

Purkyně a binaurální slyšení: zrození psychoakustiky v Živě

Z korespondence, akademických přednášek a vědeckých článků Jana Evangelisty Purkyně z období kolem poloviny 19. století vyvstává kuriózní akustický instrument – opistofon. Nástroj byl v několika modifikacích použit při četných Purkyňových experimentech, které měly zjistit, jak různé materiální podmínky ovlivňují způsob vnímání zvuku. V následujícím textu si představíme málo známé, avšak originální a teoreticky významné Purkyňovy pokusy se sluchem na pozadí výzkumu prostorového slyšení v 19. století. Ukážeme si také, že Purkyně byl prvním badatelem, který při práci s chovanci Pražského ústavu pro hluchoněmé experimentálně popsal nitrolební zvuky. Tento příspěvek tak v dalších souvislostech naváže na článek Purkyně a fyzika, publikovaný v loňském ročníku (Živa 2023, 4: CXIII–CXVII).

Termín psychofyzika zavedl v r. 1860 německý fyzik a filozof Gustav Theodor Fechner (1801–1887). Psychofyzikální, resp. psychoakustické zkoumání sluchu mělo definovat kvantifikovatelný vztah mezi vnějšími akustickými podněty a subjektivním slyšením. Sám Purkyně termín psychofyzika ještě nepoužíval a své experimenty se sluchem popisoval jako fyziologickou akustiku. Zabýval se v nich však jak fyziologickými, tak psychologickými aspekty sluchu, přičemž toto zaměření bylo nejpatrnější v jeho práci o sluchové pozornosti a smyslovém tréninku.

Přestože představa zvuku jako vibrace sahá až do antiky, teprve v 19. a na počátku 20. století začal být zvuk plně chápán jako prostorový jev. Vztah mezi sluchem a vnímáním prostoru zůstával dlouho nejasný a schopnost ucha poskytovat validní informace o akustickém prostředí byla zpochybňována ještě na počátku 20. století. Důležitým krokem v moderním formulování přesného vztahu mezi zvukem a prostorem byly pokusy o jeho vizualizaci, které koncem 80. let 18. století proslavil německý fyzik Ernst Chladni (1756–1827). Jeho experimenty s tenkou vrstvou písku na skleněných nebo kovových deskách různých tvarů ukázaly, že různé akustické frekvence vytvářejí na jejich povrchu specifické obrazce (Klangfiguren), a demonstroval tak, že zvuk sám o sobě může vytvářet objektivní vizuální záznam, který je přímým odrazem jeho fyzikálních vlastností. Purkyně se na počátku své kariéry o Chladniho pokusy zajímal a jeho práci účinně zdokonalil.

S Chladním se setkal v Praze r. 1821, poslední léta života prožil Chladni také ve Vratislavi, kde od r. 1823 Purkyně působil. Chladniho pokusy nejprve modifikoval tak, že zvukové obrazce sledoval na desce pokryté kapalinou. Zvlněním povrchu kapaliny vznikají obrazce, které však při doznění zvuku zmizí. Purkyně prchavý jev na kapalině zachoval tím, že do tekutiny

nasypal barevný prášek, jenž vytvořil na dně kapaliny zvukové obrazce. Po šetrném vyschnutí obrazce z usazeného prášku fixoval kopolovým lakem. Obrazce na skleněných deskách zaslal Johannu Wolfgangu Goethovi, který se o tyto jevy zajímal, v únoru 1823, a jsou zachovány v Goethově muzeu ve Výmaru.

Na základě svých raných experimentů dospěl Purkyně k závěru, že zvukové a vizuální jevy mají stejné objektivní základy, jež jsou uchopitelné prostřednictvím fenoménů vibrace a oscilace. Ačkoli o akustiku a prostorové figurace zvuku se zajímal již na počátku kariéry, lidský sluch byl tématem, které systematicky zkoumal až v pozdějším období života, a to v rámci svého projektu experimentální fyziologie.

Historici vědy někdy hovoří o „obratu ke zvuku“ (sonic turn) v druhé polovině 19. století, který se vyznačoval vznikem stále většího počtu oborů zabývajících se fenomény zvuku a sluchu ve Francii a v německy mluvících zemích. V historiografii hrají významnou roli pražské psychofyzikální experimenty Ernsta Macha (1838–1916), při nichž se sluch stal nástrojem i předmětem vědeckého poznání. E. Mach se s Purkyněm znal, v Praze působil jako profesor fyziky v letech 1867–95. Je zachován dopis z 14. června 1867, v němž Mach žádá Purkyněho o zapůjčení modelu Cortiho orgánu pro demonstraci na přednášce (Jedlička 1920).

Purkyňovy originální experimenty však až donedávna zůstávaly zahraničním badatelům zcela neznámé, částečně snad proto, že jejich popisy byly publikovány převážně v češtině v tehdy vzniklé Živě. Purkyňův výzkum parametrů prostorového slyšení a subjektivního sluchového prožitku však experimentálně i teoreticky předznamenal velkou část prací publikovaných na toto téma v pozdějších desetiletích 19. století, a to jak v českém, tak mezinárodním prostředí.

Opistofon a binaurální slyšení

Purkyně o svých fyziologicko-akustických pokusech stručně referoval na zasedáních Královské české společnosti nauk. O opistofonu jim přednášel r. 1858 a pak znovu r. 1860. Přístroj demonstroval i na sjezdu německých přírodovědců a lékařů v Karlových Varech 23. září 1862. V centru jeho zájmu ležela sluchová pozornost a prostorové slyšení a účelem pokusů bylo zkoumat vnímání zvuků řeči v situaci, kdy do každého ucha zněla současně různá slova.

Purkyně a jeho asistenti protáhli dvě dlouhé gumové trubice (Doppelhörrohre) dvěma otvory vyvrtanými ve dveřích. Dva lidé pak na jedné straně mluvili simultánně do trychtýřů na jejich konci, zatímco ve druhé místnosti byly konce pevně připojeny k vnějším zvukovodům uší. Purkyně pozoroval, že hlasy se navzájem neprolínají a že oba zvuky nemohou být vnímány současně, ale pozornost přeskakuje střídavě z jednoho podnětu na druhý. V těchto počátečních pokusech byla pozornost ještě definována fyziologicky – i když člověk vyvinul značné mentální úsilí, bylo velmi obtížné, ne-li nemožné, soustředit se na oba zvuky zároveň. Purkyně si všiml ještě jednoho významného jevu. Když zvuky přicházely k oběma uším současně, nebyly slyšet vpředu, kde se nacházel zdroj zvuku, ale v zadní části hlavy, v blízkosti krku. Pouze když přicházely odděleně, byly slyšet výhradně v jednom nebo druhém uchu. Právě tento jev se rozhodl dál zkoumat. Podrobný popis těchto pokusů najdeme následujícího roku v Živě (1859, 4: 261–267), kde jsou uvedeny nejrůznější modifikace, které měly odhalit faktory, jež objektivně ovlivňovaly sluchové prožitky, jako byla délka trubice, měnící se hlasitost řeči a jiné.

Na rozdíl od většiny badatelů zkoumajících tehdy vnímání zvuku nepracoval Purkyně s ladičkami ani s jinými existujícími akustickými instrumenty, ale pomocí lepenky, skla, gumy, kovových drátů a dřeva si sám navrhoval vlastní nástroje, které vyhovovaly jeho specifickým experimentálním potřebám. Historie binaurálního slyšení v 19. století bývá zpravidla spojována s vynálezy přístrojů, jako byl homofon německého fyzika Antona Steinhausera nebo pseudofon zkonstruovaný v r. 1879 anglickým fyzikem a inženýrem Silvanem Phillipsem Thompsonem (1851–1916). Purkyňův opistofon, sestavený již ve 40. letech, v historiografii obvykle chybí. Jak Steinhauserovy experimenty, tak Thompsonovy pokusy o formulaci komplexní teorie poslechu byly však založeny na experimentálním principu a myšlenkách velmi podobných těm, které formuloval J. E. Purkyně o více než dvě desetiletí dříve, a potvrdily tak Purkyňovo pozorování, že obě uši spolupracují při vnímání zvuku v prostoru komplexním způsobem.

„Gymnastika sluchu“

V r. 1860 Purkyně popisuje experiment (Opera omnia III, str. 103), během něhož se pokusil soustředit na hlasy dvou osob, které do opistofonu současně pronášely věty v češtině a němčině se stejným počtem slabik a podobným hlasem a intonací. Nejprve nebyl podle vlastních slov schopen věty rozlišit, po několika opakováních však dokázal věnovat pozornost buď levému,

nebo pravému uchu a jasně odlišit německou a českou větu. Aby zjistil více, navrhl a zkonstruoval sofistikovanější modifikaci instrumentu.

„Vzal jsem dlouhou válcovitou krabici z lepenky, do které jsem rovnoměrně udělal deset otvorů, do kterých jsem vložil stejný počet krátkých skleněných trubiček. Do každé skleněné trubice byla vložena gumová trubička (Kautschukröhre) s nálevkou (Trichter) na volném konci. Do jednoho konce krabice pak byly vloženy dvě malé trubičky, které byly komunikačními trubicemi spojeny s mými dvěma zvukovody. Do deseti trychtýřů jsem nechal promluvit právě tolik hlasů najednou a naslouchal tomuto Babylonu. Chce to docela silný mozek, aby se člověk nezbláznil... brzy jsem to vzdal. Přes sebevětší pozornost jsem nebyl schopen najít v té změti hlasů, které se hlasitě ozývaly v mé hlavě, žádný smysl... nazval bych tento nástroj Dionýsovým uchem a doporučil bych ho nanejvýš jako prostředek k potrestání.“

Purkyně se však domníval, že se posluchač nakonec naučí slovům rozumět, pokud se experiment rozdělí do postupných fází a poskytne se mu určitý čas, aby si osvojil potřebné poslechové dovednosti. Kolem r. 1860 se tak myšlenka smyslového tréninku, který nazval „gymnastika sluchu“ (Gymnastik des Gehörs), stala výrazným rysem Purkyňova výzkumu a jako taková představuje zajímavou spojnicí s pozdějšími pracemi E. Macha o akomodacím mechanismu slyšení z 60. let 19. století. Podobně jako Mach dospěl i Purkyně k názoru, že sluchová pozornost není dána pouze fyziologicky, ale že ji lze trénovat a kultivovat. Chápání sluchového vnímání jako kombinaci psychického úsilí a materiálních a fyziologických podmínek podtrhují psychoakustickou povahu Purkyňových experimentů.

Jak slyší neslyšící

V listopadu 1859 obdržel J. E. Purkyně dopis od J. F. Halena z německého Herzogtum Holsteinu s dotazem na přístroj, který Purkyně údajně vynalezl při pokusech v Pražském ústavu pro hluchoněmé a který neslyšícím navravel sluch. Pisatel si chtěl sluchadlo ihned zakoupit a dozvědět se více o jeho velikosti a účinnosti i o způsobu konstrukce. Podobné dopisy následovaly krátce poté: v únoru 1860 vyjádřil hluchý lékárník Theodor Hamburger z ruského Taganrogu své nadšení, když se z místních novin dozvěděl, že Purkyňův přístroj navrácí sluch těm, kteří se narodili zcela hluchí (völlig taube) a žádal návod k sestrojení (Jedlička 1920). Zpráva o tom, že český profesor v Praze vynalezl pozoruhodný instrument, se rozšířila po celé Evropě a noviny rychle přetiskly informaci, že ze 13 neslyšících za pomoci Purkyňova sluchadla začalo 11 opět slyšet. František X. Halas v Soupisu korespondence J. E. Purkyně (1987) uvádí 26 zachovalých dopisů s žádostmi o přístroj. Protože záplavě žádostí nestačil Purkyně odpovídat, nechal si vytisknout „vysvětlení“ v němčině, které pak žadatelům rozesílal.

Zázračný instrument ve skutečnosti nebylo sluchadlo, ale opistofon, nástroj určený k výzkumu sluchu, jehož hodnota spočívala primárně ve formulování teoretického poznání. Na stránkách Živy (1859, 4: 261–267) popsal Purkyně pokusy, ve kte-



1 Opistofon připomínal diferenční stetoskop Somervilla Scotta Allisona z r. 1858 (na snímku), jeho zvukové trubice však byly několik metrů dlouhé. Foto Sir T. L. Brunton, Science Museum

rých nechal chovance Pražského ústavu pro hluchoněmé poslouchat zvuky řeči skrze zvukové trubice – v některých případech zřejmě instrument skutečně fungoval jako obří naslouchátko, které chlapcům, jejichž ztráta sluchu nebyla úplná, umožnil zvuk lidské řeči zaslechnout. V těchto případech si Purkyně kladl otázku: Jak je možné, že někteří z chovanců dokázali po několika opakováních rozumět mluvené řeči, tedy spojit si slyšené zvuky s jazykem?

Jak může hluchoněmý (taubstumme), ale slabě slyšící (schwach Hörende) člověk rozumět mluvené řeči? Odpověď, ke které Purkyně dospěl, byla jednoduchá: tím, že slyší svůj vlastní hlas. Na základě četných experimentů dospěl k závěru, že lidé neslyší vlastní hlas primárně zvenčí, jak přichází z okolního prostředí, a dokonce ani výhradně přes ušní bubínky, v nichž se také silně ozývá, ale především prostřednictvím pevných částí těla – čelistí, lebky a hrdla.

Jak napsal v Živě v r. 1859, zvuky přenášené lebkou mají subjektivní povahu, protože jsou určeny objemem lebky a tělesnou konstitucí naslouchajícího jedince. Tento princip, který Purkyně nazval organická subjektivita, mu umožnil uvažovat o vnějších akustických vjemech (objektivních podnětech) i o jejich vnímání uchem v jednom fyziologickém rámci, a nabídl tak jemnější nuanci studiu smyslového vnímání.

V souladu s orální metodou výuky neslyšících v 19. století se děti s poruchami sluchu učily při osvojení jazyka hlasitě artikulovat. Mluvenou řeč si spojovaly s tím, co slyšely uvnitř, když se samy pokoušely věty vyslovit. Nemělo by tedy být překvapením, uzavírá Purkyně, že do jisté míry rozuměly řeči, když ji později slyšely skrze zvukové trubice. To, co se musely naučit, bylo spojit oba jazyky do jednoho a porovnávat zvuky řeči slyšené prostřednictvím opistofonu se svým vlastním jazykem. Nitrolební slyšení bylo předmětem zkoumání již při prvních pokusech s trubicemi opistofonu, při nichž Purkyně pozoroval, že zvuky jsou subjektivně vnímány v různých částech hlavy.

Purkyňovo zkoumání intrakraniálních zvuků bylo průkopnickým pokusem. Povahu subjektivních sluchových vjemů, označovaných také jako „akustické obrazy“, později studovali zmíněný S. P. Thompson a rakouský otolog Viktor Urbantschitsch (1847–1921). Otázka, zda jsou popsány vjemy psychologického, fyzikálního nebo fyziologického původu, předznamenala psychoakustické debaty v následujících desetiletích. Purkyňova koncepce organické subjektivity v tomto ohledu nabídla konceptuální rámec, v němž bylo možné uvedené aspekty sluchu plodně zkoumat dohromady.

Shrnutí

Experimentováním s různými konstrukcemi opistofonu se Purkyně snažil prozkoumat parametry prostorového slyšení a povahu subjektivního sluchového prožitku. Různé materiální podmínky, nástroje a uspořádání pokusů odrážejí jak empirickou, tak teoretickou radikalitu Purkyňova projektu experimentální fyziologie. Ačkoli jeho práce o sluchu byly dlouho opomíjeny, zapadají do širšího rámce vývoje psychoakustiky a představují originální raný pokus o přesné určení vztahu mezi objektivními a subjektivními aspekty vnímání.

Významným posunem, který lze v Purkyňově práci pozorovat, je posun od fyziologického k psychofyzickému chápání pozornosti. Pojem „gymnastika sluchu“ svědčí o vývoji jeho teoretického chápání sluchu, které se projevilo i v práci s chovanci Pražského ústavu pro hluchoněmé na konci 50. let 19. století. Studie intrakraniálního slyšení a kostního vedení u neslyšících a nedoslýchavých představují vrchol jeho prací o lidském sluchu. Z hlediska výzkumných otázek i výsledků a materiálních podmínek pokusů předznamenaly mnohé z jeho experimentů pozdější výzkum na poli psychoakustiky, včetně prací E. Macha, A. Steinhausera a S. P. Thompsna. Purkyňovo teoretické chápání sluchu bylo nejlépe vyjádřeno v pojmu organické subjektivity, který vytvořil konceptuální prostor pro výzkum interakcí mezi fyzikálními, fyziologickými a psychologickými aspekty sluchu.

Přestože Purkyňova práce o subjektivním vidění se v první polovině 19. století stala standardní četbou pro ty, kteří se zabývali smyslovým vnímáním, jeho pokusy týkající se sluchu nikdy nezískaly stejný význam. Opomíjení, jak historické, tak historiografické, může částečně pramenit ze skutečnosti, že Purkyně se tímto tématem zabýval později a nenapsal plnohodnotnou studii v němčině, nejdrobněji vše popsal česky v Živě (1858, 1859). Lze spekulovat, že kdyby měl více času na další experimenty, shromáždil by dostatek materiálu pro vydání německé monografie, jak zamýšlel na počátku kariéry. Zdá se, že získání věhlasu v německy mluvícím akademickém prostředí již nebylo v posledních dvou desetiletích jeho života prioritou. Systematické pěstování české vědecké kultury – prací českých učenců psaných česky a přístupných širšímu okruhu čtenářů – se stalo po jeho návratu do Prahy v r. 1850 osobním posláním a v tomto světle bychom zřejmě měli interpretovat motivaci k publikování originálního výzkumu právě v Živě.

Použitá literatura uvedena na webu Živy.