

**Posudek oponenta k disertační práci**  
***“What happens to ear morphology on the way underground?***  
***A case study on the family Spalacidae.”***  
**autorky Mgr. Lucie Pleštilové**

**Obecná charakteristika práce:**

Předložená disertační práce pro získání hodnosti Ph.D. se zabývá morfologií sluchové periferie u vybraných zástupců čeledi slepcovitých (spalacidae), zejména studuje adaptaci vnějšího, středního a vnitřního ucha na život pod zemí. Práce je zpracována formou souboru článků s doprovodným komentářem, má celkem 142 stran. Dva ze tří uvedených článků již byly publikovány, jeden je ve formě rukopisu. Text je psán v angličtině a to na vysoké jazykové úrovni s pouze drobnými chybami. Dle mého názoru splňuje požadavky kladené na disertační práci:

- přináší nové vědecké poznatky, které jsou publikovány v odpovídajících mezinárodních časopisech,
- výzkum již má jistý ohlas ve vědecké komunitě, neb článek z r. 2016 byl 3x citován (WoS),
- výzkum pracuje s aktuálními tématy, což dokazují obsáhlé rešerše související současné literatury.

**Shrnutí obsahu práce:**

Práce rozlišuje striktně a částečně podzemní (fosoriální) druhy živočichů. Podzemní způsob života je u mnoha živočichů doprovázen schopností vnímat zvuky o poměrně nízkých frekvencích (již od řádově desítek Hz), zdviženým sluchovým prahem a redukováným prostorovým slyšením. Předložená disertační práce ukazuje, jak tyto funkční charakteristiky korelují s morfologií sluchové periferie. Jako typické vlastnosti sluchové periferie podzemních živočichů jsou např. uváděny absence boltce, odlišná struktura středoušního mechanismu, nebo kochlea s více závitů, delší basilární membránou a hustšími vnitřními vláskovými buňkami v apexu. Srovnáním morfologie ucha u striktně podzemních a fosoriálních živočichů se autorka snaží odhalit korespondenci mezi mírou adaptace ucha a zastoupením podzemního života.

V prvním článku autorka podává morfologickou analýzu sluchové periferie hlodouna čínského (*Rhizomys sinensis*), počínaje rozměry a strukturou vnějšího a středního ucha, konče parametry kochley vč. rozměrů basilární membrány (BM) a hustoty vláskových buněk. Srovnáním se známými parametry jiných druhů dospívá k závěru, že míra specializace sluchové periferie leží na pomezí podzemních a nadzemních živočichů a tedy indikuje smíšený způsob života tohoto hlodavce.

V druhém článku je studováno vnitřní ucho cokora *Eospalax cansus*. V průběhu šířky BM je detekováno plato konstantní šíře a zejména je nalezena unikátní čtvrtá řada vnějších vláskových buněk v části BM. Nejvyšší hustota vnitřních vláskových buněk je u apexu.

Ve třetím, dosud nepublikovaném článku jsou z hlediska morfologie ucha srovnávány dva druhy rodu *Tachyoryctes* s odlišnou mírou nadzemní aktivity. Výsledky potvrzují předchozí předpoklady, že (alespoň u hlodavců) morfologie sluchové periferie koreluje s rozložením jejich nadzemní a podzemní aktivity.



### Komentáře a připomínky:

1. Úplně bych nesouhlasil s tvrzením, že absence boltce spolu s omezeným vjemem vysokých frekvencí jsou příčinou zhoršené lokalizace zvuku. V horizontální rovině je lokalizace založena na binaurálních disparitách, které jsou detekovatelné i bez boltců; vjem interaurálního rozdílu intenzity funguje poměrně spolehlivě už od cca 1 kHz, tudíž vysokofrevenční slyšení omezené hranicí cca 10 kHz by nemělo být samo o sobě překážkou.
2. Bylo by zajímavé (i z výše uvedeného důvodu) zjistit též případné adaptace *centrálního* sluchového systému u podzemních hlodavců. Je o takových adaptacích něco známo, a to jak z hlediska anatomie/fyziologie tak funkčně?
3. Sluchové schopnosti není dostatečné popisovat pouze prahem (jak je bohužel zvykem i v běžné audiologii), daleko podstatnější může být ve skutečnosti nadprahová oblast. Z tohoto hlediska jsou adaptace podzemních živočichů velmi zajímavé, mj. proto, že jejich interpretace jsou na první pohled někdy protichůdné. Za prvé, předpokládané snížení účinnosti středoušního mechanismu vede zřejmě skutečně ke zdviženému prahu, ale znamená to pravděpodobně i to, že je o stejnou hodnotu posunuta také *horní hranice* dynamického rozsahu sluchu (tj. práh bolesti). To by mohlo naznačovat, že se tento prvek vyvinul ne proto, aby eliminoval zbytečnou citlivost k tichým podnětům, ale proto, aby umožnil vjem extrémně silných podnětů bez poškození vnitřního ucha. Za druhé, nalezená čtvrtá řada OHC u cokora na první pohled směřuje proti zvýšenému sluch. prahu, neb OHC fungují hlavně jako zesilovač kmitů BM. Význam OHC zde tedy musí být jiný než zesilovací - v úvahu připadá zúžení kochleárních filtrů (a tedy zvýšení frekvenční selektivity), zajištění optimální fázové charakteristiky u nadprahových stimulů (vliv na šíření postupné vlny po BM), nebo zvýraznění nelinearity kmitů BM (např. kvůli přeložení nízkých frekvencí ležících mimo frekvenční rozsah kochley do slyšitelné oblasti za pomoci distorzních produktů). Za třetí, vysoká hustota IHC rovněž nesouvisí primárně s prahem, ale mohla by souviset s přesným kódováním intenzity nadprahového zvuku (což je zejména u nízkých kmitočtů problém) či přesným kódováním časových parametrů podnětu díky většímu rozsahu sumární neuronové aktivity.
4. Drobná připomínka - uvádějí-li se jednotky dB, měla by být nějakým standardním způsobem specifikována reference decibelu, např. dB SPL, dBu, dBV apod.
5. Ve třetím uváděném článku je užito porovnání středních hodnot dvou výběrů pomocí t-testu, což vzhledem k velmi malému rozsahu výběrů (8 hodnot) nepovažuji za vhodné.

### Otázky a náměty k diskusi:

1. V práci se zmiňuje "jaw-listening" jako detekce seismických komunikačních signálů jejich kostním přenosem do vnitřního ucha. Vzhledem k pravděpodobně velmi nízkým frekvencím takových signálů, je do jejich vyhodnocení zapojena kochlea (jako sluchový orgán) nebo spíše vestibulární ústrojí (detekce pohybu/vibrací)?
2. Jsou známy vokalizace druhů studovaných v této práci? Pokud ano, jaké mají akustické a spektrální charakteristiky?



3. Na několika místech textu je zmiňována vysoká hladina hluku pozadí v podzemních systémech. Jaká je hladina tohoto hluku, jaké je jeho spektrální složení a čím vzniká?
4. Existují nějaké např. matematické nebo FEM modely prokazující souvislost typu středního ucha (microtype, freely mobile) a frekvenčně-intenzitního přenosu?
5. Jaký je typ středního ucha u cokora? Jaký je závěr ohledně přizpůsobení cokora na podzemní prostředí?

**Závěr:**

Tato práce a rovněž souhrn autorčiných dalších vědeckých počinů ukazují, že autorka je plně schopna samostatné vědecké práce. Práce přináší originální nové výsledky prezentované na odpovídající úrovni. Proto práci doporučuji k obhajobě.

V Borovsku, 20 12/3 21



doc. Ing. Zbyněk Bureš, Ph.D.



## Oponentský posudek na dizertační práci Mgr. Lucie Pleštilové – What happens to ear morphology on the way underground? A case study on the family Spalacidae

Předložená práce Lucie Pleštilové jak po stránce obsahové, tak po stránce formální plně splňuje požadavky kladené na dizertační práci. Je založena na dvou studiích publikovaných v kvalitních oborových časopisech (kumulativní impakt faktor publikovaných studií činí 3,215) a jednom nepublikovaném rukopise. Ve všech případech je Lucie Pleštilová prvním autorem. Tyto studie jsou jádrem předložené dizertace a tvoří metodicky i tematicky jednotný celek. Autorka se v nich zabývá stavbou vnějšího, středního a vnitřního ucha u čtyř druhů hlodavců z čeledi Spalacidae. První studie analyzuje stavbu málo známého hlodouna čínského *Rhizomys sinensis*. Hlavním zjištěním je, že stavba ucha u tohoto hlodavce kombinuje znaky typické pro podzemní i epigeické hlodavce; autoři studie proto v závěru konstatují, že hlodoun čínský bude s největší pravděpodobností fosoriální. V další studii se autorka věnuje stavbě sluchového aparátu cokora druhu *Eospalax cansus*. Nachází sadu funkčních charakteristik typických pro podzemní hlodavce včetně akustické fovey; nečekané však je, že se anatomická i fyziologická data shodují na maximální citlivosti k tónům o frekvenci ~ 12 kHz, tedy podstatně vyšším než u ostatních podzemních hlodavců (0,5–4 kHz). Velmi zajímavým zjištěním je též přítomnost čtvrté řady vnějších vláskových buněk, tento znak doposud nebyl u jiných savců pozorován. Poslední studie srovnává stavbu sluchového aparátu u dvou druhů hlodounů rodu *Tachyoryctes* – hlodouna východoafrického *T. splendens* a hlodouna velkého *T. macrocephalus*. Oba druhy se liší mírou své aktivity nad zemí. Prvně jmenovaný druh opouští systémy svých nor jen výjimečně, kdežto druhý jmenovaný se běžně krmí nad zemí v okolí vchodu do nor. Řada znaků sluchového aparátu je ve shodě s odlišnou mírou specializace na podzemní prostředí. Z přiloženého CV vyplývá, že Lucie Pleštilová je autorkou či spoluautorkou dalších tří publikovaných studií, které však (pravděpodobně z důvodu tematické nejednotnosti) nebyly do dizertace zařazeny.

Dizertační práci Lucie Pleštilové bylo radost číst. Jak úvod, tak jednotlivé studie jsou čtivé, přinášejí řadu originálních poznatků, a ani po formální stránce jim nemám co vytknout. Autorka evidentně dobře zvládla náročné preparace středního ucha a Cortiho orgánu, analýzu dat, sepsání a publikaci výsledků. Na práci oceňuji, že je v intencích klasické srovnávací studie vedena snahou získat nové poznatky o biologii studovaných druhů a odolává pokušení

interpretovat data přespříliš obecně. Takováto disciplinovanost a kritičnost k vlastním datům je pohříchu čím dál vzácnější.

Rolí oponenta není jen chválit, ale též předložený spis konstruktivně zkritizovat. V případě této dizertační práce však musím konstatovat, že jsem nenašel nic, co bych měl potřebu kritizovat.

**Na autorku práce mám následující otázky:**

1) V úvodu práce zmiňujete, že vnitřní vláskové buňky jsou téměř výhradně aferentně inervovány, a mají tedy senzorickou funkci, zatímco jsou eferentně inervovány a zesilují aktivně vibrace bazilární membrány. Další informace o roli vnějších vláskových buněk v úvodu neposkytujete. Můžete prosím shrnout, jaká je současná představa o mechanismu fungování vnějších vláskových buněk?


2) V úvodu rovněž uvádíte, že člověk je specializován na percepci hlubokých tónů. Toto konstatování mě překvapilo. Můžete jej rozvést a srovnat sluch člověka s tímtež u jiných velkých savců?

3) Jak je fylogeneticky rozšířený „microtype“ převodního aparátu středního ucha s kladívkem fixovaným k bubínkové kosti, a jak volně pohyblivý typ středoušních kůstek? Jak závisí oba typy na velikosti těla a vnímaných frekvencích zvuku? Jakým způsobem je vyřešeno vnímání vysokých tónů u velkých savců?

4) Do jaké míry závisí délka a šířka bazilární membrány na frekvenci vnímaných tónů, a do jaké míry na velikosti těla?

**Závěr:** Dizertační práce Lucie Pleštilové je velmi kvalitním dílem, přináší řadu prioritních zjištění a přispívá k poznání biologie čtyř málo prostudovaných druhů hlodavců z čeledi Spalacidae. Práci vřele doporučuji jako podklad pro udělení titulu *philosophiae doctor*.

V Praze dne 3. 4. 2021



Pavel Němec, Ph.D.