

Bányai Klaudia – Olasz Orsolya

Bioelektronika

avagy interdiszciplináris tudományok és alkalmazásaik a mindennapokban

Szakmailag ellenőrizte: Farkasvölgyi Andrea

Absztrakt

Jelen tanulmányban egy rövid kitekintést követően az interdiszciplináris tudományokról a legújabb bioelektronikai energia-ellátást biztosító módszereket írjuk le. John Ho és munkatársai demonstráltak a közelmúltban szöveten keresztüli energiaátvitel javulást, mely során $830 \mu\text{W}$ teljesítményű 6×6 cm-es kiterjedésű energianyálabbot fókuszáltak 4 centiméteres izomszöveten át és ezzel sikeresen működtettek egy sertésbe ültetett pacemakert. Ez a módszer a továbbiakban más implantátumok működésénél is felhasználásra kerül. Traverso és munkacsoportja pedig egy 12×35 mm nagyságú kapszulát készített, mely a bél folyadékját használva galvánelemként funkcionál és 6 napig képes a tápcsatornában üzemelni. Ezzel az eljárással hatékonyan lehet majd feltérképezni a bélrendszer hőmérsékletét, illetve mintavételre, műtétekre is felhasználható.

Bevezetés

A Szent Ignác Jezsuita Szakkollégium egyik alappillére a szakmaiság, emellett - mivel az intézmény tagjai sokféle tudományterületet képviselnek - az interdiszciplinaritás is nagy érték számunkra. Ezek miatt fontosnak tartjuk, hogy igyekezzünk minél több, saját területünkön is túlmutató kérdéssel foglalkozni, miközben természetesen szakmailag is a tőlünk telhető legjobb tudást képviseljük. Így jutottunk ennek a tanulmánynak a témájához, a bioelektronikához, mely a diszciplínáink (villamosmérnök tudomány és orvostudomány) vívmányait egyesítve teszi az emberiség életét napról napra egyszerűbbé. Dolgozatunk során betekintést szeretnénk adni különböző interdiszciplináris területekbe, jelentőségükbe és működésükbe. Ezt követően a medicina és elektromosságban fő fejlődési irányait, eredményeit foglaljuk röviden össze. E rész során feltüntetünk pár egyéb diszciplínát, - kiemelve azok szakterületeinkre való jelentőségét - amelyek hatására létrejött a munkánk második részét adó bioelektronika. Végül a teljesség igénye nélkül néhány igen modern módszer mérnöki és orvosi hátterét foglaljuk össze, - különös figyelmet szentelve energiaellátásuk problémájának - hogy könnyen érthető legyen minden olvasó számára.

1. Fejezet

1.1. Bevezetés az interdiszciplínák világába

Az emberiség történelme során a tudományterületek a szemlélet és az oktatás szintjén is élesen elkülönültek, pusztán az egymásra hatásuk gondolatához is rengeteg évnek kellett eltelnie. Könnyebb ugyanis mindent külön szemlélni, elszigetelve a többi aspektustól. A minden mindennel összefüggés elven alapuló világ teljes leírásához egyébként is szükségünk lenne teljeskörű ismeretre. Napjainkban már rengeteg határterület van, amely közös tudásanyagból építkezik. Ezen interdiszciplínák kettő vagy több szakterület módszertani érintkezéseiből, összekapcsolásából jöttek létre.

Gondoljunk csak a pszicholingvisztikára, amely a nyelvek elsajátításának pszichológiai hátterét hivatott feltérképezni. E terület a pszichológia és lingvisztika eredményein túl felhasználja például a neurobiológiai módszereket is. A pszicholingvisztika, mint fogalom születését 1936-ra datálják, amikor is Jacob Robert Kantor megírta *An Objective Psychology of Grammar* című művét. Ezt követően sorra jelentek meg a különböző módszerek és szubterületek, melyek a gyermeki anyanyelv-elsajátítástól a felnőttkori idegennyelv-tanuláson át különböző nyelvi betegségekig menően széleskörű tudáshoz jutatták az emberiséget. Kiemelt részeként az afázia - agykárosodás lévén történő teljes vagy részleges beszédképesség veszteség - pontos agyi eredetének vizsgálatát említjük. [Hickok, Small, 2015] E betegség további kutatása során akár arra is sor kerülhet, hogy ezeknek az embernek segítséget tudjunk nyújtani, hogy újra kommunikálni tudjanak.

A 20. századtól a biológia ugrásszerű fejlődése új távlatokat nyitott például a génterápiák terén is. Az 1970-es évektől került be az orvosi köztudatba ez a terület, amely laboratóriumi körülmények között egyes génszakaszok kivágásával próbál különböző betegségeket gyógyítani. Ám a hosszú távú következményeket egy-egy kísérlet során még nem tudják pontosan, így ezeket a kutatásokat még főleg állatokon valósítják meg. Az újszerű módszerek alkalmazása során rengeteg, addig ismeretlen kérdés vetődött fel az etika terén is, így született a bioetika. Ez az interdiszciplína korunk nagy, igazán nehéz kérdéseire próbál választ adni. Legyen szó *in vitro* fertilizációról¹, őssejt-kutatásról vagy a már említett génterápiáról, ez a terület válaszokat keres, és erkölcsi határokat próbál szabni a tudománynak. Az élet ugyanis a legnagyobb csoda a világon, ezért a rajta való kísérletezésnél fontosak a korlátok. Nem kezdhünk élő embereken különböző veszélyes kutatásokat végezni, mert annak beláthatatlan, már-már horrorfilmbe illő következményei is lehetnek.

Hogy egy kissé távolabbi vizekre evezzünk, interdiszciplináris tudományként megemlítjük továbbá a „Kapcsolatháló-elemzést”, ami a fizika, a statika, a pszichológia és a szociológia ötvözésének eredménye. Vizsgálatának tárgya a társas kapcsolatok, a kommunikáció, a tanácsadás, a befolyás, a barátság, és a bizalmi kapcsolatok.

Célja pedig, hogy mérhetővé tegye például egy közéleti személyiség befolyását, egy település vagy egy magán személy presztízsét, illetve egy cég holdudvarát. Új kutatások arra hívják fel a figyelmet, hogy a gyenge kapcsolatok stabilizálják a hálózatokat. Ezt a jelenséget egyébként a természetben is megfigyelhetjük például egy vízmolekula esetében (a "nagy" vízmolekulát a gyenge hidrogénkötések tartják össze), de a társadalmi tőkére és a társas támogatásra is kiterjeszhető. [Takács, 2015] A terület vívmányai közül pedig az eddig említettek mellett a politikai kapcsolathálózatok és gazdasági információk is elengedhetetlenek nemcsak a multinacionális vállalatok világpiacon való érvényesüléséhez, hanem az országok vezetőinek is, mert segíthetik a megfelelő belpolitikai kérdések effektív megoldásának megtalálását (például: integráció).

Véletlenszerűen emeltünk ki pár példát, de már ebből is láthatjuk, hogy rengeteg ilyen területtel találkozunk, akár a mindennapokban is. Mielőtt részletesen kifejténénk az általunk kiválasztott interdiszciplináris terület, a bioelektronika leglényegesebb és legújyszerűbb kutatási területeit, érdemes áttekinteni a saját szakterületeink jelentőségét, fejlődését, hogy tisztább képet nyújtsunk a fontosságukról külön-külön is.

1.2. Orvostudomány fejlődése a bioelektronika megjelenéséig

Az orvostudomány története szorosan összefonódott az emberiség történelmével, hiszen az emberi szervezet működésének kérdései a mindennapok részét képezik. A következőkben csak a legfontosabb korszakokat, felfedezéseket emeljük ki, amik eljutatták ezt a diszciplínát a természetfeletti erőkhöz való könyörgéstől, a mai interdiszciplináris medicina területeihez és vívmányaihoz. Olyan korszakalkotó szemléletmódokat és találmányokat foglalunk össze, amelyek már egyfajta tudományterület közöttiséget jelentettek a modern szemléletek előtt.

A betegségek, sérülések gyógyítása kezdetben a vallással, hittudománnyal fonódott össze. A zsidó kultúrában például Isten büntetésének tartották a betegségeket. A Biblia tele van különböző járványok leírásával, melyekkel az Úr a bűnös népet leckéztette meg. (*"Az Úr... mondta:... Mert tűzlobban felharagomban... Veszedelmeket halmazokreájok, ...láztól emésztetten és keserű dögvésztől."*) [Károlyi, 2011: Mózes V. könyve, 32. fejezet.] Nem meglepő tehát, hogy kezelésükben főleg a bűnbánatra szorítkoztak. A bevett egészségügyi gyakorlatok, mint például a körülmelés is mind vallási célt szolgáltak, így legtöbbször az egyházi vezetők hajtották ezeket végre.

Kr.e. 5. században Egyiptomban az asztrológia fonódott össze a medicinával. Ez a szemléletmód a csillagok állásához és a különböző égitestekhez igyekezett kötni a kórképeket. A középkorban a csillagászat további vívmányai új lendületet adtak ennek a szemléletnek. [Duchan, 2011] Miután 1608-ban felfedezték a teleszkópot egyenes út vezetett a csillagok és testrészek "párosításához". [Astrology and medicine, 2018] Ezek alapján például a különböző petefészket érintő panaszokra csak holdtöltekor lehetett a megfelelő gyógynövényeket beszerezni, ellenkező esetben nem működtek a gyógymódok. A csillagjegyek és horoszkópok is ebben az időben indultak világhó-

dító útjukra, ám ezek akkoriban még a különböző hónapok gyermekeinek betegségekre való hajlamát jósolták meg.

Az orvostudomány egyik legmeghatározóbb fejlesztője a gyógynövények felfedezése és használata volt, aminek jelentőségét mi más szemléltetné jobban, mint, hogy külön tudománnyá nőtte ki magát a gyógynövénytan és később a belőle fejlődő, orvoslással összekapcsolódó farmakológia, gyógyszeratan. A gyógynövények használatának a Távols-Keleten, különösképpen Kínában elképesztő kulturális jelentősége van mind a mai napig. A világ első, igazán neves gyógyszerészét is ehhez a térséghez kötik Shennong személyében, akinek munkássága I.e. 2700 körülre tehető. [Storm, 2017] Hozzánk közelebb álló legelső írásos forrásaink egyike egészen Kr.e. 1550 körül nyúlik vissza. Ez az egyiptomi Ebers-papirusz, mely már igen konkrét gyógymódokat szemléltet. Kezelést vázol olyan, ma is gyakori betegségekre, mint a diabetes mellitus, arthritis² vagy különböző fogászati problémák. Galénosz görög orvos volt, aki már az i.e. 2. században konkrét mennyiségekben határozta meg, hogy milyen gyógyszerből mennyit érdemes fogyasztani a megfelelő hatás reményében. [Osborn, 2007] Az arab kultúra pedig az első gyógyszerátartat adta a világnak (Kr. u. 754 - Bagdadban). [Schédy, 1897] Az 1200-as években egyre inkább kezdtek Európában is elterjedni ezek az intézmények. Emellett kiemeljük még Avicenna, arab polihisztor munkásságát, aki a Canon Medicinæ című ötkötetes művében az összes általa ismert, korabeli gyógyszert összefoglalta.

Végül a mikroszkópok jelentőségére térünk rá, amelyek nélkül az orvostudomány még mindig csak gyerekipőben járna. Az 1590-es években több holland szemüveggésszítő mester is dolgozott egy olyan szerkezet elkészítésén, amellyel képesek lehetnének a szemünk által már nem látható, parányi dolgok vizsgálatára. [William J. Croft, 2006] Az első működő mikroszkópot (1595) Zacharias Jansen és édesapja, Hans nevéhez köthetjük. Végül 1683-ban Antonie van Leeuwenhoek, holland kereskedő volt az, aki a baktériumokat először vizsgálta, ám konkrét, írásos feljegyzéseket csak Robert Hooke készített először a mikrobákról 1665-ös Micrographia című művében. Ahogy idővel egyre modernebb és modernebb eljárásokat alkotott az emberiség, úgy ismerjük meg a sejtek felépítését. Ilyen eljárás például az 1931-ben Ernst Ruska, német fizikus, által megalkotott elektronmikroszkóp, amelyet Nobel-díjjal is jutalmazott a tudományos világ. Ezzel már konkrétabb képet kaptunk a sejtek, baktériumok, sőt már a molekulák felépítéséről is és ezáltal a működésük kémiai, fizikai alapjairól.

A megszerzett ismeretekre alapozva alakult ki a biokémia és a biofizika. Ezen területek törvényszerűségeit sok mérnöki módszerbe beépítették. Az elektromos áramról szerzett ismeretek bővülésével, a villamosmérnöki szakterület fejlődésével pedig létrejött bioelektronika, mely elektromos eszközökkel igyekszik biológiai folyamatokról minél pontosabb információkat szerezni, ezeket imitálni, gyógyeszközöket kifejleszteni, a meglévő, esetlegesen elavult módszereket hatékonyabbá tenni, újakkal helyettesíteni.

1.3. Villamosmérnöki vívmányok az ókortól egészen bioelektronika kialakulásáig

Mielőtt eljutunk a villamosmérnök tudományokhoz, nézzük meg mire is hivatott a mérnöki világ. Az orvoslással ellentétben, ami saját magunk vizsgálatával indult, a feltalálás a körülöttünk lévő világ szemléletén keresztül kapott szárnyra. Egy mérnök célja kezdetben tehát a környezetből szerzett tapasztalataiból kiindulva olyan hasznos eszközök építése volt, amik könnyebbé teheték hétköznapjainkat. Manapság egy újfajta problémamegoldó szemlélet a már meglévő szerkezetek nem rendeltetésszerű működéseinek kiküszöbölésén, valamint további egyszerűsítéseiken dolgozik. A villamosmérnök tudomány egy olyan ágazata a mérnökségnek, amely az elektromosság, elektronika és elektromágnesesség tanulmányozásával és alkalmazásával foglalkozik. Az elektromágnesesség az elektromos és a mágneses tér szoros kapcsolatára utal, ami arra a tapasztalatra épül, hogy változó mágneses térben elektromos mező alakul ki.

Kezdetben, a reál gondolkodásmód és a konkrét mérnöki terület megszületése előtt, az ismeretlen természeti jelenségek - akárcsak a fentebb említett betegségek - vallásos töltetet kaptak. Jobb magyarázat híján, a villámot - többek között - Zeusz haragjának, vagy Isten szavának vélték, ahogy a Bibliában is olvashatjuk (*“Amikor Isten beszél, mennydörgés hangja és villámok fénye veszi körül.”* [Károlyi, 2011: Mózes II. könyve, 19:16,18]) A hittudományos szemléleten túllépve a következő nagy lökést a kereskedelem és a hajózás adta, mégpedig a mágnesesség felfedezésével. Kr.e. 2698-ban Kínában már ismert volt a jelenség, hiszen erre az évré datáljuk az iránytű megjelenését. [Gurney, 2005] A mágneses mezők fő jelenségének felismeréséhez és az eszköz születéséhez csupán egy víztároló edény, valamint egy lebegő fadarab kellett, melyre egy hosszúkás mágnesvaskódarabot helyeztek. Az összeállítás végeredménye pedig egy definit irányba beálló szerkezet. A többször elvégzett kísérlet mindannyiszor ugyanazt az eredményt adta: éppen derékszögben Napkelet-Napnyugat irányába, azaz Északra mutatott a fadarab, így jött létre ez a kitűnő irányjelző eszköz, az iránytű. Az első feljegyzett elektromos jelenség pedig a görög filozófusokhoz és szemléletükhöz köthető. Az ókori Görögországhoz (i.e. 25000 - i. u. 330) nyúlik vissza sok későbbi természettudományos terület alapja is. Az első megfigyelt elektromos jelenség lényege az az elektrosztatikus tapasztalat volt, hogy egy szőrmevel megdörzsölt borostyán, egy apró tárgyat (pl. tollpíhét) vonz magához. Nem véletlen, hogy maga az ‘elektron’ szó az ógörög nyelvben a borostyán megfelelője. Bár a továbbiakban is voltak újabb és újabb elméletek a jelenségek magyarázatára, az elektromosság vizsgálatának és felhasználásának alapjait ösztönző gondolat, a Benjamin Franklin (18. század) által megfogalmazott feltevés, mely szerint a megdörzsölt állati szőrme által keltett statikus szikrázás és a villámlás kisülése ugyanannak a dolognak két különböző megnyilvánulási formája. A negatív és pozitív töltések fogalmának megalkotása, valamint a villám elektromos voltának bizonyítása is az ő nevéhez kötődik. Christian Oersted felfedezte, hogy az iránytű eltérül, ha a közeli huzalban folyó áramot ki- és bekapcsolják. Ezek után a mágneses

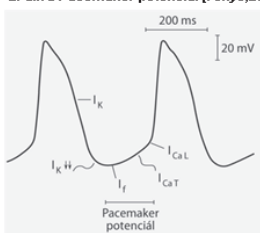
és elektromos tér vizsgálata szorosan összefonódott.[Kollár Ernő, 2009] A legfontosabb felfedezések kapcsán rengetek tudóst lehetne felsorolni, akik meglátásaikkal nem csak megváltoztatták a világról alkotott képünket, de ezzel párhuzamosan tálmányaikkal gyökeresen át is formálták azt. A legforradalmibb és jelen dolgozatunk témáját figyelembe véve talán legérdekesebb azonban James Clark Maxwell felfedezése, az elektromágneses hullámokról. A Maxwell-egyenletekként ismertté vált egyenletrendszer, mely a mágneses és elektromos mezőkre vonatkozó törvényeket egységesíti, kezdetben csak egyfajta jóslatként volt jelen az elektromosságban, mígnem ezen hullámok létezését Hertz, kísérleteivel bizonyította. Ma a fizikusok és mérnökök körében ezen ismeretek már a mindennapi gyakorlat részét képezik. Bár jó néhány évvel később, de ez tette lehetővé a ‘wireless’, azaz a vezeték nélküli korszak létrejöttét. Már a konkrét villamosmérnöki terület 20. századi vívmányaihoz tartoznak a tranzisztorok (1948). Megszületésük óta az áramkörök miniatürizálása jelentősen nőtt, a fő cél pedig, hogy minél kisebb területen elhelyezkedő áramköri elemek, minél több funkciót tudjanak ellátni. Ilyen integrált áramkörök a szenzorok is, amelyek megjelenésével a fizikai mennyiségeket más jellé (pl.: elektromos, pneumatikus jel) tudjuk alakítani. Jelentőségüket erősíti, hogy a segítségükkel nagyon pontos adatfelvétel és -feldolgozás lehetséges. A legnagyobb szükség az ilyen szerkezetekre, olyan területeken van, melyek félrekalkulálás esetén akár emberéletet is követelhetnek (pl.: egészségügy). Így jutottunk tehát el az elektronika alkalmazásához a biológiában, vagyis a bioelektronikához.

A következőkben tehát részletesen megvizsgálunk néhányat a legmodernebb bioelektronikai eszközökből. Ismertetünk olyan - főleg energetikai - problémákat, amelyekre új távlatokat nyitó megoldásokra van kilátás a közeljövőben. Ezek főleg a diagnosztikai téren hozhatnak javulást. Olyan napjainkban kutatott problémaköröket ismertetünk elsősorban, melyek működési alapjainak megértéséhez mérnöki szaktudás igényeltetik, valamint részletezzük az emberi test „villamos” tulajdonságait, amiket felhasználunk ezekhez. Emellett összefoglalunk néhány már régóta használatban lévő bioelektronikai eszközt, ismertetve működésüknek apróbb mozzanatait, figyelembe véve az emberi testre kifejtett hatásukat is.

2. Fejezet. Orvosi eszközök energiaellátottsága

2.1. Vezeték nélküli energiaellátásos implantátumok⁴

1. ábra Pacemaker potenciál [Fonyó,2011]



4 [Thimot and Shephard, 2017]

a belső fülbe, ahol egy speciális folyadékállományban terjed. Ezen a részen találkozunk a szőrsejtekkel, melyek egy hártván az őket körülvevő folyadék elmozdulására reagálnak és a mechanikai hullámot elektromos hullámmá alakítják át. Ezt a közélükben lévő hallóidegsejtek közvetítésével teszik, mégpedig úgy, hogy ionszatornak nyitásával/ zárásával megváltoztatják az idegsejtmembrán potenciálját és megfelelő ingerküszöb felett akciós potenciál hullámot indítanak a hallókéregbe, a halántékcsonst környékén elhelyezkedő agyterületre⁴. Ha a rendszer sérül, az elváltozás mértékétől függően kisebb-nagyobb fokú hallásproblémák jelentkeznek. Elsősorban azoknak építenek be CI-t, akiknek közepestől a nagyfokúig terjedő, kétoldali hallás-csökkenése van, valamint akiknek a hallókészülék nem jelent megfelelő megoldást. A készülék része egy, a fül mögé, a fejre vagy a testen máshol elhelyezett beszédprocesszor, amely begyűjti a hangokat, majd digitális jellé alakítja. Ezt követően a digitálisan kódolt hangot a fejen kívül elhelyezett adótekercs továbbítja a koponyacsontba beépített implantátumhoz. Ez az eszköz a digitális jelet elektromos impulzusokká alakítja, majd ezeket az impulzusokat a belső fülbe helyezett elektródsorra küldi. Ezek veszik át a hibás szőrsejtek szerepét és ingerlik a hallóideget, így eljuttatva a hang érzetét az agy megfelelő területére. Az eszközök energiaellátását egy töltéssel legjobb esetekben is kb. 60 órára tudjuk jelenleg biztosítani.

3. ábra SCS [Wu, 2015]



A krónikus fájdalom nagyon erős negatív hatással van az ember hétköznapjaira. Magyarországon egyes statisztikák szerint a felnőtt lakosság közel 90%-át érinti legalább egyszer élete során gerincfájdalom. [Dr. Borsi-Lieber Katalin, 2017] A hagyományos fájdalomcsillapítók állandó, nagy dózisu szedése azonban nem bizonyult megfelelő gyógymódnak májkárosító és egyéb mellékhatásai miatt. Így alakult ki az ún. spinalcordstimulation (SCS) módszer. [Wolter, 2014] Ennek lényege, hogy a bőr alá ültetnek egy készüléket, amely elektromos impulzusokat küld a gerincvelő fölé helyezett elektródba. A végtagból, vagy testrészből kiinduló fájdalomimpulzus helyett az eszköz által keltett elektromos jelek jutnak a gerincvelő közvetítésével az agyba, így biztosítva, hogy a fájdalmat közvetítő akciós potenciál helyett, a készülék jele képeződjön le a fájdalomért felelős központban megakadályozva a fájdalomérzet kialakulását (ld.: 3. ábra). [SpinalCordStimulationTreatment]

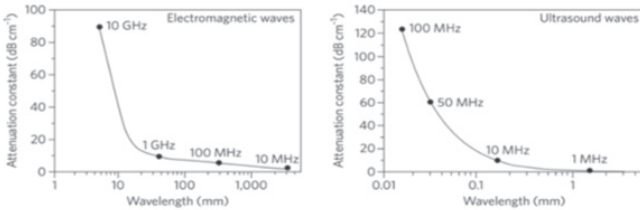
A folytonos, rendeltetés szerinti működéshez szükséges energiaellátás mellett - az emberi test véges méretéből adódóan - az eszközök méretének csökkentésére is igény van. Ennél a módszernél jelenleg egy stopperóra méretű szerkezet kerül beültetésre, melynek mérete az elektronika fejlődésével csökkenthető. Fontos aspektus ez, hiszen a nagyobb felületű testen kívüli anyag nagyobb valószínűséggel eredményezi az idegen test kilökődését, a szervezet védekező rendszerének aktiválásával a gyulladásos reakciót. Az SCS továbbfejlesztésével a jövőben olyan gépek is létrejöhetnek, amelyek a perifériás és a centrális idegrendszerrel is kapcsolatban állnak. Ez azért forradalmasítaná az orvoslást, mert így az eszközeink képesek lesznek, akár a belső szervek működését, a fokozott érzékelését vagy a protézisek irányíthatóságát is szabályozni. Tulajdonképpen a már megismert, adott agyterületre korlátozott idegi funkciók ismeretében, közvetlen a 'vezérlőpultból' oldhatnánk meg a működési rendellenességeket.

A pacemaker, CI és SCS technikák hosszú távú működőképességének biztosítása látszik megoldódni a teljesen vezeték nélküli módszerekkel. A jelenleg használatban lévő elemek fizikai adottságukból kifolyólag korlátozottak, illetve invazív módon tölthetőek csupán, tehát a beépített készülék kihelyezésére van szükség energiaellátásukhoz. Léteznek kísérletek biológiai források felhasználására, melyek energiaellátási módszerei például a testen belüli hőmérséklet-különbségen, ún. termál gradiensen, vagy a muszkuláris rezgések felfogásán alapulnak. Ezek azonban túl alacsony energiaszintet nyújtottak a beültetett implantátumokhoz. A mostani módszerek azonban úgy tűnik, megoldások lehetnek erre.

John Ho és munkatársai jelentős javulást értek el a szöveten keresztüli elektromágneses sugárással történő energiaátvitel hatékonyságáról. Egy adott beesési szögű, kis teljesítményű ($830 \mu\text{W}$, 10^{-9} W nagyságrendű), 6×6 cm-es kiterjedésű elektromágneses energia nyalábot fókuszáltak egy implantátum kis felületére 4 centiméteres izomszöveten keresztül. Az állatkísérlet során egy felnőtt disznóba helyezett szívritmus-szabályozóval rögzítettek mérési eredményeket. Az EKG görbe - amin a szív elektromos tevékenységét követték nyomon - növekvő szívritmust mutatott 2-4 másodpercnyi stimuláció után, viszont az ingerlés megszűntével, visszaállt a normális szív működés, tehát az energia valóban a külső forrásból származott. Két különböző frekvenciatartományban is vettek fel adatokat (ld.: 4. ábra). Az első tartomány az elektromágneses hullámok tartománya volt, a második az ultrahangé. Az elektromágneses sugárzás tulajdonságai ugyanis befolyásolják a mérnöki megvalósítás néhány paraméterét: besugárzás hullámhossza meghatározza az implantátum méretét, a csillapítási faktor irányítja az energiaátvitel hatékonyságát. Ezért is fontos a megfelelő tartomány megtalálása. Mindemelllett az elnyelt energia hőfel szabadulással jár, ennél fogva korlátozva van az átvihető mennyiség. Nem tesz jót ugyanis a szövetek építőelemeinek, pl.: fehérjéinek sem a túl nagy hőmérséklet, hiszen melegítésre ezek könnyen kicsapódnak és elvesztik funkciójukat, így maradandó károsodást okozhatunk a szervezetben. Irányított nyalábbal hozták létre a koncentrált teret. Az interferencia lévén alakult ki a hullámfront (ahogy minden hullám

révén). Interferencia alatt értjük két vagy több hullám egymásra hatását, a jelenség, mikor a fázisbeli eltolódás erősítést vagy kioltást eredményez. Az antennát közvetlen kapcsolatba hozták a szövettel, kihasználva a szövet magasabb dielektromos állandóját, hogy 'elszívja' az elektromágneses energiát. Már más kutatócsoportok is felfedezték ugyan az általuk használt antennában rejlő lehetőségeket, de John Hoék újítása, hogy ezt a fent említett fázistoló energiafókuszálással kombinálták, amelynek hatásosságát mérésekkel támasztották alá.

4. ábra Elektromágneses ill. ultrahangos sugárzás csillapítása adott anyagban [Thimot, Shepard, 2017]



A rádiófrekvenciás átvitelt az ultrahangos lehetőségeivel összehasonlítva (ld.: 4. ábra) láthatjuk, hogy az ultrahang csillapítási tényezője sokkal kisebb, ugyanis a szövetek többsége hasonló hangtani tulajdonsággal (fázissebesség) rendelkezik, ami kisebb hullámhossz-változást eredményez az áthatolás következtében, tehát előnyösebb energiaellátás szempontjából ez a tartomány. A fázissal történő energianyáláb fókuszálását reményeik szerint az ultrahangnál is meg lehet oldani és ha beválik - John Ho és társai tervezik ilyen irányba folytatni kutatásaikat -, akkor a körülmények határozzák majd meg, hogy melyik hullámmal lesz érdemesebb dolgozni. Habár az elektromágneses sugárzás jobban áthalad a csontokon, az azon belüli csillapodása kétszer olyan nagy (az ultrahang csillapítása egy nagyságrenddel kisebb), így alkalmatlanabb az efféle besugárzásokra, mint az ultrahang.

A jövőre nézve megoldásra vár még, hogy az ultrahangos átvitel implementálása csupán kiegészítő jellegű fém-oxid félvezető folyamatokkal nem megoldható. Hatékony pizelektromos energiaellátókra van szükség, vagy technológiai fejlődésre a mikroelektromechanikai rendszerek területén, hogy orvosolják a problémát. Összességében viszont azt mondhatjuk, hogy a vezeték nélküli energiaellátás már csak egy karnyújtásnyira került az emberiség számára.

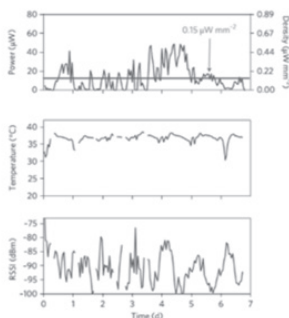
2.2. A bél által elektromosan ellátott, lenyelhető bioszenzorok⁵

Kapszula nagyságú orvosi eszközökkel már régóta kísérleteznek a kutatók. Ezen szerkezetek legnagyobb előnye, hogy noninvazivak, azaz - méretüknél fogva - a szervezet működésébe, felépítésébe nem zavarhatnak bele. A jövő orvosi diagnosztikája számára lehetőségek tárházát nyitják meg ezek a minieszközök. Mivel nem igényelnek vezetékelt, fejlesztésük akár lézertérápiához, akár gyógyszerek megfelelő

5 [Menciassi, 2017]

helyen való felszívódásának elősegítéséhez, vagy komolyabb műtétekhez is előnyös. 2008-ban már hajtottak is végre in vivo⁵ műtétet egy ilyen minieszköz segítségével, azonban még csak sertésen, állatkísérlet szintjén. [P. Valdastrì, 2008] A lenyelhető diagnosztikai készülékek egyik legnagyobb problémája, hogy működtetésükhöz nehéz biztosítani a megfelelő mennyiségű energiát. Ennek megoldására úttörő próbálkozás a bél által energiával ellátott módszerek bevezetése. Ahhoz, hogy jó felbontású képet kapjunk egy ilyen technikával körülbelül 20 Hz/s-os képkockasebességet kell elérnünk, és ezzel még csak a képalkotást oldottuk meg. Ha hozzájön a terápiás eszköz működtetése is tovább nehezedik a dolgunk. Ezen kívül természetesen fontos szempont, hogy a szervezetben se okozunk maradandó károsodást, a lehető legbiokompatibilisabb anyagok használatára törekedjünk.

5. ábra A bélcatorna hőmérsékletváltozásai [Menciassi,2017]

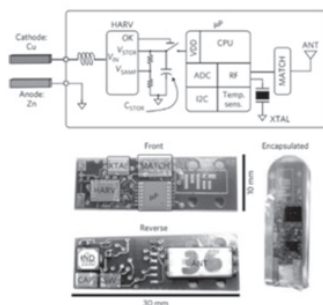


Egy amerikai kutatócsoport Traverso vezetésével tulajdonképpen egy olyan miniszenzort hozott létre, ami energiaforrásként magát a bélcatornát használja fel, és akár 6 napot is képes átvészelni a gastrointestinális rendszerben⁶. A fent említett problémák megoldására egy galvánelemet állítottak össze. Ezt a szerkezetet egy szenzorral, egy transzmitterrel és más elektronikai eszközökkel együtt egy biopolimer kapszulába csomagolták be. A beépített elektronikának hála azon kívül, hogy hosszú ideig működik, képes adó funkciót is ellátni, így alkalmas például a bélrendszer hőmérsékletváltozásainak pontos feltérképezésére (ld.: 5. ábra).

Magának az energiaforrásnak a működési alapelve egy, az emberek által már régóta ismert és energiaforrásként is alkalmazott elektrokémiai reakció. Egy Zn-Cu elektródos⁷ redoxfolyamat⁸ során elektronátvitel történik a kapszula belseje és a bél folyadékállománya között egy féligáteresztő membránon (a biopolimeren) át. Élettani háttere, hogy az ember emésztőrendszerében a folyadéktér egyfajta elektrolitoldatként⁹ viselkedik, azaz lehetővé teszi ionok áramlását. Szervezetünk - és természetesen a többi emlős szervezete is - a szájnylástól a végbélnylásig különböző pH-jú oldatokkal segíti elő az emésztésünket. Ezt speciális sejtek szekréciós¹⁰ funkciójukkal biztosítják. A vékonybélben a nyálkahártyát kesztyűujjszerű kitürem-

kedések, ún. bélbolyhok fedik, ezek vakon végződő betüremkedésekben, szerzői nevükön Lieberkühn-cryptákban folytatódnak. E crypták legalsó részében helyezkednek el a kiválasztó funkciójú cryptasejtek. Az általuk előállított folyadék (bélnedv) tulajdonképpen egy izotóniás¹¹ NaCl és NaHCO₃ oldat. E bélszakasz kezdeti részén még főleg a NaHCO₃ szekréció a domináns, hiszen a gyomor savas folyadékát semlegesíteni kell, és ezen szekrétaum lúgos pH-ja ideális erre. A NaHCO₃ vizes közegben szabad Na⁺ és HCO₃⁻ ionokra bomlik, amelyek lúgos tartományba mozdítják el a pH-t, és a közeg a szabad töltéshordozók miatt elektrolitoldatnak tekinthető. Egy ilyen oldatban tehát lehetőség van a minigalváncella működésére. A kísérletek során Mg elektróddal is próbálkoztak, de mivel az időtartam volt az elsődleges szempont végül a Zn-Cu összeállításnál maradtak.

6. ábra A kapszula felépítése [Menciassi, 2017]



Az eszközbe ICt építenek (ld.:6. ábra). A részelemek együttes működése a következőképpen zajlik: a bemeneten közvetlenül a galváncellából származó feszültség jelenik meg, körülbelül 0,1-0,2 volt, amit a boost-átalakítóval (HARV) kb. 2,2-3,3 voltra emelve ideiglenesen eltárolunk a kondenzátoron¹². Ezzel látjuk el a mikrokontrollert. A boost-átalakító egy kapcsolóval ellátott áramkör, melyben egy tekercs -,mely az energiatárolást végzi- és két félvezető található (egy tranzisztor -,amely a kapcsoló szerepét tölti be - és egy dióda), valamint a kimeneten található fogyasztó ellenállás, ami párhuzamosan van kötve egy kondenzátorral. Az első fázisban a tekercs töltődik, a fogyasztó felé nem folyik áram, csak a tranzisztoron keresztül a földbe. A tekercs feltöltődése után a második fázisban az áram a tranzisztoron keresztül nem folyik, hanem a dióda felé folyik, töltve a kondenzátort, valamint ellátva feszültséggel a fogyasztót. A továbbiakban, amíg a tekercs töltődik és áram nem folyik a fogyasztó felé, a kondenzátor fegyverzetei között lévő feszültség biztosítja a fogyasztó ellátását. [Coates, 2007] A mikrokontroller egy számítógép, rendelkezik egy CPU-val, ami a programok végrehajtásáért felelős, merevlemezzel, amiből a CPU-ra töltjük az adatokat, RAM-mal, ahol eltárolhatja programokhoz használatos 'változókat', valamint egy ki- és bemenettel, ami kommunikációs felületként szolgál az eszköz és az emberek között. Azonban méretéből kifolyólag 'beágyazva' használják más eszközökbe, hogy irányít-

sa azokat, például egy eszköz mozgását (ld.: robotok). Továbbá a mikrokontroller rendelkezik egy ROM-mal, amiben az a specifikus program található, amin programozni tudjuk az eszközünket. Általában kis teljesítményű, szemben a számítógépekkel, valamint kicsi, olcsó és strapabíró (-34°C és 80°C között is rendeltetésszerűen kell működnie). [Brain]

Az OK kimenet aktiválja a kapcsolót(SW), melynek átbillenésével a tápfeszültség csatorna (VDD) megkapja a kondenzátor által tárolt feszültséget. Az analóg fizikai körülmények (pl. a kísérlet során ilyen volt a környezet hőmérséklete) elektromos értelmezésében a szenzorok segítenek (Temp.sens.), valamint az analóg-digitális átalakító (ADC). A rádiófrekvenciás adóhoz (RF) kristályoszillátor (XTAL) van kötve. A kristályoszillátor nem más, mint egy elektromos oszcillátor, amely frekvenciaszelektív elemként kristályt használ az inverz piezoelektromos hatás kihasználásához. A piezoelektromos tulajdonságokkal rendelkező rezgő kristály mechanikai rezonanciáját használja a nagy pontosságú frekvenciás elektromos jel fenntartása érdekében. [Techopedia, CrystalOscillator]

A piezoelektromosság lényege, hogy ezekben a kristályokban mechanikai feszültség (nyomás vagy húzás) hatására elektromos feszültség jön létre két szemközti lapjuk között. A feszültség polaritása aszerint változik, hogy nyomó vagy húzó feszültség éri a kristályt. Az elektromos feszültség nagysága a kristályban ható mechanikai feszültség nagyságától függ. A jelenség megfordítható: ha elektromos feszültséget adunk a kristály két szemközti lapjára, akkor a kristályban mechanikai feszültség keletkezik (a kristály összehúzódik vagy tágul). E jelenséget használják fel pl.: a híradástechnikában vagy a kvarcórákban (órák) rezgőkörök vezérlésére, az olcsóbb hangszedőkben, mikrofonokban. Ultrahang keltésére is felhasználható a piezoelektromosság. Némelyik, nem centrálszimmetrikus kristály rendelkezik ezzel a tulajdonsággal, például: kvarc, bárium-titanát, turmalin. Ezek után az illesztőhálózaton keresztül (MATCH) nagy frekvenciastabilitású jel éri el az antennát (ANT). Az antenna kibocsátja a rádióhullámot, amit vevőantennákkal fogadunk, így lehetővé téve a bioszenzor helyzetének és információinak detektálását a bélrendszerben.

Az eszköz további fejlesztése során az a cél, hogy megoldják a minél pontosabb képalkotási módszer beépítését, valamint a különböző terápiás eszközök csatlakoztatását. Emellett természetesen a 6 órás átlag időtartamot is meg szeretnénk növelni, de ehhez a hatékonyabb energiaforrások kifejlesztése még a jövő zenéje.

Összefoglalás

Írásunkban a teljesség igénye nélkül bemutattuk a bioelektronika modern kutatási területeinek néhány érdekességét, hogy betekintést nyújtsunk egy olyan tudomány szépségeibe, amely a technológiai fejlődéssel tovább javítja az egészségügyi módszereket. Emellett bemutatásra kerültek már működőképes, alkalmazásban lévő orvosi eszközök, melyek fejlesztésében hatalmas lehetőségek vannak. Betekintést adtunk abba, hogy még számos olyan kihívás vár ránk, melyek megoldása a mai ismeret-

teinkkel még lehetetlennek tűnik, sőt valószínű, hogy ahogy előbbre jutunk még több, jelenleg akár még ismeretlen probléma is felmerül. Egy folyamatosan megújuló tudományág fejlődésének lehetünk szemtanúi, mely szinte napról-napra új vívmányokkal, megoldandó feladatokkal jelentkezik. Ernst Starling élettanász szavait idézve: „...minden...tudományban, semmilyen felfedezés nem felesleges, semmilyen kíváncsiság nem helytelen vagy túlzott, és biztosak lehetünk abban, hogy a tiszta tudás megszerzése során elért minden eredmény előbb-utóbb szerepet játszik majd az emberiség szolgálatában.” Ennek fényében reménykeltő, hogy újabb és újabb kérdések merülnek fel és megoldásuk egyre több természettudományos érdeklődésű fiatal fantáziáját mozgatja meg. Magyarországon, immáron 24 éve lehet az Egészségügyi mérnök továbbképzésben részesülni, 1994-től még okleveles elismeréssel, 2009-től pedig már 4 féléves mesterdiplomát nyújtó képzésként. [Az MSC képzés programja az egészségügyi mérnöki szakon, 2017]

Rövidítés magyarázat:

IC - Integratedcircuit - integrált áramkör.

CPU - centralprocessing unit - központi feldolgozóegység.

RAM - random accessmemory - írható és olvasható memória.

ROM - readonlymemory - csak olvasható memória.

SW - switch - kapcsoló.

C_{STOR} - storagecapacitor - tárolókapacitív.

μP - microprocessor- mikrokontroller.

VDD - drainsupplyvoltage - tápfeszültség csatorna.

Temp. sens. - temporarysensors -ideiglenes érzékelők.

ADC - analog-digitalconverter - analóg-digitális átalakító.

XTAL - crystaloscillator - kristályoszillátor.

RF - radio-frequencytransmitter - rádiófrekvenciás adó.

MATCH - radio-frequency-matchingnetwork - illesztőhálózat az antennához.

ANT - antenna - antenna.

Függelék

¹ mesterséges megtermékenyítés

² cukorbetegség, ízületi gyulladások

³ ilyen szövet van pl. a jobb pitvarban a sinuscsomóban vagy a pitvar-kamrai határon lévő AV csomóban

⁴ a primer hallókéreg anatómiai helye a gyrustemporalissuperior és a sulcuslateralis, Brodman 41-42-es mezőnek megfelelő terület, az emberi halánték környéke

⁵ élő szervezeten belüli

⁶ bélrendszerben

⁷ Elektróda: Az elektromos áramnak gázokba, folyadékokba, félvezetőkbe való bevezetésére, illetve kivezetésére szolgáló alkatrész. Anyaga rendszerint fém vagy szén. [Collins, Definition of electrode]

⁸ Oxidáció: Minden olyan folyamatot, amikor egy ion vagy molekula elektront ad le, vagyis a vegyület pozitív alkotórészének (kation) vegyértéke nő. [Gergely, Erdődi, Vereb, 2005]

⁹ Elektrolit [Kémiai Intézet, 2016]: Ionvegyületek olvadákeit vagy oldatait hívjuk elektrolitnak, melyben az elektromos áramot a könnyen elmozduló ionok vezetik.

¹⁰ kiválasztó

¹¹vérrel egyező ozmotikus nyomású

¹² A kondenzátor fegyverzetei (két párhuzamos vezetőt, melyek között az elektromosan szigetelő anyag található) között egy bizonyos mennyiségű (a kondenzátor paramétereitől függően) feszültséget tudunk tárolni, ha teljesen feltöltődött a kondenzátor, már rövidzárral helyettesítjük az áramkör leírása során.

Irodalomjegyzék

DR.BORSI-LIEBER KATALIN (2017): *Derékfájás, hátfájás - Harcoljon a krónikus gerincfájdalom ellen*, http://www.webbeteg.hu/cikkek/mozgasszervi_betegseg/3697/a-krónikus-gerincfajdalom-kezelese-es-megelozese, Lekérdezés: 2018.03.16

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM (2017): *SpinalCordStimulationTreatment*, <https://uicpensacola.com/spinal-cord-stimulation-treatment/>, Lekérdezve: 2018.03.16

ERIC COATES (2007): *SwitchedModePowerSupplies*, 3.2 Module, BoostConverters, <http://www.learnabout-electronics.org/PSU/psu32.php>, Lekérdezve: 2018.04.03

COCHLEAR LTD. (2008): *Cochleáris implantátumok*, <https://www.cochlear.com/hu/home/understand/hearing-and-hl/hl-treatments/cochlear-implant>, 2018.04.02

COLLINS HARPER: *Definition of electrode*, <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/electrode>, Lekérdezve: 2018.04.01

JUDITH FELSON DUCHAN (2011): *Astrology and MedicineinMedieval Times*, http://www.acsu.buffalo.edu/~duchan/new_history/middle_ages/astrology_and_medicine.html, Lekérdezve: 2018.03.15

FONYÓ ATTILA: *Az orvosi élettan tankönyve*, 2011, Medicina Könyvkiadó Zrt.

WU BRAIN(2015): *Boston ScientificreleasesSpinalCordStimulatorTrialapp*, <https://www.imedicalapps.com/2015/11/boston-scientific-releases-spinal-cord-stimulator-trial-app/>, Lekérdezve: 2018.04.18

GERGELY PÁL,ERDŐDI FERENC,VEREB GYÖRGY (2005): *Általános és bioszervetlen kémia*, SemmelweiskiadóÉs Multimédia Stúdió, 190.o.

GURNEY ALAN: *Compass: Exploration Innovation*, 2005, W. W. Norton & Company; New editionedition

GREG HICKOK AND STEVE SMALL (2015): *Neurobiology of Language*, Academic Press, https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=9c2cBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Neurobiology+by+Language&ots=jrZAv0UMjU&sig=8Dwjbj0N2YCL015dR7Wf3ZV_cFs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false, Lekérdezve: 2018.03.15

EBENEZER HOWARD: *EbersPapyrus*, http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Ebers_Papyrus, Lekérdezve: 2018.03.20

ISMERETLEN: *What is genetherapy* ,<https://ghr.nlm.nih.gov/primer/therapy/genetherapy>, Lekérdezve: 2018.03.15

ISMERETLEN (2018): *Kapcsolatháló-elemzés*, <https://hu.wikipedia.org/wiki/Kapcsolath%C3%A1l%C3%B3-elemz%C3%A9>

ISMERETLEN: *Astrology and medicine*, <http://www.faqs.org/health/topics/98/Astrology-and-medicine.html#ixzz0mRdylj3T>, Lekérdezve: 2018. 03. 15

ISMERETLEN (2018): *Az MSc képzés programja az egészségügyi mérnöki szakon*, <https://www.vik.bme.hu/page/353/>, Lekérdezve: 2018.03.26

THIMOT JORDAN AND SHEPARD KENNETH L. "Wirelesspoweredimplants", *Nature*, 2017(1.), cikkszám: 0051

KÁROLI GÁSPÁR: *Szent Biblia*; Magyar Bibliatársulat kiadó, 2011

KÉMIAI INTÉZET TANTÁRGYAI 2016/2017. TANÉV (2016): *Elektrolitok elektromos vezetékessége*, <http://cheminst.emk.nyme.hu/>, Lekérdezve: 2018.03.20

KISLEXIKON: *Piezzoelektromosság*, http://www.kislexikon.hu/piezzoelektromosság_a.html, Lekérdezve: 2018.04.03

KOLLÁR ERNŐ (2009): *Virtuális rádiómúzeum*, http://www.radiomuseum.hu/torteneti_m.html, Lekérdezve: 2018.03.15

KOVÁCS ATTILA (2014): *Vezeték nélkül töltik a pacemakert*, <http://www.origo.hu/techbazis/20140123-vezetek-nelkul-toltik-a-pacemakert.html>, Lekérdezve: 2018.03.16

BRAIN MARSHALL :*How Microcontrollers Work*, <https://electronics.howstuffworks.com/microcontroller1.htm>, Lekérdezve: 2018.04.03

MAYFIELD CLINIC (2017): *Spinalcordstimulation*, <http://www.mayfieldclinic.com/pe-stim.htm>, Lekérdezve 2018.04.02

MENCIASSI ARIANNA, "Gut-power edinge stible biosensors", *Nature*, 2017(1.), cikkszám: 0050.

CEM NIZAMOGLU: *IbnSina's The Canon of Medicine*, <http://www.muslimheritage.com/article/ibn-sinas-canon-medicine>, Lekérdezve:2018.03.15

DR. NYIRKOS PÉTER (2005): *Tényeken Alapuló Orvostudomány Módszertani Ajánlások*, <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/tenyeken-alapulo/ch01s45.html>, Lekérdezve:2018.03.18

O'REILLY ROBERT C., MD AND MORLET THIERRY, PHD (2016): *Cochlear Implants*, <https://kidshealth.org/en/parents/cochlear.html>, Lekérdezve: 2018.03.15

OSBORN L. DAVID K.:*Greatest Physician of the Roman Empire*, http://www.greekmedicine.net/whos_who/Galen.html, Lekérdezve: 2018.03.15.

SCHÉDY SÁNDOR ID.: *A magyarországi gyógyszerészet rövid története*, 1897, Szent-László Könyvnyomda, Budapest

CALEB STORM (2017): *Shennong: The God-King of ChineseMedicine and Agriculture*, <http://www.ancient-origins.net/myths-legends/shennong-god-king-chinese-medicine-and-agriculture-007760>, Lekérdezve: 2018.03.16

TAKÁCS KÁROLY: *Kapcsolatháló elemzés; Társadalmi kapcsolathálózatok elemzése*,http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_2A_08_Kapcsolathalo_elemzes_szerk_Takacs_Karoly/ch02.html, Lekérdezve: 2018.03.15

TECHOPEDIA INC.: *Crystal Oscillator*, <https://www.techopedia.com/definition/2245/crystal-oscillator>, Lekérdezve: 2018.04.03

VALDASTRIP, PHD, Crim Lab, ScuolaSuperioreSant'AnnaViale R. Piaggio 34 56025 Pontedera, PisaItaly. 1 November 2008, *Wireless therapeutic endoscopic capsule: in vivo experiment*, ENDOSCOPY <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19065478>, Lekérdezve: 2018.03.22

WILLIAM J. CROFT: *Under the Microscope: A Brief History of the Microscope*, 2006, World Scientific Publishing Company

WILLIEMLEVELT (2013): *A History of psycholinguistics: The Pre-Chomskyan Era*, https://books.google.hu/books?id=kdugW7Anm_EC&printsec=frontcover&hl=hu&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, Lekérdezve: 2018.03.15

WOLTER TILAMAR(2014): *Spinal cord stimulation for neuro pathic pain: current perspectives*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4242499/#>, Lekérdezve: 2018.03.16

Dés László koncertje szakkollégiumunkban

„Nagy a világ, az égig ér, de van ez a föld, ami kezünkbe fér.” – hangzott el utolsó számként a Mi vagyunk a grund a Pál utcai fiúkból, Dés László hűségkoncertjén. A dal nem csupán Nemecekek szakkollégiumunktól néhány utcára lejátszódo kalandjairól szól, hanem a mi összetartozás-érzésünket is jelképezi, hisz Mi vagyunk a SZIK, és ezen az eseményen igyekeztük ezt minél széleskörűbben bemutatni. Sárvári Balázs rektori bevezetője után elsőként provinciálisunk, Vízi Elemér SJ tartott beszédet, majd diákbizottságunk elnöke, Szebellédi Mátyás köszöntötte a megjelenteket. Ezután büszkeségeink kerültek bemutatásra. Olyan szakkollégisták életébe nyerhettünk rövid bepillantást, akik kimagaslóan teljesítenek az egyetemen, sikeres projektekben vesznek részt, vagy éppen hamarosan külföldre mennek kutatóutakra, képzésekre.

Ezt követően átadtuk a terepet Dés László művész úrnak és zenekarának, akik egy felejthetetlen koncerttel kápráztatták el a közönséget. A Párbeszéd Házának termét bezengő zene izgalmas módon teremtett kapcsolatot égi és földi, nagy égig érő világ, és kezünkbe férő föld között.

Hálásan köszönjük minden fellépőnek és vendégünknek, hogy ezt az estét közreműködésükkel és jelenlétükkel lehetővé tették. Külön köszönet illeti Dés Lászlót és zenekarát, akiknek köszönhetően mindannyian felejthetetlen élményekkel gazdagodtunk. Köszönettel tartozunk támogatóinknak is, akik akár a helyszínen, akár az interneten keresztül anyagilag hozzájárultak ahhoz, hogy szakkollégiumunk továbbra is a keresztény értelmiségi réteg kinevelésén munkálkodhasson.

Forrás: <https://www.szentignac.hu/rendezvenyeink/des-laszlo-koncertje-szakkollegiumunkban/> (2018. 06. 11.)