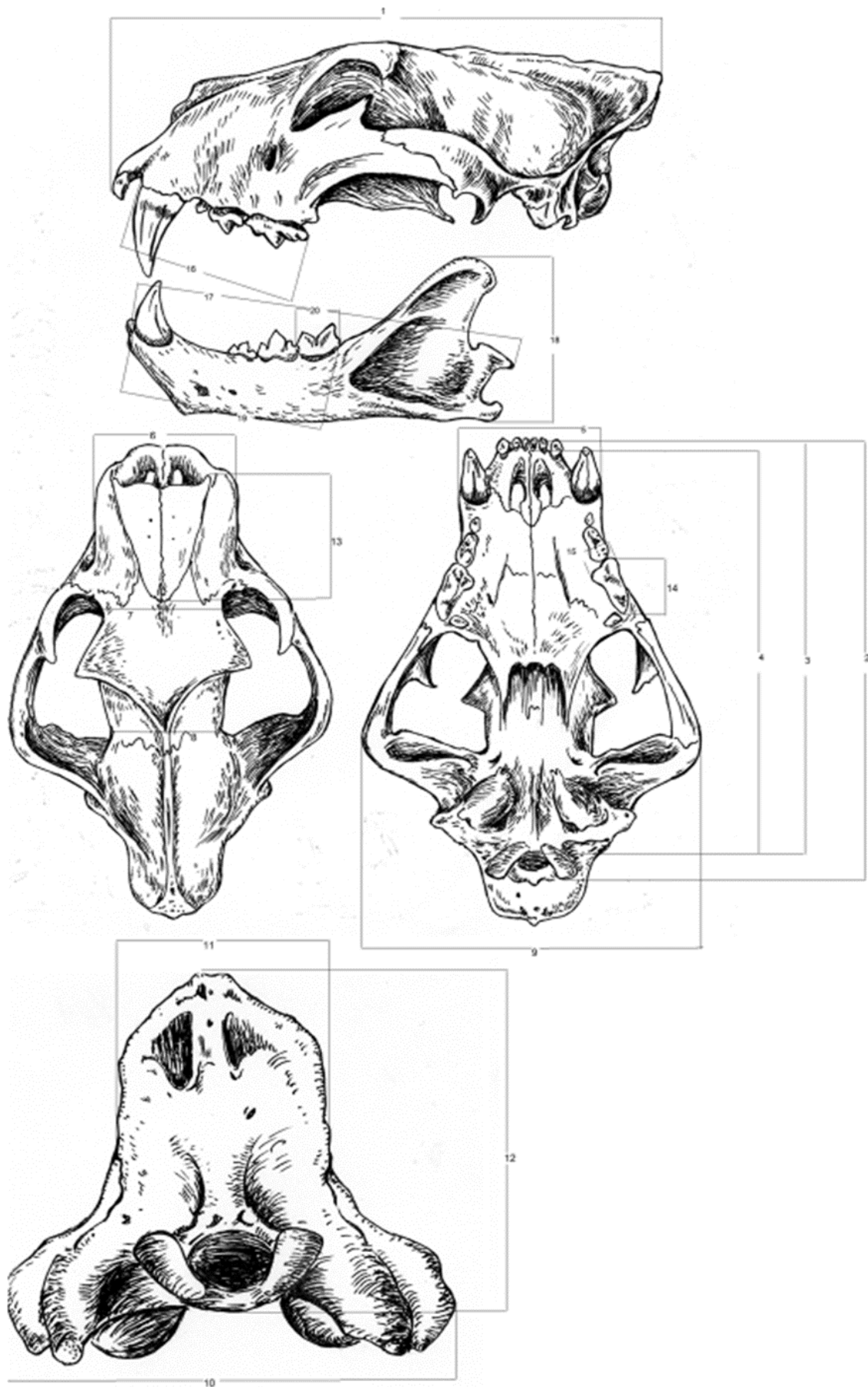
7) Zuby

U lva i tygra je spodní špičák kratší než horní, proto se k rozpoznání druhů využívají

spíše špičáky horní (Tiwari et al., 2011). Při laterálním pohledu na horní čelist má lev proporcionálně kratší horní špičáky v porovnání s tygrem (Christiansen a Harris, 2009; Obr. 6). Dle Masooda (2018) má tygr špičák dlouhý průměrně 78 mm, zatímco lev jen 70 mm. Christiansen (2008a) ve své studii uvádí, že průměrná délka horního špičáku u tygrů bez kořene je 54,8 mm, zatímco u lvů 48,3 mm. Zmiňuje i rozměry spodních špičáků, kde naopak rozdíl ve velikosti není tolik patrný. Průměrná délka spodního špičáku bez kořene činí u tygra 43,6 mm, zatímco u lva jen 41,6 mm. Špičáky u lva jsou také více zaoblené a jejich vnitřní plocha je více konvexní než u tygra a celkově působí, že jsou špičáky méně ostré. Tygr má pak špičáky více rovné (tedy méně konvexní) a jsou více ostré. Celkově působí špičáky robustnějším dojmem a kost kolem nich je silnější a klenutější, aby je mohla lépe ukotvit ke



Obr. 5: Temenní část hlavy tygra a lva. *Sutura lambdoidea* a *sutura squamosa cranii* se u tygra sbíhají k sobě, na rozdíl od lva (Herrington, 1987, upraveno).



Obr. 7: Craniodentální rozměry na lebce lva. Detailní popis jednotlivých znaků v Tab. 1 (Mazák, 2010b, upraveno).

Tab. 1: Zkratky a detailní popis 21 craniodentálních rozměrů zobrazených na Obr. 7 (Mazák, 2010b).

Číslo	Zkratka	Rozměr a jeho definice
1	GLS	Největší délka lebky: vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem mezičelisti a nejevzdálenějším výběžkem kosti týlní (zadním okrajem týlního hřebene)
2	CBL	Kondylobazální délka: vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem mezičelisti a zadním okrajem týlních hrbolů
3	BLI	Bazální délka I: vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem mezičelisti a předním okrajem týlního otvoru
4	BLII	Bazální délka II: vzdálenost mezi vnitřním okrajem zubní jamky řezáku a předním okrajem týlního otvoru
5	RB	Šířka rostrální (obličejové) části lebky: největší šířka horní čelisti (<i>os maxilla</i>) měřená shora v místě ukotvení špičáků
6	IFB	Infraorbitální šířka: nejmenší vzdálenost mezi vnitřními okraji <i>foramen infraorbitale</i>
7	IOB	Interorbitální šířka: nejmenší vzdálenost mezi vnitřními okraji očních
8	POC	Postorbitální zúžení: nejmenší šířka lebky těsně za očnicemi
9	BZB	Zygomatická šířka: největší šířka mezi jařmovými oblouky
10	MB	Mastoidální šířka: největší šířka týlní kosti mezi výběžky <i>processus mastoideus</i> kosti spánkové
11	SOB	Nejmenší šířka mezi zářezy bočních okrajů kosti týlní; zářez se nachází přibližně tam, kde se setkávají <i>sutura occipitoparietalis</i> , <i>sutura parietotemporalis</i> a <i>sutura occipitotemporalis</i>
12	OH	Výška kosti týlní: vzdálenost od báze ke špičce kosti týlní
13	GLN	Délka nosních kostí: největší délka nosních kostí měřená v přímce
14	P ⁴ L	Délka horního trháku: délka korunky čtvrtého horního třenového zubu
15	P ⁴ W	Šířka horního trháku: šířka korunky čtvrtého horního třenového zubu
16	CP ⁴ L	Délka horní řady zubů: vzdálenost mezi předním okrajem zubní jamky horního špičáku a zadním okrajem zubní jamky horního trháku
17	ML	Délka dolní čelisti: vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem dolní čelisti po nejevzdálenější okraj kloubního výběžku dolní čelisti
18	MH	Výška dolní čelisti: vzdálenost mezi vrcholem svalového výběžku a nejspodnějším okrajem úhlového výběžku
19	CM ¹ L	Délka spodní řady zubů: vzdálenost mezi předním okrajem zubní jamky spodního špičáku a zadním okrajem zubní jamky spodního trháku
20	M ¹ L	Délka spodního trháku: největší délka korunky spodní stoličky
21	M ¹ W	Šířka spodního trháku: největší šířka korunky spodní stoličky

a klenutější, aby je mohla lépe ukotvit ke zbytku lebky (Obr. 1; Merriam a Stock, 1932). Variabilita údajů v dostupné literatuře může být způsobena tím, že roli na změřené hodnoty má i stáří jedince, protože lze předpokládat, že starší jedinci budou mít chrup více opotřebovaný, a tedy i méně ostrý.

8) *Foramen palatinum majus*

Merriam a Stock (1932) popisuje, že *foramen palatinum majus* (párový otvor v tvrdém horním patře) vzadu na horním patře je mnohem blíže hranici očnice (kde končí horní patro) u lva než u tygra, kde je mnohem dále.

9) *Bulla tympanica*

U tygrů se dále uvádí, že v blízkosti bubínkové výdutě (*bulla tympanica*) můžeme najít hrbolek na kosti, zatímco u lvů žádný takový útvar nenajdeme (Mohamed, 2019).

10) *Foramen orbitorotundum*

Rozdíl lze spatřit i u *foramen orbitorotundum* (*sensu* Mohamed, 2019; Obr. 8), který je u lvů spojený a tvoří jeden velký otvor, zatímco u tygrů je rozdělen na dvě menší části. Morfologický rozdíl však uvádí pouze Mohamed (2019), navíc např. dle Bamela et al. (1975) a Levine et al. (2007) se *foramen orbitorotundum* nachází u přežvýkavců, nikoliv u kočkovitých šelem.



Obr. 8: Lebka lva při bočním pohledu. 2 - horní čelist, 3 - zygomatická kost (*os zygomaticum*), 4 - frontální výběžek zygomatické kosti, 5 - nosní kost (*os nasale*), 6 - čelní kost (*os frontale*), 7 - zygomatický výběžek čelní kosti, 8 - slzní kost (*os lacrimale*), 9 - spánková kost (*os temporale*), 10 - zygomatický výběžek spánkové kosti, 11 - temenní kost (*os parietale*), 12 - týlní hřeben, 13 - hákovitý výběžek pterygoidní kosti (*os pterygoideum*), c - horní špičák, d - *foramen infraorbitale*, h - ústí slzovodu, i - *foramen sphenopalatinum*, j - *foramen ethmoidale*, k - *foramen opticum*, l - *foramen orbitorotundum*, m - *foramen alare*, n - frontomaxilární šev (*sutura frontomaxilaris*) (Mohamed, 2019, upraveno).

2.2 Dolní čelist (*mandibula*)

Nejmohutnější kostí lebky *s. l.* je dolní čelist (Tiwari et al., 2011). Oba sledované druhy potřebují mít schopnost dostatečně rozevřít čelist a vyvinout silný skus při zakousnutí kořisti. Nelze však plně optimalizovat oboje najednou. Síla skusu je totiž tím menší, čím víc je čelist rozevřená, protože se snižuje páka svalové síly. Zároveň je výhodné mít co největší zuby pro pevné sevření kořisti a její rychlé usmrcení. Hlavně proto v evoluci docházelo mj. ke zvětšování horních špičáků (Obr. 8; Christiansen, 2008b). U zmíněných druhů se pokaždé lebka optimalizovala trochu jinak. To má za následek, že tygr může vyvinout stisknutí čelistí o síle přibližně 1740 N, zatímco lev jen 1590 N (Christiansen a Wroe, 2007).

1) Tvar dolní čelisti

Tvar dolní čelisti je v praxi dobře využitelný znak. Spodní čelist tygra je na podložce stabilní, na rozdíl od spodní čelisti lva, která se podložky dotýká pouze jedním bodem, a proto se houpe (Obr. 1). Spodní čelist tygra se podložky většinou dotýká dvěma kontaktními body, které tvoří

mandibulární symfýza (*symphysis menti*; chrupavčitý spoj spojující pravou a levou polovinu dolní čelisti) a úhlový výběžek (*processus angularis mandibulae*; Obr. 1). U tygra se v oblasti pod trháky nachází konkávní prohlubeň, či plošina, což umožní, že se na podložce dolní čelisti nebude kývat. Mohou ale existovat výjimky, kdy dochází i u tygří čelisti k mírnému kývání (Merriam a Stock, 1932). Proto je nutné ještě doplnit, že pokud lebka spočívá na rovném povrchu, tak se u tygrů střední část horizontálního těla čelisti nikdy nedotýká podložky (Christiansen a Harris, 2009).

U lva má čelist v oblasti pod trháky konvexní tvar, směrem dopředu se zužuje, a navíc je více hrbolatá, což způsobí, že se nebudou oba konce čelisti dotýkat podložky zároveň. Nikdy se nebude dotýkat podložky jak mandibulární symfýza pod diastemou (tedy část dolní čelisti pod mezerou mezi špičákem a třenovým zubem), tak i úhlový výběžek. Naopak se bude čelist lva dotýkat podložky jen jedním kontaktním bodem, a to oblastí, která je přímo pod druhým třenovým zubem a stoličkou, tedy pod trháky (Merriam a Stock, 1932).

Jak uvádí Williams et al. (2015), opět se nejedná o znak 100%, protože někdy může být ventrální profil dolní čelisti lva téměř plochý a oblast pod trháky bude skoro rovná. Každopádně se bude s velkou pravděpodobností čelist lva kývat ze strany na stranu. Může se ale také stát, že jen část čelisti bude konvexní, a tak se bude houpat jen částečně a do určité míry bude spíše rovná. Bude tedy přisedat k podkladu dalšími kontaktními body, například kostěným výrůstkem v blízkosti mandibulární symfýzy. Jednou z možností je, že se může kostěný výrůstek nacházet také přímo pod mandibulární symfýzou, což ojediněle zabránilo kývání čelisti, či částečně omezilo její pohyb. Nebyl nalezen žádný lev, kterému by se dotýkala podkladu zároveň mandibulární symfýza i úhlový výběžek, jako u tygra. Pokud se jednalo o nějaký další dotykový bod, byl to jiný kostěný výrůstek mimo tyto dvě oblasti. Zmíněné výjimečné události ale byly přičteny na vrub vnitrodruhové variaci, protože se objevily pouze u samic lvů z oblasti Súdánu a jednoho jedince z Tanzanie. Rozlišení druhů na základě mandibulární symfýzy lze provést jak u mladých, tak i dospělých zvířat, protože nikdy zcela nezkostnatí (Tiwari et al., 2011).

Oblast před stoličkami je u lva níže než oblast za nimi, zatímco u tygra je na stejné úrovni. Dále se pak také u lva dolní čelist zužuje směrem dopředu oproti tygrovi, u kterého se nezužuje. Tygr má pak také obdélníkový tvar čelisti při ventrálním pohledu (Williams et al., 2015).

2) Zuby

Druhy je možné rozlišit i dle dentálních znaků. Christiansen a Harris (2009) zkoumali 106 lebek lvů a 78 lebek tygrů, aby vyloučili vliv vnitrodruhových rozdílů. Zjistili, že vybrané druhy lze rozeznat dle poměru proporcionální velikosti spodního špičáku jedince ku délce jeho dolní čelisti (ML; Tab. 1). Poměr těchto parametrů u lva je výrazně menší, v průměru $0,189 \pm 0,015$, než u tygra,

v průměru $0,230 \pm 0,012$. Proto je lze díky tomu od sebe dobře odlišit. Poměry vyšly signifikantně odlišné mezi druhy, nikoliv mezi pohlavími.

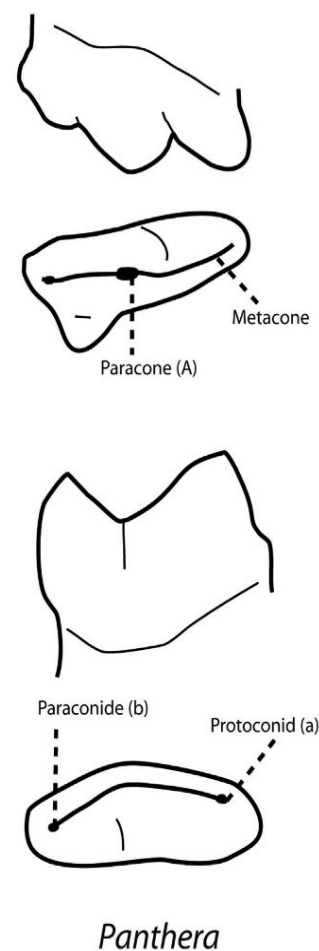
Třenové zuby lva jsou ve spodní části silnější než u tygra a stoličky mají méně příčně stlačené hrbolky s okraji více tupými. Tygr má stoličky vyvýšenější a také více příčně stlačené hrbolky na stoličkách, díky čemuž mají ostřejší hrany. Tam, kde dolní čelist přisedá k zubu, jsou třenové zuby méně masivní (Merriam a Stock, 1932).

Christiansen a Harris (2009) popisují, že celkově jsou třetí třenové zuby dolní čelisti relativně větší u lva než u tygra. Také jsou vzhledem k délce dolní čelisti (ML) kratší u tygra, delší u lva. Délka korunky třetího třenového zubu je u lva výrazně vyšší oproti délce korunky čtvrtého třenového zubu (P^4L ; Tab. 1), zatímco u tygra jsou obě délky srovnatelné. Dále platí, že délka metakonidu vzhledem k délce korunky je u lva výrazně kratší než u tygra. U třetích třenových zubů je také rozdíl v tom, že tygr má malý parastyl vzhledem k délce korunky, na rozdíl od lva, který ho má mnohem větší.

Dolní čtvrté třenové zuby jsou o něco větší vzhledem k délce dolní čelisti (ML) u lva než u tygra. Jejich délka korunky (P^4L) vzhledem k délce první stoličky (M^1L ; Tab. 1) je u lva výrazně vyšší než u tygra. Šířka korunky přes protocone (P^4W ; Tab. 1) je vzhledem k délce korunky (P^4L) výrazně větší u tygra než u lva. Dále platí, že lev má v porovnání s tygrem: 1) vyšší protoconid (Obr. 9) v poměru k jeho délce, 2) výrazně větší parastyl (i v poměru s délkou korunky), 3) vyšší protoconid v poměru k délce prvních stoliček (M^1L). Všechny rozdíly zmíněné výše jsou dle Christiansena a Harrise (2009) platné s velkou pravděpodobností (často i více než 90%), proto lze předpokládat, že pokud jich vezmeme v potaz více najednou lze dle nich určit jedince do druhu s téměř 100% účinností (viz Kap. 3).

3) *Processus condylaris mandibulae*

Sakamoto (2008) uvádí, že pokud povedeme pomyslnou linii od svalového výběžku dolní čelisti (*processus coronoideus mandibulae*) směrem dolů, narazíme u lva na kloubní výběžek dolní čelisti (*processus condylaris mandibulae*; Obr. 1), který tu vyčnívá ven, zatímco u tygra bude kloubní výběžek až za tímto výběžkem schovaný jakoby blíže ke zbytku čelisti. Zmíněný rozdíl, který byl později často citován, však opět nelze považovat za jednoznačný. Často se stává, že tygři mají na



Obr. 9: Čtvrtý třenový zub a první stolička u rodu *Panthera* (Solé a Ladevèze, 2017, upraveno).

dolní čelisti kloubní výběžek před svalovým výběžkem, stejně jako je tomu u lvů (Christiansen a Harris, 2009).

4) *Processus angularis mandibulae*

Úhlový výběžek dolní čelisti je u lva krátký, zvláště do tvaru pahýlu a má posterodorzální směr (Obr. 1). Oproti tomu u tygrů najdeme úhlový výběžek velký a vychýlený ventrálně, u některých jedinců může být i výrazně protáhlý. I zde ale dochází k určitému překryvu mezi druhy (Christiansen a Harris, 2009).

3 Rozlišení lebky lva a tygra na základě morfometrických znaků

Roy et al. (2022) píše, že je vhodné pro přesné zařazení jedince do druhu použít spíše znaky morfometrické, než morfologické (okem patrné), protože jsou často značně spolehlivější, hlavně u druhů, které se vyvinuly ze společného předka a mají i velmi podobné stravovací návyky, což v obou případech pro lvy a tygry platí.

Průměrná délka lebky (GLS; Tab. 1) lva činí 298 mm, zatímco u tygra je 277 mm (Christiansen, 2008a). Čísla se v různých studiích liší, například Masood (2018) uvádí, že průměrná délka lebky lva je 380 mm. Saber a Gummow (2014) dokonce uvádí průměrnou délku lebky lva 397 mm, zatímco tygr má podle nich průměrnou délku lebky 351 mm. Roy et al. (2022) naopak ale zmiňuje, že délka lebky lva má v průměru 309 mm, zatímco u tygra činí průměrně 331 mm a zároveň, že hmotnost lví lebky dosahuje v průměru váhy 896 gramů, což je o něco méně než u tygra, kde je průměrná váha 967 gramů.

To je v rozporu s dříve publikovanými údaji, které uvádí, že lebka lva je větší než lebka tygra. Z uvedených rozměrů tedy vyplývá, že nelze na základě velikosti lebky určit, o jaký druh se jedná, protože velikosti lebek jsou srovnatelné (Mazák, 1981). Jedná se tedy jen o orientační hodnoty, které se navíc liší mezi jednotlivými studii podle aktuálně měřeného vzorku lebek.

Christiansen (2008a) uvádí, že pokud chceme se 100% jistotou určit, o jaký druh se jedná, je žádoucí brát v potaz více parametrů zároveň. Christiansen (2008a) bere v potaz rozdíly morfometrické, které jsou však pro praxi kontrolních orgánů obtížně využitelné, neboť vyžadují již značnou odbornost. Přesto tyto znaky ale stojí za zmínku, protože se na jejich základě dá druh bezpečně určit a není třeba nákladná analýza DNA. Christiansen (2008a) píše, že lze lebky bezpečně rozpoznat na základě 4 poměrů. Jakákoliv lebka s následující poměry lze jednoznačně označit jako tygří:

- 1) poměr délky špičáků (C^1) ku největší délce lebky (GLS) nad 0,19,
- 2) poměr výšky čenichu ku největší délce lebky (GLS) 0,18 a méně,
- 3) poměr délky nosních kostí (GLN) ku největší délce lebky (GLS) 0,35, či více a
- 4) poměr délky špičáků (C^1) ku délce dolní čelisti (ML) 0,215, či více.

Hodnoty výše totiž vylučují i nejextrémnější případy jedinců u lvů. Naopak, pokud chceme zaručeně rozpoznat lva, můžeme tak učinit, když budeme mít jedince, který bude splňovat následující:

- 1) poměr délky špičáků (C^1) ku největší délce lebky (GLS) 0,165, či méně,
- 2) poměr výšky čenichu ku největší délce lebky (GLS) 0,18, či více,

- 3) poměr délky nosních kostí (GLN) ku největší délce lebky (GLS) 0,34, nebo méně a
- 4) poměr délky špičáků (C^1) ku délce dolní čelisti (ML) 0,205, či méně.

Zmíněné hodnoty vylučují i nejextrémnější případy u tygrů.

Pravděpodobnost výskytu jedince, který by dosahoval extrémních hodnot ve všech čtyřech parametrech je minimální. Každá lebka v Christiansenově (2008a) studii byla extrémní maximálně v jednom z uvedených poměrů a v ostatních se dala snadno zařadit do příslušného druhu.

Yamaguchi et al. (2009) uvádí, že tygr má větší objem mozkovny (279 cm^3) oproti lvovi (218 cm^3). Objem mozkovny obou kočkovitých šelem je také poddruhově specifický. Největší mozkovnu najdeme u tygra jávského (*P. t. sondaica*) a tygra balijského (*P. t. balica*), zatímco nejmenší je u tygra sumaterského (*P. t. sumatrae*). Což je v korelaci i s výzkumem Mazáka a Grovese (2006), kteří uvádí, že tygr jávský (*P. t. sondaica*) a tygr balijský (*P. t. balica*) si jsou evolučně blíže, ve srovnání s tygrem sumaterkým (*P. t. sumatrae*), protože se částečně vyvíjeli odděleně, kvůli výkyvům hladiny moře a erupci supravulkánu Topa před 75 000 lety (Kitchener a Dugmore, 2000; Kitchener a Yamaguchi, 2009). Co se týče lvů, má pak lev perský (*P. l. persica*) ve srovnání se subsaharskými lvy menší mozkovnu, stejně tak i lev berberský (*P. l. leo*). Ve své studii Yamaguchi et al. (2009) však uvádí, že u lva berberského (*P. l. leo*) byly měřeny jen lebky zvířat chovaných v zajetí, a tak není jasné, jestli stejné pravidlo platí i pro volně žijící lvy berberské. Z analýzy DNA však vychází, že si jsou skutečně dva zmíněné poddruhy lvů evolučně (fylogeneticky) příbuzné.

4 Sexuální dimorfismus lva a tygra

Průměrná délka lebky (GLS) u lva je 297 mm, u samic 269 mm, zatímco u samců 318 mm. Průměrná délka lebky tygra je 277 mm u samic je 259 mm, zatímco u samců 292 mm (Christiansen, 2008a). Christiansen (2008a) a Naples a Rothschild (2012) se shodují, že rozměry lebky u lva nejsou vhodné pro determinaci pohlaví jedince, protože se naměřené parametry překrývají. Ať už se jedná o délku lebky, šířku zygomatického oblouku (BZB; Tab. 1) či kondylobazální délku (CBL; Tab. 1). Na parametry se nelze spolehnout ani tehdy, když jich spojíme více dohromady.

4.1 Lev (*Panthera leo*)

Lvi jsou nejvíce sexuálně dimorfními kočkovitými šelmami (Schaller, 1972). Dle Naples a Rothschild (2012) se tak děje proto, že se jedná o zvířata se skupinovým stylem života. Lvice mohou někdy i po celý život zůstat na místě narození, zatímco lvi si v období puberty, mezi 15–18 měsícem života, musí hledat nová teritoria. V tuto dobu jsou odkázáni samci sami na sebe a musí si sami lovit. Začne se jim zvětšovat zadní část hlavy v oblasti týlní kosti (*os occipitale*) a týlního hřebene a spolu s tím se i prodlouží špičáky (Obr. 8; Kays a Patterson, 2002; Patterson et al., 2003; Peterhans a Gnoske, 2001). Změny jsou spojeny i s růstem svalstva a celkově vedou k větší síle skusu při lovu kořisti (Funston et al., 2001), což jim dává větší šance na přežití.

Dalším znakem je zvětšování „pórů“ na horní čelisti a anterolaterální oblasti dolní čelisti. Naples a Rothschild (2012) uvádí, že poréznost horní čelisti se vyskytovala u všech dospělých samců, a naopak chyběla u všech dospělých samic lvů. Jedná se o makroskopické póry, které odlišují dospělé od juvenilů. Mladí jedinci mají totiž jak póry makroskopické, tak i drobné (menší než 1 mm), které jsou velmi blízko u sebe. U samců do dospělosti přetrvávají jen velké póry, zatímco jemné vymizí. Samice pak nemají póry v dospělosti vůbec. U jedince tak můžeme určit pohlaví od puberty po stáří, nikoliv ve věku mládeže, kdy mají pórovitost všichni jedinci stejnou. Zvýšená pórovitost horní čelisti se vyskytuje v důsledku rychlého růstu špičáků u samců v období dospívání a předpokládá se, že je i důsledkem růstu dalších lebečních rysů (zesílení kostí v oblasti čelisti), které jsou propojeny s lebečním svalstvem a umožňují samcům lepší vokalizaci, řev a vrčení.

4.2 Tygr (*Panthera tigris*)

Mazák (2004) uvádí, že k sexuálnímu dimorfismu na tygřích lebkách dochází v důsledku odlišného výběru kořisti. Samci jsou větší, vybírají si tedy i větší kořist, a tak potřebují mít mohutnější lebeční kosti, které udrží silnější svaly při skousnutí.

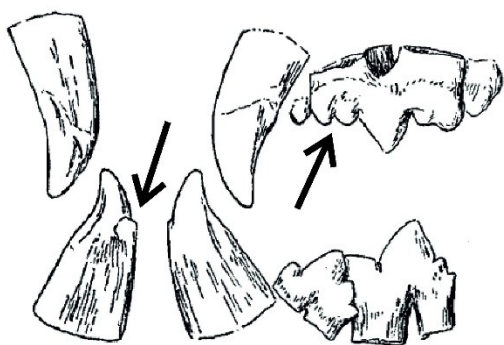
Lebka samců tygra je o něco větší než samičí. Mozkovna samců je protáhlejší, a tedy i užší. Výběžky na lebce se jeví vyšší a silnější oproti těm u samic, hlavně co se týče sagitálního hřebene (*crista sagittalis*; Obr. 8). Sagitální hřeben je kostěný výběžek na vrcholu lebky, ke kterému se upínají spánkové svaly. Pokud vezmeme v potaz více parametrů, můžeme relativně dobře pohlaví určit. Samci mají delší lebku (GLS), která je širší, pokud uvažujeme rozměr přes interorbitální region (IOB; Tab. 1), stejně tak je širší i čenich (RB), zygomatický oblouk (BZB) a týlní kost (SOB; Tab. 1). Najdeme u nich i delší horní trháky. Proti tomu samice mají relativně kratší (GLS) a užší lebku i čenich (RB) a menší čtvrté třenové zuby (P^4L). Je zde určitý překryv, jehož příčinou je individuální variace mezi jedinci v rámci druhu (Mazák, 2004).

Sexuální dimorfismus je nejvíce patrný u větších poddruhů tygrů. Největší je u velkého poddruhu tygra ussurijského (*P. t. altaica*), a u mírně menšího tygra indočínského (*P. t. corbetti*). Výjimku pak tvoří malé poddruhy tygr jávský (*P. t. sondaica*) a tygr sumaterský (*P. t. sumatrae*), který má výrazný sexuální dimorfismus, v některých znacích lze dokonce pohlaví rozpoznat lépe než u tygra ussurijského (*P. t. altaica*). Děje se tak například u šířky čenichu (RB) a interorbitální šířky (IOB). Z toho vyplývá, že určení pohlaví jedince je propojené s jeho zařazením do poddruhu natolik, že je nelze určovat odděleně. Lépe se poddruh určuje u samců než u samic, u kterých dochází mezi konkrétními jedinci k větším překryvům v metrických znacích (Mazák, 2004). Lineární vztah pak lze nalézt mezi velikostí lebky (GLS) a zeměpisnou šířkou, kdy mají jedinci na severu větší lebku, oproti těm z jižnějších částí oblasti výskytu (Kitchener, 1999).

Rozměry lebky a mohutnost a šířka sagitálního hřebene (Obr. 8) se považují za znaky vhodné pro určení pohlaví, zdá se ale, že se tak děje jen u některých populací tygrů (tygr ussurijský a kaspický; Mazák, 2004).

5 Lebky podle věku

Juvenilní a adultní lebky lvů se mezi sebou liší morfometricky i morfologicky. Většina studií byla provedena pouze s lebkami dospělých jedinců, zatímco lebky juvenilních jedinců byly vyloučeny. Například Christiansen (2008a) vyloučil všechny jedince bez trvalého chrupu. Mléčný chrup kočkovitých šelem čítá 26 zubů, zatímco trvalý 30. Jeho zubní vzorec je u obou kočkovitých šelem shodný, tedy: řezáky 3/3, špičáky 1/1, třenové zuby 3/2 (Obr. 10; Smuts et al., 1978). Christiansen (2008a) dále za mladé kusy považoval i zvířata, která měla otevřený frontální šev. Změny na lebce v průběhu života můžeme pozorovat i na stupni srůstání nasomaxilárního švu, frontonasálního švu (Obr. 3) a u samic můžeme brát v potaz i částečné uzavírání švů na pomezí kosti klínové a bazální části kosti týlní a šupino-temenního švu (Obr. 5). Smuts et al. (1978) uvádí, že u samic srůstají švy zpravidla rychleji než u samců, a tak dochází k jejich rychlejšímu uzavření.



Obr. 10: Mléčný chrup lva. Na spodním špičáku dobře patrný hrbolek, na horním třetím třenovém zubu dva hrboleky (Broom, 1950, upraveno).

Mineralizace kostí i zubů je nejvyšší u mladých jedinců. Naopak s věkem se značně navyšuje opotřebením zubů. Dle míry opotřebením zubů a stupně jejich prořezání lze zjistit stáří jedince (Smuts et al., 1978). Broom (1950) dále uvádí, že u mladých lvů je spodní mléčný špičák zploštělý a značně odlišný od zubu dospělých jedinců. U některých mladých jedinců se na vnitřní straně přední části zubu nachází dobře patrný hrbolek (Obr. 10). Třetí horní třenový zub je v určitých ohledech podobný se čtvrtým třenovým zubem u dospělců. Liší se ale diametrálně jedním znakem. Před hlavním vrcholem zubu se totiž u mladých zvířat nachází dva dobře vyvinuté hrboleky (Obr. 10). U dospělého chrupu je první hrbolek výrazně potlačen, a tak to působí, že má hrbolek jen jeden, (druhý z dříve zmíněných) umístěný dále v čelisti.

Druhým způsobem určení věku zvířete jsou metody, které měří určité rozměry na lebce, na jejichž základě lze jedince zařadit do určité věkové skupiny. Jedná se o délku lebky (GLS), šířku lebky a délku dolní čelisti (ML), případně i šířku mandibuly. Jako spolehlivější metoda se ale jeví prořezávání a opotřebením zubů. Tyto metody by se ideálně měly kombinovat, či porovnat mezi sebou, detailně o tom pojednávají Smuts et al. (1978).

Literaturu zbývající se změnami lebek tygra během ontogenetického vývoje se nepodařilo dohledat.

6 Vnitrodruhová variabilita lva a tygra

Další problematika, která vstupuje do úspěšného rozpoznání těchto šelem mezi sebou, je existence celé řady poddruhů, které se mezi sebou liší tvarem i strukturou lebky. Může se jednat také o variace v rámci populací či sexuálního dimorfismu, a v takových případech dochází k častým překryvům mezi morfologickými rozdíly (Mazák, 2010a). Dochází i k hybridizaci mezi jednotlivými poddruhy jednoho druhu v místech, kde se setkávají jejich areály výskytu (Shankaranarayanan et al., 1997).

Rozlišení jednotlivých poddruhů lva a tygra je na základě morfologických i morfometrických znaků na lebce velmi obtížné. S větší mírou spolehlivosti je možné rozdělit jedince do určitých skupin poddruhů (např. Mazák, 2010a).

U zvířat pocházejících z volné přírody je důležité zařazení jedince do poddruhu, protože pro přežití ohrožených volně žijících živočichů je žádoucí zachovat jejich genetickou rozmanitost. Přitom právě antropogenní činnost má na svědomí, že jednotlivé poddruhy jak lvů, tak tygrů, vymírají, a tím dochází k celkové degradaci jejich genetického fondu (Barnett et al., 2006; Chen et al., 2004; Uphyrkina a O'Brien, 2003). V praxi by mělo platit, že pokud zabavíme lebku, je dobré pokusit se určit co nejlépe o jakého jedince se jedná a přispět tím do aktuálního výzkumu těchto šelem, a tak i k jejich ochraně.

6.1 Lev (*Panthera leo*)

Variabilita v rámci druhu *Panthera leo* je často pravděpodobně ovlivněna pohlavním výběrem, adaptací zvířat na konkrétní místní podmínky prostředí, velikostí i dostupností kořisti a změnami produktivity prostředí během ročních období (Mazák, 2010b). Do hry vstupuje i odlišné chování mezi pohlavími. Jak již bylo řečeno samice zůstávají po celý život na stejném místě, zatímco samci jsou po dosažení pohlavní dospělosti vyhnáni ze smečky, opouští místo narození a jsou nuceni si hledat nová teritoria. To má za následek vyšší mezipopulační variabilitu v morfologii u lebek samic oproti lebkám samců. Zároveň jsou často větší rozdíly mezi konkrétními populacemi v rámci jednoho poddruhu, než mezi poddruhy samotnými (Mazák, 2010b; Pusey a Packer, 1987; Schaller, 1972).

U lva v současnosti rozlišujeme osm (sub)recentních poddruhů: lev jihoafrický (*Panthera leo krugeri*), lev konžský (*Panthera leo bleyenberghi*), lev nubijský (*Panthera leo nubica*), lev severokonžský (*Panthera leo azandica*), lev senegálský (*Panthera leo senegalensis*), lev perský (*Panthera leo persica*), lev kapský (*Panthera leo melanochaita*) a lev berberský (*Panthera leo leo*). Poslední dva zmíněné poddruhy vyhynuly v posledních 150 letech ve volné přírodě, ale v zajetí můžeme ještě najít lvy s jejich geny (Barnett et al., 2006; Yamaguchi et al., 2009).

Na základě morfometrie lebky můžeme odlišit jedince patřící do dvou skupin. K jedné patří populace lvů subsaharské Afriky (*sensu* Mazák 2010b; k nim patří v současnosti *P. l. nubica*, *P. l. azandica*, *P. l. senegalensis*) a k druhé patří lvi z populací severní Afriky a Asie (k nim patří v současnosti *P. l. leo* a *P. l. persica*). Lvi ze severní Afriky mají průměrně největší lebku. Menší velikost lebek mají lvi ze subsaharské části Afriky. V rámci této populace jsou lebky lvů ze severovýchodní populace (Súdán a Etiopie; *P. l. nubica*) mírně menší než lebky lvů ze střední Afriky (Kongo a Demokratická republika Kongo; *P. l. azandica*) a východní Afriky (Uganda, Keňa a Tanzanie; *P. l. nubica*). Odlišení lebek lvů z jižní Afriky (Zambie, Namibie, Zimbabwe a Bostwana; *P. l. krugeri*, *P. l. blevenberghi*, *P. l. melanochaita*) není podle Mazák (2010b) možné.

Christiansen (2008d) rozlišil 4 z v té době pěti uznávaných poddruhů (*P. l. krugeri*, *P. l. nubica*, *P. l. persica*, *P. l. senegalensis*). Rozporuje to Mazák (2010b), který použil jinou metodu vyhodnocení svých dat a podařilo se mu druhy rozdělit jen na dvě skupiny (viz výše). To Mazák (2010b) vysvětluje tím, že v Christiansenově (2008d) studii byla využita DFA (Detrended fluctuation analysis), která je koncipovaná tak, aby rozřadila data do předem definovaných kategorií. Oproti tomu Mazák (2010b) použil několik statistických metod vyhodnocujících korelaci mezi jednotlivými parametry a na základě toho zjistil, že se poddruhy mezi sebou značně překrývají.

Nejlépe lze jednotlivé poddruhy rozeznat dle šířky zúžení mezi očnicemi (POC; Tab. 1). Aby šlo jednotlivé skupiny rozlišit, musí se ale brát v potaz více metrických znaků najednou (Mazák, 2010b). Šířka zúžení mezi očnicemi (POC) je dle Hemmera (1974) a Mazáka (1968) širší u subsaharských lvů, zatímco u indických a íránských jedinců je značně užší. Do problematiky vstupuje i pohlavní dimorfismus. Samci mají statisticky zúžení mezi očnicemi (POC) užší než samice (Mazák, 2010b). Podle Mazáka (2004) je proto nejdříve žádoucí zjistit pohlaví jedince, pokud ho chceme zařadit do poddruhu.

Další parametr, ve kterém se mohou lebky lvů lišit v rámci poddruhů, je *foramen infraorbitale* (Obr. 5). Haas et al. (2005) a Pocock (1939) popisují, že 50 % asijských lvů má tento otvor rozvětvený na rozdíl od afrických lvů, kteří mají jen jeden na obou stranách. Vyplývá z toho tedy, že pokud najdeme u jedince rozvětvený *foramen infraorbitale*, jedná se s jistotou o lva z asijských populací.

6.2 Tygr (*Panthera tigris*)

V současnosti rozdělujeme (sub)recentní tygry do osmi poddruhů – tygr ussurijský (*Panthera tigris altaica*), tygr čínský (*Panthera tigris amoyensis*), tygr indočínský (*Panthera tigris corbetti*), tygr indický (*Panthera tigris tigris*) a tygr sumaterský (*Panthera tigris sumatrae*). Minimálně tři známé poddruhy vyhynuly – tygr kaspický (*Panthera tigris virgata*), tygr jávský (*Panthera tigris*

sondaica) a tygr balijský (*Panthera tigris balica*; Kitchener et al., 2017). Luo et al. (2004) navrhli devátý poddruh tygra – tygr Jacksonův (*Panthera tigris jacksoni*), který oddělili od tygra indočínského (*P. t. corbetti*), Kitchener et al. (2017) popis však prohlásili za neplatný. Stejně jako u lva můžeme na základě morfologie lebky rozlišit s jistotou jen dvě skupiny tygrů, protože od sebe byly po dlouhou dobu izolovány v průběhu raného či středního pleistocénu. V dnešní době se ale jejich oblasti výskytu opět překrývají (Mazák, 2010a). Žijící tygry můžeme rozdělit na jedince pevninské Asie (*P. t. altaica*, *P. t. amoyensis*, *P. t. corbetii*, *P. t. tigris*) a na ostrovní tygry (*P. t. sumatrae*). Na ostrovech jsou zvířata celkově menší, tedy mají i menší lebku, a to díky evolučnímu procesu, který označujeme jako ostrovní nanismus. Stejně jako u lva i zde má velkou roli sexuální dimorfismus. K rozlišení poddruhů zvířat na základě morfologie lebky, využíváme převážně morfometrické znaky, které se mezi sebou často překrývají. Nelze na ně tedy spoléhat, pokud je využijeme jednotlivě. Pokud se chceme pokusit s vysokou pravděpodobností zařadit jedince do konkrétního poddruhu, je nutné nejdříve určit jeho pohlaví, stejně jako u lva (Mazák, 2004).

U pevninských jedinců tygrů, zkoumaných Mazákem (2010a), má na jednotlivé určovací znaky vliv i zeměpisná šířka. Délka nosu (GLN) se postupně zvyšuje od severu k jihu, takže tygr usurijský (*P. t. altaica*) ho má relativně kratší než tygr indický (*P. t. tigris*). Další alometricky sledovatelnou změnu spatřujeme u šířky tlamy (RB), která klesá směrem od severu k jihu, z čehož vyplývá, že severní poddruhy mají kratší nosy a širší tlamy, zatímco u jižních poddruhů je tomu opačně, tedy mají relativně delší nosy k poměrně užší čelisti (Mazák, 2010a).

Mazák a Groves (2006) navíc zjistili, že tygři sumaterští (*P. t. sumatrae*) mají kratší nosní kosti než ostatní poddruhy jihovýchodní Asie. To ale nepotvrdil ve své studii Christiansen (2008a), který měřil nosní kosti u tygra indočínského (*P. t. corbetti*), tygra indického (*P. t. tigris*), tygra jávského (*P. t. sondaica*), a právě tygra sumaterského (*P. t. sumatrae*) a nenašel mezi nimi žádné významné odlišnosti. Může to být způsobeno tím, že tygr sumaterský (*P. t. sumatrae*) je pravděpodobně kříženec pevninských a ostrovních tygrů, který se navíc v pozdním pleistocénu křížil s tygrem jávským (*P. t. sondaica*), a proto může být jeho morfologie lebky značně vybočující (Mazák, 2010a). Dalším alometrickým znakem je vyvinutost sagitálního hřebene (Obr. 8). Ten je silně vyvinut u tygra usurijského (*P. t. altaica*) a kaspického (*P. t. virgata*), zatímco u tygrů z Indie a jižní Číny (*P. t. amoyensis*, *P. t. corbetti*, *P. t. tigris*) je spíše potlačen a více splývá se zbytkem lebky (Mazák, 2010a).

Znak, kterým lze rozlišit tygry z jihovýchodní Asie, je šířka kosti týlní (SOB). Pokud budeme porovnávat její šířku napříč poddruhy mezi samci, zjistíme, že jedinci z pevniny (*P. t. corbetti*) ji mají značně širší, než poddruhy z Jávy a Bali (*P. t. balica*, *P. t. sondaica*; oba vyhynulé taxony) a není mezi nimi téměř žádný překryv. Jedinci ze Sumatry (*P. t. sumatrae*) ji mají

srovnatelně velkou s tygrem indočínským (*P. t. corbetti*) a je tedy výrazně širší než u tygra jávského (*P. t. sondaica*) a tygra balijského (*P. t. balica*). U samic pak můžeme alometricky dokonce na základě této kosti a délky dolní čelisti (ML) rozdělit jedince do tří skupin, které se mezi sebou téměř nepřekrývají, a to: 1) tygr indočínský (*P. t. corbetti*), 2) tygr sumaterský (*P. t. sumatrae*) a 3) tygr jávský (*P. t. sondaica*) a tygr balijský (*P. t. balica*; Mazák a Groves, 2006). Toto rozlišení částečně vyvrací Mazák (2010a), který uvádí, že do rozpoznávacího znaku vstupuje sexuální dimorfismus, a díky tomu je mezi poddruhy určitý překryv. Mezi rozlišovací znaky přidává i výšku kosti týlní (OH; Tab. 1) a říká, že jedinci ze Sumatry (*P. t. sumatrae*) ji mají vyšší než ostatní.

7 Abnormality u jedinců žijících v zajetí

Pro rozlišení lebek lvů a tygrů na základě jejich osteomorfologie nelze využít všechny znaky pozorovatelné u jedinců žijících v zajetí (soukromých chovech, zoologických zahradách apod.), protože lebky často vykazují určité abnormality (Hollister, 1917; Mohamed, 2019; Smithers, 1983). Budou se měnit zejména morfometrické znaky na lebce, v některých částech bude docházet ke ztenčování, jinde k tloušťnutí kostí (Behrents et al., 1978). Za jejich příčinu se považuje například hypovitaminóza vitamínu A, změny v chování nebo zvýšená péče o zvířata. Morfologické změny se vyskytují i u jiných druhů kočkovitých šelem, jako je irbis (*Panthera uncia*), či gepard (*Acinonyx jubatus*), u něhož se za jeden z důvodů změn považuje i nedostatek esenciálního stopového prvku - mědi (Robert, 2008; Stidworthy et al., 2008).

7.1 Hypovitaminóza vitamínu A

Jednou z hlavních příčin morfologických změn na lebce u lva se považuje hypovitaminóza vitamínu A (Bartsch et al., 1975; O'Sullivan et al., 1977). K té dochází v důsledku špatného krmení jedinců v zajetí. Dříve totiž byla zvířata krmena pouze syrovým masem – svalovinou, přitom ale praví masožravci potřebují k přežití jíst celou kořist, aby z ní získali vše, co je nutné pro jejich přežití – vnitřnosti, části kostí, obsah žaludku kořisti, srst, peří a podobně. Tím totiž karnivoři získávají vše potřebné k životu – vlákninu, minerály a vitaminy, včetně zmiňovaného vitamínu A, který je ve velkém množství obsažen v játrech kořisti (Kaiser et al., 2014). Bartsch et al. (1975) uvádí, že právě na základě analýzy jater se u šelem určoval značný nedostatek vitamínu A. Lvi zde totiž mají uloženo až 90 % z celkového množství vitamínu A obsaženého v jejich těle. Celkově mají kočkovité šelmy větší nároky na vitamin A v potravě oproti jiným druhům zvířat, protože nejsou schopné přeměňovat β -karoten na vitamin A (retinol), místo toho jsou nuceni ho přijímat z živočišných produktů (Puls, 1994), tedy z částí jejich kořisti, jak již bylo zmíněno.

Nedostatek vitamínu A způsobuje řadu problémů, při nichž může dojít až k úhynu zvířete. Mimo jiné se s hypovitaminózou pojí i změny v morfologii u lebek a krčních obratlů zvířat. Dochází k značnému tloušťnutí kostí hlavně kolem mozku jedince, což má za následek změny chování a celou řadu dalších neurologických dysfunkcí (Baker a Lyon, 1977; Bartsch et al., 1975; Chandra et al., 1999; O'Sullivan et al., 1977; Shamir et al., 1998).

Kromě neurologických problémů se může jednat i o zhoršený růst či změnu růstu kostí a další obtíže (Booth et al., 1987; Eaton, 1969; Frye et al., 1991; Palmer, 1993). U jedinců trpících deficitem vitamínu A dochází k celkovým změnám proporcí hlavy oproti normálu (tj. oproti volně žijícím jedincům, kteří mají vyváženou stravu; Bartsch et al., 1975). Shamir et al. (1998) uvádějí, že se může se jednat o atypické zploštění vnitřní lebeční klenby hlavně v oblasti spodiny lebeční

(*fossa cranii*) a další metaplazii kostí. Dále píší, že od prvních příznaků hypovitaminózy lev v zoologické zahradě zemřel do šesti měsíců, ve věku pouhých devíti měsíců.

Co se týče změn na lebce, můžeme se dále zaměřit i na čelist. Dolní čelist (Obr. 1) je totiž mnohem tlustší a objemnější, což má za následek jinou aerodynamiku (Bartsch et al., 1975), která může zvíře znevýhodňovat (což u jedince v zajetí zas tolik nevádí, protože dostává potravu již usmrcenou, připravenou k pozření a má ji pravidelně). Chandra et al. (1999) a Shamir et al. (1998) uvádí také značně nepravidelné ztloustnutí kosti týlní a platybazii lebky (zploštění spodiny lebeční) u zvířat žijících v zajetí. Dochází k zúžení velkého týlního otvoru (*foramen magnum*) až na polovinu a kromě zmíněného ztloustnutí i změknutí kosti týlní (Shamir et al., 2008).

Saragusty et al. (2014) potvrzují tloustnutí týlní kosti a *tentorium cerebellii osseum* v důsledku hypovitaminózy, ale jen u lvů, zatímco u tygrů k tomuto jevu nedochází, či jen ve výjimečných případech, jak uvádí Demmel (1965). Saragusty et al. (2014) dále píší, že k patologii dochází přednostně u lvů pravděpodobně díky tomu, že mají geneticky jinak dáno, jak moc jsou schopni z potravy zpracovávat vitamin A. Naopak tygr je schopen vytěžit maximum i při minimálním obsahu vitamínu A v potravě. Proto má lev mnohem větší predispozice k malformacím kostí na lebce na rozdíl od tygra. Zároveň je možné, že byli u lvů na počátku do zajetí odchyceni z přírody nedopatřením právě jednotlivci, kteří měli k abnormalitám predispozice. Protože populace jedinců, které zakládaly chovy v zoologických zahradách, byly malé, došlo k ustálení těchto malformací kostí u jedinců žijících v zajetí.

I přes výše uvedené existují ale i jedinci lvů, kteří mají dle jaterních rozborů malou koncentraci vitamínu A v těle, a přesto netrpí neurologickými potížemi. Uvádí se proto, že nízká hladina vitamínu A činí problém u zvířat jen v určitých případech (Saragusty et al., 2014). Co vše se v organismu naruší deficitem vitamínu A se odvíjí od délky trvání a závažnosti deficitu, jaterních rezerv vitamínu A a stádia kosterního růstu jedince, tedy od jeho věku na počátku deficitu (Eaton, 1969; Frye et al., 1991; Summers et al., 1995). Na abnormality způsobené nedostatkem vitamínu A jsou nejvíce náchylná mladá zvířata, která ještě nemají plně vyvinutou kostru. Největší problém může nastat u jedinců narozených v zajetí samicím trpícím hypovitaminózou vitamínu A. Mládě nemá dostatečné množství vitamínu A v mateřském mléce, a tak od počátku strádá. Následně dostane stejnou pevnou stravu jako matka, chudou na vitamin A (McCain et al., 2008). Proto se mohou první příznaky nedostatku vitamínu A projevit i u jedinců mladších než 3 měsíce (Shamir et al., 1998).

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že stavba lebky je ovlivněna složením potravy konkrétního zvířete, což je nutno brát do úvahy při měření a statistickém zpracování lebek pocházejících ze zajetí či lebek, jejichž původ není přesně znám. Studie staršího data často ovšem jedince neznámého původu zahrnují, a proto je třeba přistupovat k hodnotám v nich uvedených

obezřetně. Někdy se tak děje i nyní, protože v muzejních sbírkách není vždy znám původ zvířete, a přesto je do studie zahrnuto (např. Yamaguchi et al., 2009).

V dnešní době se nedostatek vitaminů a minerálů v potravě řeší krměním velkých koček předem baleným krmivem, jež je vyvinuto tak, aby odpovídalo jejich nutričním potřebám. Strava je často připravena z hovězích či koňských produktů (Zuccarelli, 2004). Alternativně jedinci dostávají jako potravu i orgány zvířat a podobně. Každé zvíře je ale jinak krmeno a nemá stejnou potravu jako ve volné přírodě (Saragusty et al., 2014). Některé multivitaminové doplňky, které se vyrábí navíc nejsou vhodné, a i přes jejich využívání nedostávají zvířata žijící v zajetí dostatečné množství vitamínu A (McCain et al., 2008). To znamená, že znaky na lebce zvířat budou pokaždé ovlivněny jiným způsobem, a tak je nelze ani samostatně statisticky zpracovat. Proto nelze ani nyní znaky na lebkách zvířat ze zoologických zahrad aplikovat na ty z volné přírody.

7.2 Další příčiny změn u zvířat žijících v zajetí

Příčinou změn morfologie lebek lva u zvířat chovaných v zajetí může být ovšem více. Nemusí se jednat jen o hypovitaminózu vitamínu A, ale i jiný styl chování zvířat v zajetí – přestávají lovit, mají nedostatek pohybu, jiným způsobem využívají čelist, protože nejsou nuceni využívat ji ke skolení kořisti. Změny mohou být způsobeny i v důsledku nadměrné péče o chované jedince v zoologické zahradě (Saragusty et al., 2014). Lev ukončuje svůj kosterní vývoj ve třech až čtyřech letech věku, a proto může být do té doby kostra značně ovlivněna i vnějšími vlivy. Volně žijící lvi aktivně loví – uchopují, koušou, třesou, a tím zabíjí kořist. Důsledkem tohoto chování je stále intenzivní zapojování svalů, což má za dopad odlišné formování růstu lebky v oblasti jejich napojení. Proto se může jevit lebka lvů chovaných v zajetí jednotvárná a lebky mezi sebou se nebudou příliš lišit, zatímco u lvů žijících ve volné přírodě bude každá trochu jiná podle toho, jak který lev lovil (hlavně během mládí, kdy se lebka formovala do své konečné podoby; Hollister, 1917).

Zuccarelli (2004) uvádí hned několik prokazatelných morfometrických rozdílů u jedinců žijících v zajetí – celková výška lebky, výška čelisti (MH; Tab. 1), délka mandibuly (ML), šířka kondylu atd. Zaměřil se hlavně na rozdíly v oblasti čelisti, protože se domnívá, že nejvíce rozdílů je patrných právě v této oblasti, protože jedinec se zde nejlépe může adaptovat na to, že v zajetí není nucen lovit kořist.

Mohutnost lebky je do značné míry ovlivňována dostupností potravy. V zoologických zahradách proto najdeme jedince s větší a mohutnější kostrou. Jedinci mají dostatek potravy, aby se jim mohly pořádně vyvinout kosti. Lvi jsou zvyklí hltat velké množství potravy najednou a následně dlouhý čas hladovět, což jim ale v zoologických zahradách nehrozí. A to se projeví na jejich celkové velikosti (Smuts et al., 1978).

Na druhou stranu ale kosti lebky reagují na napětí v oblasti švů (Rak, 1978) a větší tlak, který je vyvíjen svaly v určitých částech crania. Při tom dochází k hromadění kostní tkáně v takových oblastech (Behrens et al., 1978). U jedinců žijících v přírodě se tedy hromadí kostní tkáň v místech, kde se uchycují svaly, které jsou nejvíce vytíženy podle stylu lovu zvířete. Naopak u zvířat žijících v zoologických zahradách dochází k ochabnutí svalů (nejsou nuceni lovit si potravu) a tím pádem i k redukci a lokální nekróze v oblasti, kde se sval uchycoval. K největším změnám dochází v oblasti čelistí (Boyd et al., 1967). Například sval spánkový (*musculus temporalis*), který pohybuje s čelistí a je přichycen k sagitálnímu hřebeni (Obr. 8), je v zajetí mnohem méně zatěžován. Začne tedy atrofovat, což pak ovlivní i sagitální hřeben, a proto dojde k jeho postupné redukci (Duckler, 1998).

Životem v zajetí v důsledku změny chování může být ovlivněna i kost týlní, která se stává silnější, ploší a redukují se na ní jakékoliv výběžky. Jedinci v zajetí totiž mají méně pohybu, nudí se, a tak se častěji myjí jazykem (lížou se), což vede k zesílení svalů – ohybačů (flexorů) a tedy i k zmohutnění kosti, ke které se upínají – kosti týlní (Duckler, 1998).

Ať už se jedná o rozdíly behaviorální, morfologické či fyziologické, vždy jsou na úrovni jednotlivých zvířat a nejedná se o znaky děděné z generace na generaci (Saragusty et al., 2014).

8 Rozlišení lva a tygra pomocí analýzy DNA

Pokud není možné rozlišit dle morfologických znaků lva a tygra jednoznačně a je nutné potvrzení dalším důkazem (například pro soudní jednání), lze využít analýza DNA, která je pro určení druhu velmi přesnou a obtížně zpochybnitelnou metodou. Dle studie Wolfa et al. (1999) je lepší analyzovat mitochondriální (mt) DNA, než jadernou (jd) DNA. Důvodem je, že mt-DNA je méně stabilní, než většina jd-DNA, což má za následek obsah větší diverzity sekvencí ve srovnání s jd-DNA. Díky tomu lze snáze určit i blízkce příbuzné druhy zvířat, jimiž právě tygr a lev jsou. Další výhoda ve zpracování mt-DNA spočívá v tom, že má mnohem vyšší počet kopií mitochondriálního genomu, což značně usnadňuje analýzu, protože je potřeba mnohem menší množství analytu (tkáň s mt-DNA). Pro mezidruhovou detekci bylo Meyer et al. (1995) a Meyer a Candrian (1996) zjištěno, že se jako vhodná analytická metoda jeví PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction - Restriction Fragment Length Polymorphism), což Wolf et al. (1999) potvrzuje, ale doplňuje, že je třeba dát pozor na vnitrodruhový polymorfismus. Abychom se vyhnuli tomuto problému, je třeba zamyslet se nad vhodnou volbou jednotlivých restrikčních enzymů pro použití RFLP metody, podmínek štěpení a optimalizovat výběr analyzovaných úseků DNA, tak aby šlo druhy mezi sebou s dostatečnou spolehlivostí rozlišit.

Zároveň je žádoucí využívat metodu využívající mt-DNA s rozmyslem. Musíme si totiž uvědomit, že mt-DNA se dědí jen po matce. Proto, pokud bude existovat podezření, že by se mohlo jednat o křížence lva a tygra (mezidruhový hybrid) je nutné využívat analýzu jaderné DNA. Budeme se tedy v takovém případě zajímat o oba rodiče, zatímco u mt-DNA je analýza schopna určit jen do jakého druhu patřila matka analyzovaného zvířete.

Podezření na hybrida mezi lvem a tygrem může nastat v takovém případě, kdy si budou morfologické znaky na lebce často mezi sebou oponovat a jedinec se bude zdát přesně na středu mezi druhy (Savriama et al., 2018). Pravděpodobnost, že je to hybrid se zvyšuje, pokud budeme vědět, že přicházel ze soukromého chovu, protože tygr a lev se běžně v přírodě nepotkávají, mají vzdálené oblasti výskytu (Arthur, 2014).

Závěr

Zařazení jedince do druhu je důležité pro vymáhání legislativy a rozkrývání ilegálního obchodu s velkými kočkovitými šelmami. Je žádoucí, aby bylo rozlišení co nejsnazší a bylo snadno využitelné v terénní praxi. I přesto, že někteří autoři (Hemmer, 1987; Sunquist a Sunquist, 2002) značně zpochybňují možnost rozlišení lebek bez analýzy DNA, podařilo se najít řadu zdrojů, které tuto domněnku vyvrací. I když je mezidruhové rozlišení lebek lvů a tygrů komplikované, v literatuře lze najít znaky, podle nichž (případně podle jejichž kombinace) by rozlišení mělo být možné:

- 1) Laterální profil lebky
- 2) Spojení kostí nosní (*os nasale*), čelní (*os frontale*) a horní čelisti (*maxilla*)
- 3) Šířka čela
- 4) *Sutura lambdoidea* a *sutura squamosa cranii*
- 5) *Foramina incisiva*
- 6) Nosní otvor
- 7) Zuby horní i dolní čelisti
- 8) *Foramen palatinum majus*
- 9) *Bulla tympanica*
- 10) *Foramen orbitorotundum*
- 11) Tvar dolní čelisti
- 12) *Processus condylaris mandibulae*
- 13) *Processus angularis mandibulae*

Pravděpodobnost správného určení druhu může být zvýšena sledováním více morfologických parametrů zároveň (Christiansen, 2008a).

Další efektivní možností, jak lebky rozlišit je použít kombinací určitých morfometrických znaků, což je ale v kontrolní praxi těžko představitelné.

Bez využití více parametrů najednou se může stát, že bude jedinec špatně zařazen do druhu. Do problematiky určení druhu totiž vstupuje vnitrodruhová rozmanitost, sexuální dimorfismus, stáří jedince či chov zvířete v zajetí. To vše může způsobit, že se jednotlivé znaky mezi druhy *Panthera leo* a *Panthera tigris* částečně překrývají, a tak nelze na jednotlivé znaky spoléhat samostatně.

Kitchener (1999) a Mazák (2004, 2010a) se shodují, že pokud chceme jedince zařadit do konkrétního poddruhu, je nutné určit jeho pohlaví. Navíc se také často stává, že se jedinci liší více mezi jednotlivými populacemi než mezi poddruhy samotnými. Zvířata na ilegálním trhu pochází

často ze soukromých chovů, u kterých nevíme, čím byli jedinci krmeni. Přitom právě potrava (její dostupnost a rozmanitost) má na morfologii lebky zvířat značný vliv. A to především u mladých jedinců, kteří ještě nemají dokončený vývoj kostry (Shamir et al., 1998).

Z výsledků vyplývá, že rozlišení lebky lva a tygra je teoreticky možné. Determinační znaky by ovšem bylo potřeba ověřit empirickou studií, která by vyhodnotila vhodnost využití jednotlivých znaků, případně identifikovala jejich optimální kombinaci.

Dále by bylo žádoucí zaměřit se na problematiku, která v literatuře není zmiňovaná, jako jsou mezidruhové kříženci mezi lvem a tygrem, případně mezi lvem (nebo tygrem) a levhartem.

Zdroje

Arthur W. (2014). *Evolving Animals*. Cambridge University Press.

Baker J. R. a Lyon D. G. (1977). Skull malformation and cerebellar herniation in captive African lions. – *The Veterinary record*, 100, 8, 154–156. DOI: 10.1136/vr.100.8.154

Bamel S. S., Dhingra L. D. a Sharma D. N. (1975). Anatomical studies on the arteries of the brain of buffalo (*Bubalus bubalis*). I. The rete mirabile cerebri. – *Anatomischer Anzeiger*, 137, 5, 440–446.

Barnett R., Yamaguchi N., Barnes I. a Cooper A (2006). Lost populations and preserving genetic diversity in the lion *Panthera leo*: Implications for its *ex situ* conservation. – *Conservation Genetics*, 7, 507–514. DOI: 10.1007/s10592-005-9062-0

Bartsch R. C., Imes G. D. Jr. a Smit J.P. (1975). Vitamin A deficiency in the captive African lion cub *Panthera leo* (Linnaeus, 1758). – *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 42, 2, 43–54.

Behrents R. G., Carlson D. S. a Abdelnour T. (1978). In vivo analysis of bone strain about the sagittal suture in *Macaca mulatta* during masticatory movement. – *Journal of dental research*, 57, 9–10, 904–908. DOI: 10.1177/00220345780570091401

Booth A., Reid M. a Clark T. (1987). Hypovitaminosis A in feedlot cattle. – *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 190, 10, 1305–1308.

Boule M. (1906). Les grand chats des cavernes. – *Annales de Paléontologie*, 1, 69–95.

Boyd T. G., Castelli W. A. a Huelke D. F. (1967). Removal of the temporalis muscle from its origin: Effects on the size and shape of the coronoid process. – *Journal of dental research*, 46, 5, 997–1001. DOI: 10.1177/00220345670460056401

Broom R. (1950). Notes on the milk dentition of the lion, leopard and cheetah. – *Annals of the Transvaal Museum*, 21, 183–185.

CITES, příloha I (verze platná od 22. 6. 2021). – [online]. [cit. 18. 3. 2022]. Dostupné z: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>

Demmel U. (1965). Über Veränderungen am Schädel eines Tigres (*Panthera tigris* L.) bei therapieresistenten Paresen der Hinterextremitäten. – *Der Zoologische Garten*, 31, 327–336.

- Duckler G. L. (1998). An unusual osteological formation in the posterior skulls of captive tigers (*Panthera tigris*). *Zoo Biology* 17, 2, 135–142. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2361(1998)17:2<135::AID-ZOO8>3.0.CO;2-A
- Eaton H. D. (1969). Chronic bovine hypo- and hypervitaminosis A and cerebrospinal fluid pressure. – *The American journal of clinical nutrition*, 22, 8, 1070–1080. DOI: 10.1093/ajcn/22.8.1070
- Frye T. M., Williams S. N. a Graham T. W. (1991). Vitamin deficiencies in cattle. – *The Veterinary clinics of North America. Food Animal Practice*, 7, 1, 217–275. DOI: 10.1016/s0749-0720(15)30817-3
- Funston P. J., Mills M. G. L. a Biggs H. C. (2001). Factors affecting the hunting success of male and female lions in the Kruger National Park. – *Journal of Zoology*, 253, 4, 419–431. DOI: 10.1017/S0952836901000395
- Grafen A. (1989): The phylogenetic regression. – *Philosophical transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological sciences*, 326, 1233, 119–157.
- Haas S. K., Hayssen V. a Krausman P. R. (2005). *Panthera leo*. – *Mammalian Species*, 762, 1–11.
- Haken J. (2011). Transnational crime in the developing world. – [online]. *Global Financial Integrity*. [cit. 11. 4. 2022]. Dostupné z: http://www.gfintegrity.org/storage/gfip/documents/reports/transcrime/gfi_transnational_crime_web.pdf
- Harington C. R. (1996). American lion. – *Beringian Research Notes*, 5, 1-4.
- Hayward M. W. a Kerley G. I. H. (2005). Prey preferences of the lion (*Panthera leo*). – *Journal of Zoology*, 267, 3, 309–322. DOI: 10.1017/S0952836905007508
- Hayward M. W., Jędrzejewski W. a Jędrzejewska B. (2012). Prey preferences of the tiger *Panthera tigris*. – *Journal of Zoology*, 286, 3, 221–231. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2011.00871.x
- Hemmer H. (1974). Untersuchungen zur Stammesgeschichte der Pantherkatzen (Pantherinae). Teil III. Zur Artsgeschichte des Löwen *Panthera (Panthera) leo* (Linnaeus 1758). – *Veröffentlichungen der Zoologischen Staatssammlung von München*, 17, 167–280.

- Hemmer H. (1987). The phylogeny of the tiger (*Panthera tigris*). – In: Tilson R. L. a Seal U. S. (Eds). Tigers of the World. The Biology, Biopolitics, Management, and Conservation of an Endangered Species. Noyes Publications.
- Herrington S. J. (1987). Subspecies and the conservation of *Panthera tigris*: preserving genetic heterogeneity. – In: Tilson R. L. a Seal U. S. (Eds). Tigers of the World. The Biology, Biopolitics, Management, and Conservation of an Endangered Species. Noyes Publications.
- Holliday J. A. a Steppan S. J. (2004). Evolution of hypercarnivory: the effect of specialization on morphological and taxonomic diversity. – *Paleobiology*, 30, 1, 108–128. DOI: 10.1666/0094-8373(2004)030<0108:EOHTEO>2.0.CO;2
- Hollister N. (1917). Some effects of environment and habit on captive lions. – *Proceedings of the United States National Museum*, 53, 2196, 177–193. DOI: 10.5479/si.00963801.53-2196.177
- Chandra A. M. S., Papendick R. E., Schumacher J., Homer B. L. a Wollenman P. (1999). Cerebellar herniation in captive lions (*Panthera leo*). – *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 11, 5, 458–465. DOI: 10.1177/104063879901100514
- Chen H. C., Geissmann T. a Chen P. C. (2004). A survey of the taxonomic status of captive gibbons in Taiwan. – *The Raffles Bulletin of Zoology*, 52, 1, 265–269.
- Christiansen P. (2008a). Distinguishing skulls of lions (*Panthera leo*) and tigers (*Panthera tigris*). – *Mammalian Biology*, 73, 6, 451–456. DOI: 10.1016/j.mambio.2007.08.001
- Christiansen P. (2008b). Evolution of skull and mandible shape in cats (Carnivora: Felidae). – *PLoS One*, 3, 7, e2807. DOI: 10.1371/journal.pone.0002807
- Christiansen P. (2008c). Evolutionary changes in craniomandibular shape in the great cats (*Neofelis* Griffith and *Panthera* Oken). – *Biological Journal of the Linnean Society*, 95, 4, 766–778. DOI:10.1111/j.1095-8312.2008.01080.x
- Christiansen P. (2008d). On the distinctiveness of the Cape lion (*Panthera leo melanochaita* Smith, 1842), and a possible new specimen from the Zoological Museum, Copenhagen. – *Mammalian biology*, 73, 1 58–65. DOI: 10.1016/j.mambio.2007.06.003
- Christiansen P. a Harris J. M. (2009). Craniomandibular Morphology and Phylogenetic Affinities of *Panthera atrox*: Implications for the Evolution and Paleobiology of the Lion Lineage. – *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29, 3, 934–945. DOI: 10.1671/039.029.0314

Christiansen P. a Wroe S. (2007). Bite forces and evolutionary adaptations to feeding ecology in carnivores. – *Ecology*, 88, 2, 347–358. DOI: 10.1890/0012-9658(2007)88[347:BFAEAT]2.0.CO;2

Kabitzsch J. F. (1960). Die Verwandtschaft vom Löwen und Tyger dargestellt in ihrem Gebiss unter Berücksichtigung der Gebisse von Jaguar und den zwei pleistoänen Großkatzen *Felis spelaea* und *Felis arox*. – *Mitteilungen für sächsische Säugetierfreunde*, 8, 103–140.

Kaiser C., Wernery U., Kinne J., Marker L. a Liesegang A. (2014). The Role of Copper and Vitamin A Deficiencies Leading to Neurological Signs in Captive Cheetahs (*Acinonyx jubatus*) and Lions (*Panthera leo*) in the United Arab Emirates. – *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1978–1990. DOI:10.4236/fns.2014.520209

Kays R. W. a Patterson B. D. (2002). Mane variation in African lions and its social correlates. – *Canadian Journal of Zoology*, 80, 3, 471–478. DOI: 10.1139/z02-024

Kitchener A. C. (1999): Tiger distribution, phenotypic variation and conservation issues. In: Seidensticker S., Christie J. a Jackson P. (Eds). *Riding the Tiger, Tiger Conservation in Human-dominated Landscapes*. Cambridge University Press.

Kitchener A. C. a Dugmore A. J. (2000). Biogeographical change in the tiger, *Panthera tigris*. – *Animal Conservation*, 3, 2, 113–124. DOI: 10.1111/j.1469-1795.2000.tb00236.x

Kitchener A. C. a Yamaguchi N. (2009). What is a tiger? – In: Tilson R. a Nyhus P. (Eds). *Tigers of the world* (2. vydání). William Andrew.

Kitchener A. C., Breitenmoser-Würsten Ch., Eizirik E., Gentry A., Werdelin L., Wilting A., Yamaguchi N., Abramov A. V., Christiansen P., Driscoll C., Duckworth J. W., Johnson W., Luo S.-J., Meijaard E., O'Donoghue P., Sanderson J., Seymour K., Bruford M., Groves C., Hoffmann M., Nowell K., Timmons Z. a Tobe S. (2017). A revised taxonomy of the Felidae. The final report of the Cat Classification Task Force of the IUCN/SSC Cat Specialist Group. – *Cat News Special Issue*, 11.

Kuntoš M. (2019): Případ tygřích jatek: U soudu stanuli jen dva ze tří obžalovaných. – In: *Ekolist.cz*. [online]. [cit. 8. 1. 2022]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/pripad-tygrich-jatek-u-soudu-stanuli-jen-dva-ze-tri-obzalovanych>

Levine J. M., Levine G. J., Hoffman A. G, Mez J. a Bratton G. R. (2007). Comparative Anatomy of the Horse, Ox, and Dog: The Vertebral Column and Peripheral Nerves. – Equine Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian, 2, 279, e292.

Luo S.-J., Kim J.-H., Johnson W. E., van der Walt J., Martenson J., Yuhki N., Miquelle D. G., Uphyrkina O., Goodrich J. M., Quigley H. B., Tilson R., Brady G., Martelli P., Subramaniam V., McDougal C., Hean S., Huang S.-Q., Pan W., Karanth U. K., Sunquist M., Smith J. L. D. a O'Brien S. J. (2004) Phylogeography and Genetic Ancestry of Tigers (*Panthera tigris*). – PLoS Biol, 2, 1, e442. DOI: 10.1371/journal.pbio.0020442

Masood U. (2018). Lion vs. Tiger. – In: LIGERWORLD. [online]. [cit. 27. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.ligerworld.com/lion-vs-tiger.html>

Mazák J. H. (2004). On the sexual dimorphism in the skull of the tiger (*Panthern tigris*). – Mammalian Biology, 69, 6, 392–400. DOI: 10.1078/1616-5047-00161

Mazák J. H. (2010a). Craniometric variation in the tiger (*Panthera tigris*): Implications for patterns of diversity, taxonomy and conservation. – Mammalian Biology, 75, 1, 45–68. DOI: 10.1016/j.mambio.2008.06.003

Mazák J. H. (2010b). Geographical variation and phylogenetics of modern lions based on craniometric data. – Journal of Zoology, 281, 3, 194–209. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2010.00694.x

Mazák J. H. a Groves C. P. (2006). A taxonomic revision of the tigers (*Panthera tigris*) of Southeast Asia. – Mammalian Biology, 71, 5, 268–287. DOI: 10.1016/j.mambio.2006.02.007

Mazák V. (1968). Nouvelle sous-espece de Tigre provenant de l'Asie du Sud-Est. – Mammalia, 32, 1, 104–112. DOI: 10.1515/mamm.1968.32.1.104

Mazák V. (1981). *Panthera tigris*. – Mammalian species, 152, 1–8.

McCain S., Souza M., Ramsay E., Schumacher J., Hecht S. a Thomas W. (2008). Diagnosis and surgical treatment of a Chiari I-like malformation in an African lion (*Panthera leo*). – Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 39, 3, 421–427. DOI: 10.1638/2007-0157.1

Merriam J. C. a Stock C. (1932). The Felidæ of Rancho La Brea. – Carnegie Institution of Washington.

- Meyer R. a Candrian U. (1996). PCR-based DNA Analysis for the Identification and Characterization of Food Components. – *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 29, 1–9.
- Meyer R., Höfelein C., Lüthy J. a Candrian U. (1995). Polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis: a simple method for species identification in food. – *Journal of AOAC International*, 78, 6, 1542–1551. DOI: 10.1093/jaoac/77.3.617
- Mills J. A. (1997). Rhinoceros horn and tiger bone trade in China: an investigation of trade since the 1993 ban. – TRAFFIC International.
- Mohamed R. (2019). Anatomical and Radiographic Study on the Skull and Mandible of the African Lion (*Panthera leo*). – *Journal of Morphological Sciences*, 36, 3, 174–181. DOI: 10.1055/s-0039-1691756
- Mossaz A., Buckley R. C. a Castley J. G. (2015). Ecotourism contributions to conservation of African big cats. – *Journal for Nature Conservation*, 28, 112–118. DOI: 10.1016/j.jnc.2015.09.009
- Naples V. L. a Rothschild B. M. (2012). Sex determination in lions (*Panthera leo*, Felidae): a novel method of distinguishing male and female skulls. – *Mammalia*, 76, 1, 99–103. DOI: 10.1515/mammalia-2012-0504
- Nařízení Rady (ES) č. 338/97 ze dne 9. prosince 1996 o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi. – In: Esipa.cz. [online]. [cit. 23. 2. 2022]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31997R0338>
- O'Sullivan B. M., Mayo F. D. a Hartley W. J. (1977). Neurologic lesions in young captive lions associated with vitamin A deficiency. – *Australian veterinary journal*, 53, 4, 187–189. DOI: 10.1111/j.1751-0813.1977.tb00168.x.
- Palmer N. (1993). Diseases of bone. – In: Jubb K. J. F., Kennedy P. C. a Palmer N. (Eds). *Pathology of domestic animals*, vol. 1 (4. vydání), 87–88. Academic Press.
- Pate R. K. (2014). Hybrid animals - An interesting update. *Blue Cross Book*, 30, 94–98.
- Patterson B. D., Neiburger E. J. a Kasiki S. M. (2003). Tooth Breakage and Dental Disease as Causes of Carnivore-Human Conflicts. – *Journal of Mammalogy*, 84, 1, 190–196. DOI: 10.1644/1545-1542(2003)084<0190:TBADDA>2.0.CO;2

Peterhans J. C. K. a Gnoske T.P. (2001). The Science of 'ManEating*' Among Lions *Panthera leo* With a Reconstruction of the Natural History of the 'Man-eaters of Tsavo'. – *Journal of East African Natural History*, 90, 1, 1–40.

Pocock R. I. (1929). Tigers. – *The journal of the Bombay Natural History Society*, 33, 3, 505–541.

Pocock R. I. (1930). The lions of Asia. – *The journal of the Bombay Natural History Society*, 34, 3, 638–665.

Pocock R. I. (1939). Mammalia. Vol. I: Primates and Carnivora, Families Felidæ and Viverridæ. – In: Sewell R. B. S. (Ed.). *The fauna of British India, including Ceylon and Burma*, 2. vydání. Taylor & Francis.

Puls R. (1994). Vitamin levels in animal health. *Sherpa International*.

Pusey A. E. a Packer C. (1987). The Evolution of Sex-Biased Dispersal in Lions. – *Behaviour* 101, 4, 275–310.

Rak Y. (1978). The functional significance of the squamosal suture in *Australopithecus boisei*. – *American journal of physical anthropology*, 49, 1, 71–78. DOI: 10.1002/ajpa.1330490111

Robert N. (2008). Neurologic Disorders in Cheetahs and Snow Leopards. In: Fowler M. E. A Miller R. E. (Eds). *Zoo and Wild Animal Medicine 6: Current Therapy*. Saunders Elsevier. DOI: 10.1016/B978-141604047-7.50035-X

Roy J., Singh A., Rohith M. M., Sharma L. K., Johnson A., Joshi H., Chinnadurai V., Chandra K. a Thakur M. (2022). Cranio-dental signature of three big cats of India: implications in wildlife forensics. – *Proceedings of the Zoological Society*, 75, 57–64. DOI: 10.1007/s12595-021-00390-6

Saber A. S. a Gummow B. (2014). Skull Morphometry of the Lion (*Panthera leo*), Dog (*Canis lupus familiaris*) and Cat (*Felis catus*). – *Journal of Veterinary Anatomy*, 8, 1, 13–30. DOI: 10.21608/jva.2015.44849

Sakamoto M. (2008). The difference between Lion and Tiger skulls. – [online]. [cit. 27. 3. 2022]. Dostupné z: <http://mambobob-raptorsnest.blogspot.com/2008/07/lion-and-tiger.html>

Saragusty J., Shavit-Meyrav A., Yamaguchi N., Nadler R., Bdolah-Abram T., Gibeon L., Hildebrandt T. B. a Shamir M. H. (2014). Comparative skull analysis suggests species-specific

captivity-related malformation in lions (*Panthera leo*). – PloS One, 9, 4, e94527.

DOI: 10.1371/journal.pone.0094527

Savriama Y., Valtonen M., Kammonen J. I., Rastas P., Smolander O.-P., Lyyski A., Häkkinen T. J., Corfe I. J., Gerber S., Salazar-Ciudad I., Paulin L., Holm L., Löytynoja A., Auvinen P.

a Jernvallet J. (2018). Bracketing phenogenotypic limits of mammalian hybridization. – Royal Society open science, 5, 180903. DOI: 10.1098/rsos.180903

Shamir M. H., Horowitz I. H., Yakobson B. a Ofri R. (1998). Arnold-Chiari malformation in a captive African lion cub. – Journal of wildlife diseases, 34, 3, 661–666. DOI: 10.7589/0090-3558-34.3.661

Shamir M. H., Shilo Y., Fridman A., Chai O., Reifen R. a Miara L. (2008). Sub-occipital Craniectomy in a Lion (*Panthera leo*) with occipital bone malformation and hypovitaminosis A. – Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 39, 3, 455–459. DOI: 10.1638/2006-0064.1

Shankaranarayanan P., Banerjee M., Kacker R. K., Aggarwal R. K. a Singh L. (1997). Genetic variation in Asiatic lions and Indian tigers. – Electrophoresis, 18, 9, 1693–1700.

DOI: 10.1002/elps.1150180938

Schaller G. B. (1972). The Serengeti Lion: A Study of Predator-Prey Relations. – University of Chicago Press.

Smithers R. H. N. (1983). The Mammals of the Souther African Subregion. – University of Pretoria.

Smuts G. L., Anderson J. L. a Austin J. C. (1978). Age determination of the African lion (*Panthera leo*). – Journal of Zoology, 185, 1, 115–146. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1978.tb03317.x

Solé F. a Ladevèze S. (2017). Evolution of the hypercarnivorous dentition in mammals (Metatheria, Eutheria) and its bearing on the development of tribosphenic molars. – Evolution & Development, 19, 2, 56–68. DOI: 10.1111/ede.12219

Stidworthy M. F., Lewis J. C. M., Penderis J. a Palmer A. C. (2008). Progressive Encephalo Myelopathy and Cerebellar Degeneration in a Captive-Bred Snow Leopard (*Uncia uncia*). – Veterinary Record, 162, 16, 522–524. DOI: 10.1136/vr.162.16.522

Summers B. A., Cummings J. F. a Lahunta A. (1995). Degenerative diseases of the central nervous system. – In: Summers B. A., Cummings J. F. a de Lahunta A. (Eds). *Veterinary neuropathology*, 208–350. Mosby Year Book Inc.

Sunquist M. a Sunquist F. (2002). *Wild Cats of the World*. – University of Chicago Press.

Tiwari Y., Taluja J. S. a Vaish R. (2011). Biometry of Mandible in Tiger (*Panthera tigris*). – *Annual Research & Review in Biology*, 1, 1, 14–21.

Uphyrkina O. a O'Brien S. J. (2003). Applying molecular genetic tools to the conservation and action plan for the critically endangered Far Eastern leopard (*Panthera pardus orientalis*). – *Comptes Rendus Biologies*, 326, Suppl 1, 93–97. DOI: 10.1016/s1631-0691(03)00044-1

Van Valkenburg B. (1989). Carnivore dental adaptations and diet: a study of trophic diversity within guilds. – In: Gittleman J. L. (Ed.). *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*, 410–436. Springer Science & Business Media Dordrecht.

Van Valkenburgh B. (1988). Trophic diversity in past and present guilds of large predatory mammals. – *Paleobiology*, 14, 2, 155–173.

Van Valkenburgh B. a Ruff C. B. (1987). Canine tooth strength and killing behaviour in large carnivores. – *Journal of Zoology*, 212, 3, 379–397. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1987.tb02910.x

Williams V. L., Coals P. G., de Bruyn M., Naude V. N., Dalton D. L. a Kotzé A. (2021). Monitoring compliance of CITES lion bone exports from South Africa. – *Plos One*, 16, 4, e0249306. DOI: 10.1371/journal.pone.0249306

Williams V. L., Loveridge A. J., Newton D. J. a Macdonald D. W. (2015). ‘Skullduggery’: Lions Align and Their Mandibles Rock!. – *PloS One*, 10, 11, e0135144. DOI: 10.1371/journal.pone.0135144

Williams V. L., Loveridge A. J., Newton D. J. a Macdonald D. W. (2017). A roaring trade? The legal trade in *Panthera leo* bones from Africa to East-Southeast Asia. – *PloS One*, 12, 10, e0185996, DOI: 10.1371/journal.pone.0185996

Wolf C., Rentsch J. a Hübner P. (1999). PCR–RFLP analysis of mitochondrial DNA: a reliable method for species identification. – *Journal of agricultural and food chemistry*, 47, 4, 1350–1355. DOI: 10.1021/jf9808426

Wong R. a Krishnasamy K. (2019). Skin and Bones Unresolved: An Analysis of Tiger Seizures from 2000–2018. TRAFFIC, Southeast Asia Regional Office.

DOI:10.13140/RG.2.2.17792.99840

Wroe S. M. a Milne N. (2007). Convergence and remarkably consistent constraint in the evolution of carnivore skull shape. – *Evolution*, 61, 5, 1251–1260. DOI: 10.1111/j.1558-5646.2007.00101.x

WWF (2022). Tiger: Facts. – In: Worldwildlife.org. [online]. [cit. 16. 2. 2022]. Dostupné z: <https://www.worldwildlife.org/species/tiger>

Yamaguchi N., Kitchener A. C., Gilissen E. a Macdonald D. W. (2009). Brain size of the lion (*Panthera leo*) and the tiger (*P. tigris*): implications for intrageneric phylogeny, intraspecific differences and the effects of captivity. – *Biological Journal of the Linnean Society*, 98, 1, 85–93. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2009.01249.x

Zákon č. 100/2004 Sb. Zákon o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi a dalších opatřeních k ochraně těchto druhů a o změně některých zákonů (zákon o obchodování s ohroženými druhy), verze 12. – In: [Zakonyprolidi.cz](https://www.zakonyprolidi.cz). [online]. [cit. 8. 2. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-100>

Zákon č. 40/2009 Sb. trestní zákoník, verze 36. – In: [Zakonyprolidi.cz](https://www.zakonyprolidi.cz). [online]. [cit. 8. 2. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-40>

Zuccarelli M. D. (2004). Comparative morphometric analysis of captive vs. wild African lion (*Panthera leo*) skulls. – *Bios*, 75, 4, 131–138. DOI: 10.1893/0005-3155(2004)075<0131:CMAOCV>2.0.CO;2