

Elméleti Orvostudományok Doktori Iskola

**Műszaki és informatikai fejlesztések
a nucleus accumbens és az
orbitofrontalis kéreg glukóz-monitorozó
neuronjainak vizsgálatában**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Dr. Szabó István

Témavezető: Dr. Karádi Zoltán
Doktori Iskola vezetője: Dr. Szekeres Júlia
Programvezető: Dr. Karádi Zoltán

**Pécsi Tudományegyetem
Általános Orvostudományi Kar**

Pécs, 2019

1. Bevezetés

A homeosztázis, vagyis a szervezetnek a környezethez, a változó viszonyokhoz, a kihívásokhoz való alkalmazkodása során fenntartott dinamikus egyensúlyi állapota, alapvető fontosságú az egészséges életvitel szempontjából. E belső egyensúlyt, legfontosabb tényezőként, a megfelelő táplálék- és folyadékbevitel, a testhőmérséklet szabályozása és az energiaforgalom olyan együttes regulációja biztosítja, amiben a különféle metabolitok szintje tartósan az egészséges tartományban marad. Szervezetünk komplex, összehangolt kontroll-mechanismusok segítségével éri el ezen folyamatok zavartalan működését, s e tekintetben a központi idegrendszer alapvető irányító szerepet tölt be.

Ezen okoknál fogva alapvetően fontos a homeosztázis központi idegrendszeri szabályozó működéseinek minél pontosabb feltárása, s különösen kiemelt jelentőségű az előagyi limbikus ideghálózat integráns részeként az orbitofrontalis kéreg és a nucleus accumbens.

A táplálék ízéért felelős, oldott állapotban lévő kémiai anyagokat az íz-érző receptorok érzékelik. Ezek a receptorok, melyek specifikusan felismerik az öt alapízt (édes, sós, savanyú, keserű és umami) a tápcsatorna kezdeti szakaszán helyezkednek el: a nyelven, a szájpadon, a garatban, az epiglottis környékén a gégében és a nyelőcső kezdeti szakaszán [7, 73]. Újabb kutatások szerint a tápcsatorna alsóbb szakaszain (gyomor, vékonybél, vastagbél) is találhatóak olyan kemoreceptorok, melyek képesek érzékelni pl. a D-glukózt (édes) [50, 61], a nátrium-glutamátot (MSG) (umami) [50, 60], valamint a nátrium-kloridot (sós) [50].

A D-glukóz molekulának kulcsfontosságú szerepe van az energiaforgalomban, a szénhidrát-anyagcserében és a táplálékfelvétel regulációjában is. A XX. század második felének elején folytatott elektrofiziológiai vizsgálatok bebizonyították, hogy a perifériához hasonlóan a központi idegrendszerben is találhatóak olyan neuronok, amelyek megváltoztatják tüzelési frekvenciájukat glukóz lokális vagy szisztémás adásakor [4, 45, 46]. Ezeket az idegsejteket, amelyek membránpotenciáljuk megváltozása nyomán képesek érzékelni az extracellularis tér glukóz koncentrációjának változását, *glukóz-monitorozó (GM)* neuronoknak nevezzük. A glukózra mutatott válaszkészségük alapján két típusuk különíthető el: a tüzelési frekvenciájukat növelő idegsejtek az ún. *glukóz-receptor (GR)* neuronok, a tüzelési frekvenciájukat csökkentő, vagyis gátlódó sejtek pedig az ún. *glukóz-szenzitív (GS)* idegsejtek. Azokat az idegsejteket, amelyek a glukózt csak metabolizmusuk során használják

fel, és jelenlétében válaszkészséget nem mutatnak, *glukóz-inszenzitív (GIS)* neuronoknak nevezzük [47].

A GM hálózat részét képező idegsejtek jelenléte már több különböző agyterületen bizonyított: lateralis hypothalamicus area [5, 17, 19, 22, 47-49], ventromedialis hypothalamus mag [14, 22, 26, 36, 47-49, 59, 63], nucleus tractus solitarii [1, 3, 37], area postrema [2, 9], amygdala [15, 20, 43, 44], globus pallidus [18, 27], nucleus accumbens [52], prefrontalis kéreg [39-41, 48], orbitofrontalis kéreg [21, 22, 32-34, 66, 67]. Ezen glukóz-érzékeny neuronok válaszkészséget mutatnak mind exogén (pl. íz, szag), mind endogén (pl. neurotranszmitterek) kémiai és egyéb szignálokra [16, 18, 19, 28], így fontos szerepet töltenek be a táplálkozás szempontjából releváns információk integratív és adaptív feldolgozásában.

A streptozotocin (STZ) D-glukózhoz hasonló szerkezetű molekula, melyet az 1950-es évek végén antibiotikus hatású anyagként izoláltak a *Streptomyces achromogenes* nevű baktériumtörzsből, de súlyosan károsító mellékhatásai miatt egyedüli indikációként a β -sejtekből kiinduló metasztatikus tumorok terápiájában használták. A STZ szelektíven képes elpusztítani a pancreas β -sejtjeit, ezért széles körben használják az 1-es típusú DM állatkísérletes modelljeként [10, 11, 30, 68]. A STZ a sejtekbe a GLUT2 transzporterrel keresztül jut be, ahol szabadgyökök képzésével oxidatív stressz állapotot, majd nekrozist okoz [13, 30, 56, 68].

A STZ ezen hatását nemcsak a periférián képes kifejteni, hanem a központi idegrendszeri GLUT2 tartalmú GM idegsejtek is képesek felvenni. Intracerebrális adáskor ezeket a glukóz-monitorozó neuronokat a STZ specifikusan károsítja, aktivitásuk végleges megszűnését követően súlyos táplálkozási és anyagcserezavarok, 2-es típusú DM-szerű állapot jellemző tünetei alakulnak ki [22-24].

A nucleus accumbens (NAcc) két régiója különböző szerepet tölt be a táplálékfelvétel szabályozásában: a shell régió sértése hiperfágiát, a core régió roncsolása a táplálékfelvételi motiváció (éhségérzet) csökkentésével hipofágiát idéz elő [35]. A kérgi struktúráknak is jelentős szerepük van a táplálkozás központi idegrendszeri szabályozásában. A dekontikált állatok önálló táplálkozásra képtelenek, de a szájüregükbe helyezett táplálékok motoros válaszokat, mint pl. rágás, nyelés, stb. képesek kiváltani [72]. Az orbitofrontalis kéreg (OFC) sokrétű – gusztatoros és viscerális, valamint szomatoszenzoros és motoros – bemenetei révén képes hangolni a percepciót és a motoros kimenetet a szervezet motivációs állapotának függvényében [38].

2. Célkitűzések

A táplálkozás és az anyagcsere központi szabályozásáról már számos tanulmány született, ennek ellenére sok tekintetben még mindig hiányosak az ismereteink. Kutatócsoportunk évtizedek óta aktívan részt vesz a NAcc [52, 70, 71] és az OFC [21, 22, 31-34, 65-67] táplálék- és folyadékfelvételi, illetve metabolikus regulációs folyamatokban betöltött szerepének a tanulmányozásában. Kutatásaim során a következő vizsgálatokat végeztük:

1. A nucleus accumbens neuronok endogén és exogén kémiai érzékenységének meghatározásához extracelluláris egysejttevékenységet vezettünk el mikroelektroforetikus anyagbeadások, intraorális íz-ingerlések és intragasztrikus infúziók során.
2. A medialis és a lateralis orbitofrontalis kéregben található neuronok endogén és exogén kémiai érzékenységének meghatározásához extracelluláris egysejttevékenységet vezettünk el mikroelektroforetikus anyagbeadások, intraorális íz-ingerlések és intragasztrikus infúziók során.
3. Olyan műszaki és informatikai fejlesztések elkészítése, melyek segítségével mind az adatgyűjtés folyamata, mind a kísérletek során használt eszközök számítógéppel irányíthatók, valamint a gyűjtött adatok pontosan és gyorsan elemezhetők.
4. A GLUT2-vel működő glukóz-monitorozó neuronokat szelektíven elpusztító lokális agyi streptozotocin mikronjekciós anyagbeadást követően vizsgáltuk a medialis orbitofrontalis kérgi idegsejtek
 - a. vércukorszintet szabályozó funkcióit intraperitonealis glukóz-tolerancia teszt során;
 - b. metabolikus működésekre gyakorolt hatását farokvénából vett vérminta vizsgálatával;
 - c. ízérzékelésben betöltött szerepét íz-reaktivitási magatartási tesztek során;
 - d. ízérzékeléssel kapcsolatos tanulási folyamatokban való szerepét kondicionált íz-averziós vizsgálatokban.

3. Anyagok és módszerek

3.1. Alanyok

Kísérleteink során 337 felnőtt hím Wistar és Sprague-Dawley patkányt használtunk. A kísérleti állatok testtömege a vizsgálatok kezdetén 250-350 g volt. A patkányszobában állandó hőmérsékletet (21 ± 2 °C) és páratartalmat (55-60%) biztosítottunk. Az állatokat 12/12 órás világos/sötét ciklusban tartottuk. A kísérleti állatok tartása és a velük való foglalkozás során, a megfelelő engedélyek (BA02/2000; BA0104L 12; ZOHU0104L 08; BA02/2000-8/2012) birtokában a helyi, egyetemi rendelkezéseken túl betartottuk a hazai (1998. évi XXVIII. tv. az állatok védelméről és kíméletéről; 40/2013 Kormányrendelet, 2013. II.) és a nemzetközi előírásokat, európai uniós irányelveket (NIH Guidelines, 1997; 86/609/EEC Európa Tanács előírás, 1986, 2006; 2010/63/EU Európa Parlament előírás) is.

3.2. Elektrofiziológiai vizsgálatok

3.2.1. Műtét

A patkányok altatásához intraperitonealisan adott uretánt (0,6 ml/100 ttg, 25% friss oldat, Sigma) alkalmaztunk. Az állatok fejét sztereotaxiás készülékben rögzítettük, és hogy a kísérletek során az íz-oldatok lehetséges aspirációja miatti fulladásukat elkerüljük, a befogó keretet 15°-os szögben előrefelé döntött helyzetbe állítottuk. A fejbőr felvágása és a koponyacsont letisztítása után a koponyatetőn fogászati fúróval 4-5 mm átmérőjű lyukat fúrtunk, majd a dura bemetszése után a mikroelektrodát mikromanipulátorral (MN-33, Narishige, Japán) pozícionáltuk, ezután hidraulikus mikrotovábbító rendszer (Narishige MO-10, Japán) segítségével vezettük le a célterületre. A NAcc koordinátái Pellegrino [54] agyatlasza alapján: AP: B+3,2-3,7; ML: 1,2-1,6; V: 5,6-7,6. Az OFC koordinátái Paxinos és Watson agyatlasza [53] alapján: medialis OFC (mOFC): AP: B+3,8-4,4; ML: 0,8-1,2; V: 3,0-3,5; lateralis OFC (lOFC): AP: B+3,8-4,4; ML: 2,5-3,5; V: 2,5-3,5.

3.2.2. Mikroelektróda

Az extracelluláris egysejttevékenység elvezetéséhez és a neurokémiai anyagok mikroelektroforetikus beadásához munkacsoportunk által készített wolframszál, multibarrel üveg mikroelektródát használtunk. Az egysejttevékenységet a központi csőben lévő wolframszál segítségével regisztráltuk, az e központi csövet körülvevő 9 db környéki kapilláriscsőbe töltöttük a mikroiontoforézishez használt oldatokat. A wolframszál átmérője 10 μm és kb. 10 μm hosszban nyúlik ki az üvegelektroda hegyéből. A környéki csövek nyílásának átmérője 0,1-0,3 μm közötti. Az elvezetésekhez használt mikroelektródák impedanciája 50 Hz-en mérve 1,5-6 M Ω volt.

3.2.3. Jelfeldolgozás

Az extracellulárisan felvett akciós potenciálok az elektróda központi csövében lévő wolframszálon keresztül, szűrést és erősítést (Supertech Kft., Magyarország) követően egy analóg/digitális konverterbe (CED Micro 1401 mk II, Cambridge Electronic Design, Cambridge, Egyesült Királyság) kerültek, így a jeleket számítógép segítségével rögzíthettük és elemezhetjük. Az analóg jeleket oszcilloszkópon (PeakTech P-1145, Heinz-Günter Lau GmbH, Ahrensburg, Németország) folyamatosan követtük. A Spike2 program (Cambridge Electronic Design, Cambridge, Egyesült Királyság) segítségével minden egyes idegsejt aktivitásából frekvencia hisztogram készült, az on-line és off-line analízisek az általam írt scriptek használatával történtek.

3.2.4. Mikroiontoforézis

Az elektróda környéki csőveibe töltött oldatok idegsejtek környezetébe való juttatására mikroiontoforézis készüléket (NeuroPhore BH-2, Medical Systems, Great Neck, New York, USA) használtunk. Ezen készülék segítségével a környéki csövek és az adott agyterület extracelluláris tere között elektromos potenciál grádiens hozunk létre, ezáltal a töltéssel rendelkező részecskék az idegsejtek közvetlen környezetébe juttathatók. Az anyagkiáramlást meghatározó legfontosabb tényezők az ejekciós áram nagysága, az anyagra jellemző diffúziós állandó, a hidrosztatikus nyomásgrádiens és az elektrooszmózis mértéke [6, 25, 55].

3.2.5. Neurokémiai vizsgálatok

Neurokémiai ingerlés során az elektróda környéki csöveibe különféle neurotranszmittereket és neuromodulátorokat töltöttünk. Többek között a következő anyagok neuronokra gyakorolt hatását vizsgáltuk: D-glukóz, noradrenalin (NA), dopamin (DA), acetilkolin (Ach) és GABA. Minden neurokémiai anyag hatását három különböző áramerősséggel ($\pm 15-90$ nA, alacsony-közepes-magas) teszteltük. A beadás 10-15 másodpercig történt, majd a hatás lecsengése után legalább egy perc szünetet tartottunk a következő mikroelektroforetikus anyagbeadás előtt.

3.2.6. Intraorális íz-ingerlés

Egysejttevékenység elvezetése közben megvizsgáltuk az idegsejtek íz-válaszkészségét is. Ehhez a patkányok szájüregébe polietilén csövet helyeztünk, amelyen keresztül az öt alapíznek megfelelő oldatokat adtuk két különböző koncentrációban. Komplex ízként megvizsgáltuk a narancslé hatását is. Az íz-oldatok mennyisége 1-1,5 ml volt, amit 3-5 másodperc alatt fecskendeztünk az állat szájüregébe. A cső végét úgy alakítottuk ki, hogy az íz-oldat a szájüreg minden részébe eljuthasson. A beadást desztillált vizes atmoszféra és levegő befecskendezése követte, amellyel a rendszert megtisztítottuk a benne lévő íz-oldattól. Két íz-adás között a hatás lecsengése után legalább egy percet vártunk. A befogó készüléket olyan helyzetben rögzítettük, hogy a kísérleti állat feje alacsonyabban legyen, mint a teste, így a befecskendezett íz-oldat spontán kicsöpögött a szájüregből, ezáltal elkerültük, hogy az állat az oldatot lenyelje vagy aspirálja.

3.2.7. Intragasztrikus infúzió

Az intragasztrikus infúzióhoz vékony polietilén csövet (Hibiki 3, Japán) használtunk, melyet az anesztéziát követően vezetünk le egy gyomorszonda segítségével a kísérleti állat gyomrába. Az egysejttevékenység elvezetése közben a következő oldatok hatását vizsgáltuk: NaCl (60 mM és 150 mM), D-glukóz (60 mM) és MSG (60 mM). Az oldatokat infúziós pumpa segítségével (Cole-Parmer EW-74900 Multichannel Syringe Pumps, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Illinois, USA) adtuk be 1 ml/100 ttg mennyiségben. A beadó cső feltöltése után 1 percet vártunk, ezután indult az anyagbeadás 18 ml/h-s

sebességgel. A rendszert ezután desztillált vízzel és levegővel átöblítettük, s a következő feltöltésig 7 perc szünetet tartottunk.

3.3. Metabolikus és magatartási vizsgálatok

A mOFC-beli GM neuronok metabolikus szerepének tisztázására intracerebrális STZ mikroinjekciót végeztünk, melyhez a kísérleti állatok koponyájára előzetes műtéti ülésben vezető kanült rögzítettünk, ezen keresztül tudtuk – a patkány éber állapotában – a beadó kanüloket a megfelelő helyre pozícionálni.

3.3.1. Műtét

Intraperitonealisan adott ketamin (Calypsol, 50 mg/ml; Richter Gedeon Nyrt., Magyarország; 0,3 ml/100 ttg) injekcióval végeztük az altatást. Az állatok fejét sztereotaxiás készülékben rögzítettük, ezután a fejbőrön hosszanti metszést ejtettünk. Miután megtisztítottuk a koponyafelszínt, fogászati fúró segítségével kb. 4-5 mm átmérőjű lyukat fúrtunk a Bregma elé. A vezető kanült Paxinos és Watson agyatlasza [53] alapján mikromanipulátorral (MN-33, Narishige, Japán) pozícionáltuk (AP: B+4,2 mm; ML: 0,9 mm).

Az általunk rozsdamentes acélcsőből (23 G) készített vezető kanült a dura felszínére helyeztük, majd fogászati akriláttal a csontba csavart csavarokhoz, illetve a koponyához rögzítettük. A műtét végén antiszeptikus hintőport (Tetran, Richter Gedeon Nyrt., Magyarország) alkalmaztunk és kapcsokkal zártuk a sebet.

Azoknál az állatoknál, melyek az íz-reaktivitási tesztben részt vettek, polietilén csőből (Hibiki No. 4, Inter Medical Co., Ltd., Tokyo, Japán; külső átmérő: 1,33 mm) készített krónikus intraorális íz-kanül is beültetésre került. Az íz-kanülok buccális végét előzetesen láng felett megolvastva kiszélesítettük, hogy ezáltal elkerüljük azok szájüregből való kimozdulását. Az íz-kanült a szájüregből a felső első moláris fog mellett vezettük fel a bőr alatt egészen a nyaki részig, ahol sebészeti fonállal kiöltöttük a bőrhöz, hogy helyzetét rögzítsük. A műtét után egészen a vizsgálati napig folyamatosan ellenőriztük az íz-kanülok helyzetét (nem csúsztak-e ki, nem akadályozzák-e az állatokat a táplálkozásban, nincs-e gyulladás), valamint azok átjárhatóságát.

A műtét utáni egyhetes felépülési periódust követően történt a bilaterális intracerebrális STZ mikroinjekció.

3.3.2. Mikroinjekció

Éber, nyugodtan kézben tartott állatokban bilaterális mikroinjekciót végeztünk 7,5 µg STZ-t (Sigma S-0130, 10 µg/µl fiziológias sóoldatban oldva) tartalmazó oldattal (STZ csoport), illetve 0,75 µl fiziológias sóoldattal (kontroll csoport). A műtét során beültetett rozsdamentes acél vezető kanülökön keresztül vezettük le az ugyancsak rozsdamentes acél beadó kanüloket (30 G) a mOFC területére (Paxinos és Watson agyatlasza [53] alapján: AP: B+4,2 mm; ML: 0,9 mm; V: 2,3 mm a durától). A beadó kanülok polietilén csövön keresztül 25 µl-es Hamilton mikrofecskendőhöz csatlakoztak, az anyagbeadás mikroinfúziós pumpa segítségével történt (Cole-Parmer EW-74900 Multichannel Syringe Pumps, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Illinois, USA) 0,75 µl/perc sebességgel, amit további 1 perc várakozás követett annak érdekében, hogy teljes legyen az oldat diffúziója a célterületen és megakadályozzuk az oldat visszaáramlását a kanülok eltávolításakor.

3.3.3. Metabolikus vizsgálatok

Éber állatokban bilaterális STZ vagy fiziológias sóoldat mikroinjekciója után intraperitoneális glukóz tolerancia tesztet végeztünk, valamint megmértük az állatok metabolit plazmaszintjeit is.

3.3.3.1. Intraperitoneális glukóz tolerancia teszt

A kísérleti állatok 12 órás éheztetését követően – a nemzetközi standardoknak megfelelően – került sor a glukóz tolerancia teszt (GTT) elvégzésére. A cukorterhelést intraperitoneálisan adott 20%-os D-glukóz oldattal (0,2 g/100 ttg/ml) végeztük két alkalommal, először az agyi mikroinjekció után 20 perccel (akut GTT), majd 4 héttel később (szubakut GTT). A vérmintát az elemzéshez a patkány farokvénájából nyertük először cukorterhelés előtt, majd 9, 18, 30, 60 és 120 perccel a terhelés után. A méréseket kézi glukométerrel (Glucometer Elite, Bayer, Németország) végeztük.

3.3.3.2. Metabolitok plazmaszintjének mérése

Az össz-koleszterin, a trigliceridek és a húgysav plazmaszintjének meghatározására – a nemzetközi standardoknak megfelelően – 12 órás táplálékmegvonást követően került sor. Az agyi mikroinjekció után 30 perccel farokvénából vérmintát nyertünk, amiből szárazkémiai kis laborautomata (Spotchem EZ SP4430, Arkay, Japán) segítségével határoztuk meg a vérplazmában a metabolitok koncentrációját.

3.3.4. Magatartási vizsgálatok

Éber állatokban bilaterális STZ vagy fiziológias sóoldat mikroinjekciója után kondicionált íz-averziós és íz-reaktivitási teszteket végeztünk.

3.3.4.1. Kondicionált íz-averzió vizsgálata

A kondicionált íz-averzió olyan tanult magatartási forma, melynek segítségével elkerülhetjük a potenciálisan veszélyes táplálékot. Ha egy adott táplálék elfogyasztása után gasztrointesztinális diszkomfort jön létre, akkor azt a táplálékot a jövőben kerüljük, elutasítjuk. A kondicionált íz-averzió már az első társítást követően kialakul, még akkor is, ha a feltételes (táplálék íze) és a feltétlen inger (megbetegedés) között órák telnek el.

A kísérlet során először megtanítottuk a patkányoknak, hogy napi folyadékmennyiségüket 30 perc alatt fogyasszák el délelőtt 10:00 és 10:30 között. A sikeres tanulási fázis után került sor a vezető kanülök beültetésére, mely után a felépülési periódusban *ad libitum* fogyaszthattak folyadékot. A kondicionálási napon (négy nappal a STZ vagy a fiziológias NaCl mikroinjekció után) az állatok 30 percig fogyaszthattak szacharin oldatot, majd 30 perc múlva gasztrointesztinális diszkomfortot váltottunk ki intraperitonealisan adott lítium-kloriddal (0,15 M, 20 ml/ttkg). Ezután az állatok 3 napig ismét naponta 30 percig kaptak vizet, majd a negyedik (teszt) napon a vizet újra szacharin oldatra cseréltük az itatási időszakban. A statisztikai számítások során összehasonlítottuk a szacharin oldat fogyasztását a STZ kezelt és a kontroll csoportban a kondicionálási és a teszt napon is.

3.3.4.2. Íz-reaktivitás teszt

Az íz-reaktivitási teszt előkészítéseként az operáció során a fejtetőre beépített vezető kanül mellett egy íz-kanül is beültetésre került az állatok szájüregébe. Az egy hetes felépülési periódust követően került sor a STZ vagy a NaCl bilaterális intracerebrális mikroinjekciójára. A következő 6 napban az állatokat hozzászoktattuk a kísérlet során használt plexiüveg cylinderben való tartózkodáshoz, mely során az íz-kanült desztillált vízzel mostuk át. Az íz-reaktivitási tesztet 1 héttel az agyi mikroinjekció után végeztük.

A kísérleti állatok viselkedésének és szájának megfigyeléséhez az üvegcylinder (magasság és átmérő: 30 cm) alá tükröt rögzítettünk 45°-os szögben. A patkányok viselkedését egy Full HD videokamerával (Panasonic HC-V270) rögzítettük és a felvételt képkockánként elemeztük.

Az állatok két különböző koncentrációban kapták az öt alapíznek megfelelő íz-oldatokat. Mikroinfúziós pumpa segítségével (Cole-Parmer EW-74900 Multichannel Syringe Pumps, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Illinois, USA) állandó sebességgel (0,5 ml/min) kétszer 0,5 ml íz-oldatot fecskendeztünk be 1-1 perc alatt a kísérleti állatok szájüregébe az íz-kanülon keresztül, a két beadás között rövid szünetet tartva. Ezután az íz-kanült desztillált vízzel átöblítettük és levegővel átfújtuk.

Az értékeléshez Grill és Norgren módosított protokollját [12, 40, 64, 69] alkalmaztuk, mely során az állatok fajspecifikus mimikai, poszturális és lokomóciós válaszait vizsgáltuk. A protokoll szerint ingerstív, vagyis elfogadó reakciónak számít a ritmikus szájmozgás, a középső és oldalsó ritmikus nyelvöltögetés és a mancsnyalás. Averzív, vagyis elutasító magatartás a szájtátás, az álldörzsölés, a fejrázás, a mancsrázás és a komplex lokomotoros mozgássor.

Az értékelés során minden egyes íz-oldat esetében a válaszmintázatok előfordulása, intenzitása és időtartama alapján mind az ingerstív, mind az averzív magatartásformákat minimum három, gyakorlott bíráló pontozta 0-tól 3-ig. A bírálók nem ismerték a csoportbeosztásokat. Az ingerstív és averzív íz-reaktivitási index kiszámításához a bírálók által adott pontszámok átlagát a maximálisan adható pontszámmal elosztottuk, így minden egyes íz-oldat esetében az íz-reaktivitási indexek 0 és 1 közötti értéket vehettek fel.

3.4. Szövetteni vizsgálat

Vizsgálataink végeztével a kísérleti célterület pozíciójának megállapításához a kísérleti állatokat uretánnal (20%, 8 ml/ttkg) való túlaltatás után transzkardiálisan perfundáltuk, előbb fiziológiás sóoldattal, majd 4%-os formalinnal. A mintát 4%-os formalinban fixáltuk, az ebből készített 50 µm-es metszeteket 0,5%-os krezil-violával festettük meg.

3.5. Az adatok statisztikai értékelése

Az elektrofiziológiai kísérleteink során az on-line és off-line analízisek saját, a Spike2 v6.16 szoftverhez írt scriptek használatával történtek. Az értékeléskor azokat a változásokat tekintettük gátlásnak ill. serkentésnek, amely esetekben a vizsgált idegsejtek tüzelési frekvenciája legalább $\pm 30\%$ -kal (vagy ± 2 SD-vel) változott a spontán tüzelési frekvenciához képest, továbbá akkor, ha a válaszreakció intenzitásfüggőnek és ismételhetőnek bizonyult. A csoporthatások statisztikai értékelésére χ^2 próbát alkalmaztunk az SPSS Statistics 25 (IBM, Armonk, New York, USA) programcsomag használatával.

Magatartási és metabolikus kísérleteink eredményeit Student féle t -próbával, valamint többszemponos varianciaanalízissel (ANOVA) értékeltük a fentebb említett programcsomag segítségével. Post-hoc összevetésre Tukey-tesztet használtunk.

A különbségeket $p < 0,05$ esetén értékeltük szignifikánsnak.

4. Eredmények

4.1. A nucleus accumbens vizsgálatok eredményei

4.1.1. Neurokémiai vizsgálatok

A nucleus accumbens-ben összesen 161 neuron aktivitását vizsgáltuk mikroelektroforetikus anyagbeadás során. A core régióban nagyobb volt azon neuronok aránya, amelyek megváltoztatták tüzelési frekvenciájukat D-glukóz mikroiontoforetikus adásának hatására, mint a shell-ben. A core-ben a GR sejtek voltak nagyobb arányban, a shell-ben viszont glukóz hatására gátlódó GS sejteket találtunk nagyobb számban.

Ach-ra és DA-ra való érzékenységben a két régió között nem találtunk nagy eltérést, viszont míg a dopamin D₁-receptor antagonistá SCH 23390 a core-ban változtatta meg nagyobb arányban a sejtek válaszkészségét, addig a D₂-receptor antagonistá szulpirid jellemzően a shell-ben volt hatásosabb.

4.1.2. Intraorális íz-ingerlés

A nucleus accumbens-ben összesen 141 neuron aktivitását vizsgáltuk intraorális íz-ingerlés során. Az intraorálisan adott sós, savanyú, umami és keserű íz-oldatokra a shell régióban, míg az édes ízre a core régióban reagáltak a neuronok nagyobb arányban. A komplex ízként használt narancslé azonos arányban hatott mindkét területen.

4.1.3. Intragasztrikus ingerlés

A nucleus accumbens-ben összesen 64 neuron működését vizsgáltuk intragasztrikus infúzió kapcsán. Intragasztrikus infúzió során a NAcc-ben egyedül 60 mM-os MSG-oldat hatásában látható különbség: a core régióban az idegsejtek nagyobb arányú érzékenységet mutatnak, mint a shell régióbeliek. A többi vizsgált oldat (glukóz 60 mM, NaCl 60 és 150 mM) esetében azonos a hatás mértéke a NAcc mindkét szubdivíziójában.

Néhány alkalommal az édes és az umami ízek esetében az intragasztrikus infúzió megváltoztatta az idegsejtek intraorális stimulációra adott válaszkészségét.

4.2. Orbitofrontalis kérgi vizsgálatok eredményei

4.2.1. Elektrofiziológiai eredmények

4.2.1.1. Neurokémiai vizsgálatok

Az orbitofrontalis kéregben összesen 55 neuron aktivitását vizsgáltuk mikroelektroforetikus ingerlés során. A IOFC-ben mindegyik mikroiontoforetikus beadott anyag hatására a vizsgált neuronok azonos vagy nagyobb százaléka mutatott válaszkészséget, mint a mOFC-ben. A legszembetűnőbb különbség a D-glukóz, NA és GABA hatásában látszódik, míg Ach és DA esetén hasonló a két régió érzékenysége.

A medialis orbitofrontális kérgi GM idegsejtekről sajátos, a mOFC-beli glukóz-inszenzitív neuronoktól jellemzően eltérő endogén kémiai válaszkészségük bizonyosodott be. Az itt található DA-érzékeny sejtek egyike sem volt GM sejt, ugyanakkor a DA-ra nem érzékenyek negyede aktivitásváltozást mutatott D-glukózra. A NA esetében nem volt ilyen különbség a GM és a GIS sejtek érzékenysége között. Az Ach-ra nem válaszolóknak mindegyike GIS neuron volt, míg az Ach-szenzitív sejtek negyede glukóz-monitorozó idegsejtnek bizonyult. A GABA-ra gátlódott neuronok között közel kétszer akkora arányban voltak GM-k, mint a GABA-inszenzitívek között.

4.2.1.2. Intraorális íz-ingerlés

Az orbitofrontális kéregben összesen 41 neuron aktivitását vizsgáltuk intraorális íz-ingerlés során. A savanyú, az umami és a keserű íz-oldatok, valamint a narancslé nagyobb arányban okozott aktivitásváltozást a mOFC-ben, mint a IOFC-ben. A sós és édes íz tekintetében nincs nagy különbség a két régió között.

4.2.1.3. Intragasztrikus ingerlés

A medialis és lateralis orbitofrontális kéregben 37 neuron működését vizsgáltuk intragasztrikus infúzió kapcsán. Intragasztrikus infúzió során mindkét régióban találtunk 60 mM-os MSG, valamint 150 mM-os NaCl oldat hatására aktiválódó idegsejteket, de a 60 mM-os NaCl oldat csak a IOFC-ben váltott ki választ, hasonló arányban serkentődést és gátlást. Egyik vizsgált régióban sem regisztráltunk a 60 mM-os glukóz oldatra aktivitás változást mutató neuront.

4.2.2. Metabolikus változások

4.2.2.1. Vércukorszint változások

Akut és szubakut intraperitonealis glukóz-tolerancia tesztben hím patkányokat vizsgáltunk streptozotocin vagy fiziológiás sóoldat mOFC-beli agyi mikroinjekciója után. Akut GTT során (20 perccel a kezelés után) a 9. és 18. percben nem mutatkozott különbség a két csoport értékei között, azonban az ezt követő időszakban a streptozotocinnal kezelt állatok vércukor paraméterei változásának dinamikája eltérő volt, s a kontroll csoporthoz viszonyítva

a további két mérési időpontban ezeknél jóval nagyobb értékeket kaptunk (30': $p < 0,01$; 60': $p < 0,005$). A 120. percben – bár a STZ mikroinjekciós patkányok vércukorszintje ekkor is a kontrollokénál magasabb volt – a statisztikai elemzés nem igazolt szignifikáns eltérést a két csoport között.

4.2.2.2. Plazma metabolit eltérések

A plazma metabolit szinteket felnőtt hím patkányokban vizsgáltuk. A mOFC mikroinjekciót 30 perccel követően szérum össz-koleszterin, triglicerid és húgysav meghatározást végeztünk a STZ-kezelt és a kontroll csoportban. A vizsgált metabolitok közül a koleszterin és a húgysav koncentrációk érdemben nem különböztek, a trigliceridek esetében viszont szignifikáns eltérés mutatkozott: a STZ-kezelés hatására a szérum triglicerid szint számottevően megemelkedett ($p < 0,005$).

4.2.3. Magatartási vizsgálatok

4.2.3.1. Kondicionált íz-averzió

A kondicionált íz-averziós tesztekben hím Wistar patkányok tanulását vizsgáltuk. A mOFC mikroinjekciót 4 nappal követően került sor a kondicionálásra: a STZ-kezelt patkányok több szacharint fogyasztottak, mint a kontroll csoport állatai, de ez a különbség nem volt szignifikáns. A kondicionálás utáni 4. napon (teszt nap) mindkét csoport állatai szignifikánsan kevesebb szacharint fogyasztottak, mint a kondicionálási napon, de a két csoport tanulása között nem volt különbség.

4.2.3.2. Íz-reaktivitás változások

Az íz-reaktivitási tesztekben felnőtt hím patkányok magatartás-mintázatát vizsgáltuk. 1 héttel a STZ vagy a NaCl bilaterális mOFC-beli mikroinjekciója után az 5 alapíznek megfelelő oldatokat juttattuk az állatok szájüregébe az előzetesen beültetett íz-kanülökön keresztül. Kellemes ízek esetén mindkét csoportban szignifikáns volt a különbség az ingerzív és az averzív pontszámok között, a kellemetlen íz-oldatok esetében csak a kontroll csoportban volt ez az eltérés megfigyelhető. A csoportok pontszámai között nem volt szignifikáns eltérés,

de megfigyelhető, hogy a STZ mikroinjekciós állatok mind a kellemes, mind a kellemetlen ízeket kellemesebbnek találták, mint a kontroll csoport állatai.

5. Általános következtetések

Glukóz-monitorozó neuronokat – vagyis D-glukóz intracerebrális szintjének megemelkedésére tüzelési frekvenciájukat megváltoztató idegsejteket – már számos agyi régióban azonosítottak patkányban és majomban is, az agytörzstől [1] a magasabb előagyi területeken [19, 22, 23, 52] át a prefrontális-orbitofrontális kéregig [22, 23, 33, 39, 41]. Ezen idegsejteknek nem csak az endogén neurotranszmitterekre és neuromodulátorokra adott válaszai különböznek a glukóz-inszenzitív sejtekéitől [39, 41, 52], hanem exogén kémiai stimulusokra, így íz-ingerekre is eltérő módon reagálnak [39]. Kutatásunk során bebizonyosodott, hogy mind a nucleus accumbens, mind az orbitofrontális kéreg mindkét vizsgált régiójának GM neuronjaira is hasonló, a GIS unitoktól eltérő endogén és exogén kémiai érzékenység jellemző. Korábbi vizsgálatok azt is igazolták, hogy a kétféle (GR és GS) GM neuron típus eltérő dominanciájú a két NAcc szubdivízióban [52], ezt a mi kísérleteink is megerősítették. Ezek a kemoszenzoros idegsejtek az általunk vizsgált régiókban meglehetősen magas arányban képviseltetik magukat, akkorában, hogy működésük kellő erővel érvényesítheti sajátos funkcionális szerepüket e fontos limbikus kérgi struktúra regulációs folyamataiban. Adataink, korábbi, rhesus majmok orbitofrontális kérgében azonosított neuronokból nyert leleteinkkel együtt [22, 23] feltétlenül alátámasztani látszanak azt a nézetünket, amely szerint ezen orbitofrontális kérgi idegsejtek, a limbikus előagyi glukóz-monitorozó neuronhálózat fontos elemeiként, a belső és a külső környezet humorális szignáljainak egyidejű monitorozásával és integrációjával nélkülözhetetlen résztvevői a homeosztázis mindenkori egyensúlyát biztosító érzékeny szabályozó folyamatoknak.

Az egészséges szervezetben a központi idegrendszer fontos feladata az anyagcsere folyamatok igen finom ellenőrzésének irányítása, amiben egyaránt szerep jut metabolikus (lebomló tápanyagok, zsírsavak, aminosavak, különféle metabolitok, stb.), humorális-hormonális (inzulin, leptin, glukagon, GLP-1, stb.) és összetett idegi tényezőknek, amelyek között megtalálhatjuk nem csak a perifériáról, hanem a különböző agyterületek specifikus kemoszenzoros neuronjaiból érkező sajátos információkat is [22, 29, 51, 57]. Az élettani szempontból hatásos metabolizmus, ami igen szélsőséges környezeti feltételek közepette is fenntartja a homeosztázis egyensúlyát, nagyban függ a különféle perifériás jelzések megtartott

centrális érzékelésétől. Ha az e feladatot ellátó specifikus kemoszenzoros neuronok működésében bármiféle zavar lép fel, súlyos metabolikus-homeosztatis kórállapotok alakulhatnak ki, olyanok, mint pl. az obezitás vagy a diabetes mellitus [22, 29].

A különféle íz-minőségekre érzékeny idegsejtek differenciált topográfiai megoszlására vonatkozóan állnak már rendelkezésre irodalmi adatok [58, 62]. Mind a NAcc, mind az OFC vizsgált szubrégiói között kimutatható volt a különbség az intraorálisan adott oldatokra adott válaszaikban. Már korábban kimutatták a gyomorban olyan kemoreceptorok jelenlétét, melyek képesek érzékelni pl. a D-glukózt [50, 61], a nátrium-glutamátot [50, 60], valamint a nátrium-kloridot [50]. Az intragasztrikus ingerlések során mindkét vizsgált agyterületen sikerült bizonyítanunk az umami és sós oldatra érzékeny idegsejtek jelenlétét, valamint a NAcc neuronjai az édes oldat gyomorba juttatását is képesek voltak detektálni.

Kutatócsoportunkban már korábban kimutatták a NAcc-ben található GM neuronokat, valamint felvetették szerepüket az íz-érezékelésben [52], de eddig nem volt informáciánk ezen idegsejtek gastro-intestinalisan jelenlévő oldatok érzékelésében betöltött szerepéről. Vizsgálataink során először sikerült azonosítanunk ezen agyterületen olyan neuronokat, amelyek ilyen típusú exogén kémiai érzékenységük révén részt vehetnek a táplálékbevitel, az emésztési és felszívódási folyamatok szabályozásában.

Jelen kísérleteink bizonyítékot szolgáltatottak arra vonatkozóan is, hogy a medialis orbitofrontalis kéregben található kemoszenzoros neuronok valóban fontos szerepet játszanak a metabolizmus központi szabályozásában. A szakirodalomban elsőként kimutattuk, hogy az e területre juttatott kétoldali STZ mikroinjekció hatására komplex metabolikus tünetegyüttes jön létre: GTT során kóros glukóz tolerancia eltérést, egyfajta sajátos intoleranciát, továbbá a metabolit-mérésekben emelkedett plazma triglicerid koncentrációt állapítottunk meg. Ezen elváltozások együttes jelenléte megerősíti a kórállapot komplex metabolikus betegségnek megfelelő súlyos megítélését, amit az is alátámaszt, hogy magas plazma triglicerid szint – a többi között – jellemzően diabetes mellitusban és elhízásban fordulhat elő. Mind a szénhidrát, mind pedig a zsír anyagcsere zavarai más előagyi struktúrák (ventromedialis hypothalamus mag, mediodorsalis prefrontalis kéreg) esetében is a streptozotocin kezelés szokásos következményei voltak [22, 42]. Az eddigiek alapján általánosságban szintén érvényes igazságként kell leszögeznünk, hogy különböző agyterületeken a GM idegsejtek streptozotocinnal való elpusztítása sajátos táplálkozási és anyagcsere zavarok kialakulásához vezet [8, 22-24].

A kutatások során történt műszaki és informatikai fejlesztések nagyban hozzájárultak a vizsgálatok pontos kivitelezéséhez és a kapott adatok megfelelő értékeléséhez. Az általam

tervezett, programozott és megépített, számítógép által vezérelt készülékek segítségével nem csak precízebbek lettek az endogén és exogén stimulációk, hanem a beadó eszközök visszajelzéseinek elemzésével bizonyossá lehettünk a beadások időpontjáról és mennyiségéről. Az elvezetés során használt, általam írt on-line script nem csak vezérli a kísérletekben használt eszközöket, hanem az adatokat analizálva azonnali döntéshozatalt tesz lehetővé a vizsgálat folytatásával kapcsolatban. Az off-line script segítségével a vizsgálat minden részlete néhány kattintással elemezhető, a végleges adatok és ábrák exportálhatók, így azok rögtön felhasználhatóak statisztikai programokban vagy előadásokban/publikációkban.

Eredményeink alapján valószínűsíthető, hogy a nucleus accumbensben, a medialis és lateralis OFC-ben elhelyezkedő glukóz-monitorozó neuronok az endogén és exogén kémiai információk integrációjával, a humorális-metabolikus folyamatok szervezésével fontos szerepet játszanak az íz-információk feldolgozásában és a táplálkozás, továbbá az anyagcsere szabályozásának adaptív mechanizmusában. Leleteink nyomán az is joggal remélhető, hogy az utóbbi években a homeosztázis regulációjában újonnan felismerten szerepet játszó struktúrák – így az OFC is – egyre részletesebb megismerése hozzájárulhat új gyógyszer-targetek azonosításához, hatékony, új terápiás stratégiák kidolgozásához.

6. Összefoglalás

A nucleus accumbens és az orbitofrontalis kéreg homeosztázis központi szabályozásában való részvételének tanulmányozása céljából végzett vizsgálatunk az alábbi eredményekkel szolgáltak.

1. Extracelluláris egysejtelvezetéseink során a NAcc és az OFC mindegyik vizsgált régiójában azonosítottunk glukóz-monitorozó neuronokat. A NAcc-ben a core-ban (elsősorban GR sejtek), míg az OFC-ben a lateralis régióban magasabb a GM-sejtek aránya.
2. A NAcc core régiójában szignifikánsan nagyobb arányban találhatóak NA-ra érzékeny sejtek, azon belül is a neurotranszmitterre serkentődő neuronok.
3. A NAcc-ben a mikroiontoforetikusán adott DA-ra mindkét területen az idegsejtek azonos arányban mutattak válaszkészséget, viszont régióként válaszmintázatukat tekintve ellentétes az arányuk: a shell régióban a neurotranszmitterre gátlódó neuronok találhatóak nagyobb arányban, a core-ban a serkentődők. A D₁-receptor antagonistá a core-ban változtatta meg nagyobb arányban a neuronok

válaszkészségét, a D₂-receptor antagonistá pedig a shell-ben váltott ki ugyanilyen hatást.

4. Az OFC-ben mindegyik mikroiontoforetikus beadott anyag hatására a IOFC-ben vizsgált neuronok nagyobb százaléka mutatott válaszkészséget, mint a mOFC-ben.
5. A mOFC-ben a GM idegsejtekről sajátos, a glukóz-inszenzitív neuronokétól jellemzően eltérő endogén kémiai válaszkészség bizonyosodott be.
6. A NAcc-ben az intraorálisan adott sós, savanyú, umami és keserű íz-oldatokra a shell régióban reagáltak a neuronok nagyobb arányban.
7. A NAcc GR neuronjai vagy egyáltalán nem reagáltak az ízoldatokra, vagy válaszkészség esetén minimum 2 különböző ízre is megváltoztatták a tüzelési frekvenciájukat. Ezen sejtek nagyobb arányú érzékenységet mutattak savanyú, édes és keserű ízek esetében.
8. Az OFC-ben az intraorálisan adott íz-oldatok a mOFC-ben nagyobb, vagy azonos arányban okoztak aktivitásváltozást, mint a IOFC-ben.
9. A NAcc-ben az intragasztrikus infundált oldatokra (glukóz, MSG, NaCl) a core régióban az idegsejtek nagyobb vagy azonos arányban mutattak érzékenységet, mint a shell régióbeliek.
10. Az OFC-ben intragasztrikus infúzió során mindkét régióban kimutattunk MSG és NaCl oldatokra érzékeny neuronokat, de D-glukózzal aktivitás változást mutató idegsejtet ezen területeken nem találtunk.
11. A mOFC-be adott bilaterális STZ mikroinjekciót követő glukóz tolerancia tesztben a kezelt állatok vércukorértékei a 30. és 60. percben szignifikánsan magasabbak voltak, mint a kontroll csoportban.
12. A mOFC GM idegsejtjeinek STZ-nal való elpusztítása után a kontroll csoporthoz viszonyítva a vér triglicerid szintje szignifikánsan magasabb volt a STZ kezelt állatokban, míg az általunk vizsgált többi metabolit (húgysav, koleszterin) esetében nem találtunk jelentős eltérést.
13. A mOFC-ben a kondicionált íz-averzió kialakulásában nem volt kimutatható különbség a STZ kezelt és a kontroll csoport között.
14. Az íz-reaktivitási tesztek során a STZ kezelt állatok mind a kellemes, mind a kellemetlen ízek esetében a kontroll csoport egyedeinél több ingerstív és kevesebb averzív mintázatot mutattak.
15. Mindezen új adatok feltárásában és értékelésében nagy segítségünkre voltak az általam végrehajtott műszaki és informatikai fejlesztések.

7. Irodalomjegyzék

1. Adachi, A., et al., *Convergence of hepatportal glucose-sensitive afferent signals to glucose-sensitive units within the nucleus of the solitary tract*. Neurosci Lett, 1984. **46**(2): p. 215-8.
2. Adachi, A., et al., *Chemosensitive neurons in the area postrema of the rat and their possible functions*. Brain Res Bull, 1991. **26**(1): p. 137-40.
3. Adachi, A., M. Kobashi, and M. Funahashi, *Glucose-responsive neurons in the brainstem*. Obes Res, 1995. **3 Suppl 5**: p. 735S-740S.
4. Anand, B.K., et al., *Activity of Single Neurons in the Hypothalamic Feeding Centers: Effect of Glucose*. Am J Physiol, 1964. **207**: p. 1146-54.
5. Aou, S., et al., *Behavioral significance of monkey hypothalamic glucose-sensitive neurons*. Brain Res, 1984. **302**(1): p. 69-74.
6. Bloom, F.E., *To spritz or not to spritz: the doubtful value of aimless iontophoresis*. Life Sci, 1974. **14**(10): p. 1819-34.
7. Chaudhari, N. and S.D. Roper, *Molecular and physiological evidence for glutamate (umami) taste transduction via a G protein-coupled receptor*. Ann N Y Acad Sci, 1998. **855**: p. 398-406.
8. Egyed, R., B. Lukats, and Z. Karadi, *Diabetes mellitus-like metabolic deficits elicited by ventromedial hypothalamic streptozotocin microinjection*. J. Physiol. (Lond.), 2000. **526**: p. 173-174.
9. Funahashi, M. and A. Adachi, *Glucose-responsive neurons exist within the area postrema of the rat: in vitro study on the isolated slice preparation*. Brain Res Bull, 1993. **32**(5): p. 531-5.
10. Ganda, O.P., A.A. Rossini, and A.A. Like, *Studies on streptozotocin diabetes*. Diabetes, 1976. **25**(7): p. 595-603.
11. Garvey, W.T., T.P. Huecksteadt, and M.J. Birnbaum, *Pretranslational suppression of an insulin-responsive glucose transporter in rats with diabetes mellitus*. Science, 1989. **245**(4913): p. 60-3.
12. Grill, H.J. and R. Norgren, *The taste reactivity test. I. Mimetic responses to gustatory stimuli in neurologically normal rats*. Brain Res, 1978. **143**(2): p. 263-79.
13. Kadowaki, T., et al., *Decreased autophosphorylation of the insulin receptor-kinase in streptozotocin-diabetic rats*. J Biol Chem, 1984. **259**(22): p. 14208-16.
14. Kang, L., et al., *Physiological and molecular characteristics of rat hypothalamic ventromedial nucleus glucosensing neurons*. Diabetes, 2004. **53**(3): p. 549-59.
15. Karadi, Z., et al., *Lateral hypothalamic and amygdaloid neuronal responses to chemical stimuli in the rhesus monkey*. In: H. Morita (Ed.), Proceedings 22nd Japanese Symposium on Taste and Smell, Asahi University Press, Gifu, 1988: p. 121-124.
16. Karadi, Z., et al., *Olfactory coding in the monkey lateral hypothalamus: behavioral and neurochemical properties of odor-responding neurons*. Physiol Behav, 1989. **45**(6): p. 1249-57.
17. Karadi, Z., et al., *Responses of lateral hypothalamic glucose-sensitive and glucose-insensitive neurons to chemical stimuli in behaving rhesus monkeys*. J Neurophysiol, 1992. **67**(2): p. 389-400.
18. Karadi, Z., et al., *Glucose-sensitive neurons of the globus pallidus: II. Complex functional attributes*. Brain Res Bull, 1995. **37**(2): p. 157-62.
19. Karadi, Z., et al., *Role of forebrain glucose-monitoring neurons in the central control of feeding: II. Complex functional attributes*. Neurobiology (Bp), 1995. **3**(3-4): p. 241-56.

20. Karadi, Z., et al., *Complex functional attributes of amygdaloid gustatory neurons in the rhesus monkey*. Ann N Y Acad Sci, 1998. **855**: p. 488-92.
21. Karadi, Z., et al., *Integrative processing of endogenous and exogenous chemical signals by glucose-monitoring neurons of the primate orbitofrontal cortex*. Appetite, 1998. **31**(2): p. 263.
22. Karadi, Z., et al., *The central glucose-monitoring neural network: major protector of the adaptive homeostatic balance for well being of the organism*. International Congress Series, 2004. **1269**(0): p. 30-33.
23. Karadi, Z., et al., *Involvement of forebrain glucose-monitoring neurons in taste information processing: electrophysiological and behavioral studies*. Chem Senses, 2005. **30 Suppl 1**: p. i168-9.
24. Keszthelyi, Z., et al., *The central effect of chromium on glucose metabolism*. Pharmacopsychiatry, 2004. **37**(5): p. 242.
25. Kruk, Z.L., M. Armstrong-James, and J. Millar, *Measurement of the concentration of 5-hydroxytryptamine ejected during iontophoresis using multibarrel carbon fibre microelectrodes*. Life Sci, 1980. **27**(22): p. 2093-8.
26. Kuriyama, K., et al., *Actions of interferon alpha and interleukin- 1 beta on the glucose-responsive neurons in the ventromedial hypothalamus*. Brain Res Bull, 1990. **24**(6): p. 803-10.
27. Lenard, L., et al., *Glucose-sensitive neurons of the globus pallidus: I. Neurochemical characteristics*. Brain Res Bull, 1995. **37**(2): p. 149-55.
28. Lenard, L., et al., *Role of forebrain glucose-monitoring neurons in the central control of feeding: I. Behavioral properties and neurotransmitter sensitivities*. Neurobiology (Bp), 1995. **3**(3-4): p. 223-39.
29. Levin, B.E., *Metabolic sensing neurons and the control of energy homeostasis*. Physiol Behav, 2006. **89**(4): p. 486-9.
30. Like, A.A. and A.A. Rossini, *Streptozotocin-induced pancreatic insulinitis: new model of diabetes mellitus*. Science, 1976. **193**(4251): p. 415-7.
31. Lukats, B., et al., *Homeostatic alterations induced by interleukin-1beta microinjection into the orbitofrontal cortex in the rat*. Appetite, 2005. **45**(2): p. 137-47.
32. Lukats, B., R. Egyed, and Z. Karadi, *Single neuron activity changes to interleukin-1beta in the orbitofrontal cortex of the rat*. Brain Res, 2005. **1038**(2): p. 243-6.
33. Lukats, B., et al., *Electrophysiological and behavioral evidences of the feeding-related neuronal processes in the orbitofrontal cortex*. International Congress Series, 2007. **1301**(0): p. 230-233.
34. Lukáts, B., et al., *Feeding-related neuronal processes of the orbitofrontal cortex: electrophysiological and behavioral studies in rats and rhesus monkeys*, in FENS. 2006.
35. Maldonado-Irizarry, C.S. and A.E. Kelley, *Excitotoxic lesions of the core and shell subregions of the nucleus accumbens differentially disrupt body weight regulation and motor activity in rat*. Brain Res Bull, 1995. **38**(6): p. 551-9.
36. Minami, T., Y. Oomura, and M. Sugimori, *Electrophysiological properties and glucose responsiveness of guinea-pig ventromedial hypothalamic neurones in vitro*. J Physiol, 1986. **380**: p. 127-43.
37. Mizuno, Y. and Y. Oomura, *Glucose responding neurons in the nucleus tractus solitarius of the rat: in vitro study*. Brain Res, 1984. **307**(1-2): p. 109-16.
38. Mogensen, J. and I. Divac, *Behavioural changes after ablation of subdivisions of the rat prefrontal cortex*. Acta Neurobiol Exp (Wars), 1993. **53**(3): p. 439-49.
39. Nagy, B., et al., *Glucose-monitoring neurons in the mediodorsal prefrontal cortex*. Brain Res, 2012. **1444**: p. 38-44.

40. Nagy, B., et al., *Taste reactivity alterations after streptozotocin microinjection into the mediodorsal prefrontal cortex*. Behav Brain Res, 2012. **234**(2): p. 228-32.
41. Nagy, B., et al., *Noradrenaline and acetylcholine responsiveness of glucose-monitoring and glucose-insensitive neurons in the mediodorsal prefrontal cortex*. Brain Res, 2014. **1543**: p. 159-64.
42. Nagy, B., et al., *Impaired glucose tolerance after streptozotocin microinjection into the mediodorsal prefrontal cortex of the rat*. Acta Physiol Hung, 2016. **103**(4): p. 403-12.
43. Nakano, Y., et al., *Feeding-related activity of glucose- and morphine-sensitive neurons in the monkey amygdala*. Brain Res, 1986. **399**(1): p. 167-72.
44. Nakano, Y., et al., *Functional involvement of catecholamines in reward-related neuronal activity of the monkey amygdala*. J Neurophysiol, 1987. **57**(1): p. 72-91.
45. Oomura, Y., et al., *Reciprocal Activities of the Ventromedial and Lateral Hypothalamic Areas of Cats*. Science, 1964. **143**(3605): p. 484-5.
46. Oomura, Y., et al., *Glucose and osmosensitive neurones of the rat hypothalamus*. Nature, 1969. **222**(5190): p. 282-4.
47. Oomura, Y., *Input-output organization of the hypothalamus relating to food intake behavior*, in *Handbook of the hypothalamus*, P.J. Morgane and P. J., Editors. 1980: Marcel Dekker, New York. p. 557-620.
48. Oomura, Y. and H. Yoshimatsu, *Neural network of glucose monitoring system*. J Auton Nerv Syst, 1984. **10**(3-4): p. 359-72.
49. Oomura, Y., *Chemical and neuronal control of feeding motivation*. Physiol Behav, 1988. **44**(4-5): p. 555-60.
50. Otsubo, H., et al., *Induction of Fos expression in the rat forebrain after intragastric administration of monosodium L-glutamate, glucose and NaCl*. Neuroscience, 2011. **196**: p. 97-103.
51. Pannacciulli, N., et al., *Postprandial glucagon-like peptide-1 (GLP-1) response is positively associated with changes in neuronal activity of brain areas implicated in satiety and food intake regulation in humans*. Neuroimage, 2007. **35**(2): p. 511-7.
52. Papp, S., et al., *Glucose-monitoring neurons in the nucleus accumbens*. Neuroreport, 2007. **18**(15): p. 1561-5.
53. Paxinos, G.W.C., *The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates*. Academic Press, Inc., 1997.
54. Pellegrino, L.J., A.S. Pellegrino, and A.J. Cushman, *A Stereotaxic Atlas of the Rat Brain*. 2nd ed. 1979: Plenum Press: New York.
55. Purves, R.D., *Microelectrode methods for intracellular recording and iontophoresis*. London: Academic Press, 1981.
56. Rakieten, N., M.L. Rakieten, and M.R. Nadkarni, *Studies on the diabetogenic action of streptozotocin (NSC-37917)*. Cancer Chemother Rep, 1963. **29**: p. 91-8.
57. Rocca, A.S. and P.L. Brubaker, *Role of the vagus nerve in mediating proximal nutrient-induced glucagon-like peptide-1 secretion*. Endocrinology, 1999. **140**(4): p. 1687-94.
58. Rolls, E.T., *Functions of the orbitofrontal and pregenual cingulate cortex in taste, olfaction, appetite and emotion*. Acta Physiol Hung, 2008. **95**(2): p. 131-64.
59. Routh, V.H., *Glucosensing neurons in the ventromedial hypothalamic nucleus (VMN) and hypoglycemia-associated autonomic failure (HAAF)*. Diabetes Metab Res Rev, 2003. **19**(5): p. 348-56.
60. San Gabriel, A.M., et al., *mGluR1 in the fundic glands of rat stomach*. FEBS Lett, 2007. **581**(6): p. 1119-23.

61. Sclafani, A., *Sweet taste signaling in the gut*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2007. **104**(38): p. 14887-8.
62. Scott, T.R., et al., *Gustatory neural coding in the amygdala of the alert macaque monkey*. J Neurophysiol, 1993. **69**(6): p. 1810-20.
63. Song, Z., et al., *Convergence of pre- and postsynaptic influences on glucosensing neurons in the ventromedial hypothalamic nucleus*. Diabetes, 2001. **50**(12): p. 2673-81.
64. Spector, A.C., P. Breslin, and H.J. Grill, *Taste reactivity as a dependent measure of the rapid formation of conditioned taste aversion: a tool for the neural analysis of taste-visceral associations*. Behav Neurosci, 1988. **102**(6): p. 942-52.
65. Szabo, I., et al. *Complex functional attributes of neurons in the orbitofrontal cortex (in Hungarian)*. in *2nd Interdisciplinary Doctoral Conference*. 2013. Pécs, Hungary.
66. Szabo, I., et al., *[Glucose-monitoring neurons of the medial ventrolateral prefrontal (orbitofrontal) cortex are involved in the maintenance of homeostasis]*. Orv Hetil, 2017. **158**(18): p. 692-700.
67. Szabo, I., et al., *Multiple functional attributes of glucose-monitoring neurons in the medial orbitofrontal (ventrolateral prefrontal) cortex*. Neurosci Biobehav Rev, 2018. **85**: p. 44-53.
68. Szkudelski, T., *The mechanism of alloxan and streptozotocin action in B cells of the rat pancreas*. Physiol Res, 2001. **50**(6): p. 537-46.
69. Takacs, G., et al., *Taste reactivity alterations after IL-1beta microinjection into the ventromedial hypothalamic nucleus of the rat*. Neurosci Res, 2008. **62**(2): p. 118-22.
70. Takacs, G., et al., *Homeostatic alterations after IL-1beta microinjection into the nucleus accumbens of the rat*. Appetite, 2010. **54**(2): p. 354-62.
71. Takacs, G., et al., *Insulin and leptin plasma levels after the microinjection of interleukin-1beta into the nucleus accumbens of the rat*. Acta Physiol Hung, 2012. **99**(4): p. 472-8.
72. Villablanca, J.R., C.E. Olmstead, and I. de Andres, *Effects of caudate nuclei or frontal cortical ablations in kittens: responsiveness to auditory stimuli and comparisons with adult-operated littermates*. Exp Neurol, 1978. **61**(3): p. 635-49.
73. Watanabe, S. and M.T. Matheus, *[Comparative study of the gustatory sensory receptors of mammals]*. Rev Assoc Paul Cir Dent Reg Aracatuba, 1980. **1**(1): p. 39-43.

8. Publikációs jegyzék

A teljes publikációs lista a következő címen megtalálható:

<https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=10016612>

Összesített impakt faktor: 30,792; független hivatkozások száma: 48 (összes: 74).

8.1. A dolgozat alapjául szolgáló publikációk

Szabó I, Nagy B, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Karádi Z: Az idegsejtek komplex funkcionális sajátosságai az orbitofrontalis kéregben. IDK2013 konferenciakötet (2014)

Szabó I, Hormay E, Csetényi B, Nagy B, Karádi Z: A medialis ventrolateralis praefrontalis (orbitofrontalis) kéreg glükózmonitorozó idegsejtjei szerepet játszanak a homeosztázis fenntartásában. Orvosi Hetilap 158:(18) pp. 692-700. (2017) [IF: 0.322]

Szabó I, Hormay E, Csetényi B, Nagy B, Lénárd L, Karádi Z: Multiple functional attributes of glucose-monitoring neurons in the medial orbitofrontal (ventrolateral prefrontal) cortex. Neurosci Biobehav Rev. 85: pp. 44-53. (2018) [IF: 8.037]

Nagy B, **Szabó I**, Csetényi B, Hormay E, Papp S, Keresztes D, Karádi Z: Noradrenaline and acetylcholine responsiveness of glucose-monitoring and glucose-insensitive neurons in the mediodorsal prefrontal cortex. Brain Research 1543: pp. 159-164. (2014) [IF: 3.125]

Nagy B, **Szabó I**, Takács G, Csetényi B, Hormay E, Karádi Z: Impaired glucose tolerance after streptozotocin microinjection into the mediodorsal prefrontal cortex of the rat. Physiology International 103:(4) pp. 403-412. (2016) [IF: 0.571]

8.2. Egyéb impaktfaktoros publikációk

Vereczkei A, Szalay C, Aradi M, Schwarz A, Orsi G, Perlaki G, Karádi Z, Németh L, Hanna S, Takács G, **Szabó I**, Bajnok L, Mohos E, Lénárd L, Dóczy T, Janszky J, Komoly S, Horváth ÖP: Ízstimulációval kiváltott agyi tevékenység funkcionális MR-vizsgálata elhízásban. Magyar Sebészet: 2011 Dec;64(6):289-93 [IF: 0.12]

Nagy B, **Szabó I**, Papp Sz, Takács G, Szalay Cs, Karádi Z: Glucose-monitoring neurons in the mediodorsal prefrontal cortex. Brain Research 1444: pp. 38-44. (2012) [IF: 3.125]

Szalay Cs, Aradi M, Schwarcz A, Orsi G, Perlaki G, Németh L, Hanna S, Takács G, **Szabó I**, Bajnok L, Vereczkei A, Dóczy T, Janszky J, Komoly S, Horváth ÖP, Lénárd L, Karádi Z: Gustatory perception alterations in obesity: An fMRI study. Brain Research 1473: pp. 131-140. (2012) [IF: 3.125]

Nagy B, Takács G, **Szabó I**, Lénárd L, Karádi Z: Taste reactivity alterations after streptozotocin microinjection into the mediodorsal prefrontal cortex. Behavioural Brain Research 234:(2) pp. 228-232. (2012) [IF: 3.173]

- Takács G, Szalay Cs, Nagy B, **Szabó I**, Simon D, Berki T, Karádi Z: Insulin and leptin plasma levels after the microinjection of interleukin-1 β into the nucleus accumbens of the rat. *Acta Physiologica Hungarica* 99:(4) pp. 472-478. (2012) [IF: 0.571]
- Petykó Z, Gálosi R, Tóth A, Máté K, Szabó I, **Szabó I**, Karádi Z, Lénárd L: Responses of rat medial prefrontal cortical neurons to Pavlovian conditioned stimuli and to delivery of appetitive reward. *Behav Brain Res.* 287: pp. 109-119. (2015) [IF: 3.173]
- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Takács G, Nagy B, László K, Karádi Z: Food and water intake, body temperature and metabolic consequences of interleukin-1 β microinjection into the cingulate cortex of the rat. *Behav Brain Res.* 331: pp. 115-122. (2017) [IF: 3.173]
- Hormay E, László B, **Szabó I**, Ollmann T, Nagy B, Péczely L, Mintál K, Karádi Z: The effect of loss of the glucose-monitoring neurons in the anterior cingulate cortex: Physiologic challenges induce complex feeding-metabolic alterations after local streptozotocin microinjection in rats. *Neuroscience Research* (2019) [IF: 2.277]

8.3. Egyéb publikációk

- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Bajnok Góré M, Hideg B, Karádi Z: Cinguláris kérgi IL-1 β mikroinjekció hatása a táplálkozásra és anyagcserére laboratóriumi patkányban. IDK2014 konferenciakötet (2015)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: A cinguláris kéreg streptozotocin mikroinjekciójának hatása a glukóz toleranciára laboratóriumi patkányban. IDK2014 konferenciakötet (2015)
- Guth K, Budai A, Mikó-Baráth E, **Szabó I**, Jandó G: Innovatív megoldások a látásszűrésben. VI. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2017 – Tanulmánykötet (2017)
- Guth K, Budai A, **Szabó I**, Jandó G: Látásszűrés az informatika segítségével. Tavasz Szél 2017 – Tanulmánykötet (2017)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Íz-érzékelés a gasztrointesztinális rendszerben. Tavasz Szél 2018 – Tanulmánykötet (2018)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Endogenous and exogenous chemical responsiveness in nucleus accumbens. VII. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia – Tanulmánykötet (2018)

8.4. Citálható absztraktok

- Nagy B, **Szabó I**, Papp Sz, Takács G, Szalay Cs, Faragó B, Keresztes D, Fotakos D, Karádi Z: The effect of intragastric and intraoral chemical stimulation on glucose monitoring neurons in the mediodorsal prefrontal cortex. *Acta Physiologica Hungarica* 97:(4) p. 463. (2010)
- Takács G, Szalay Cs, Nagy B, **Szabó I**, Fotakos D, Csulak T, Németh L, Keresztes D, Hanna S, Hideg B, Faragó B, Csulak E, Karádi Z: Taste perception alterations in the background of interleukin-1 β mediated anorexia in the limbic forebrain. *Acta Physiologica Hungarica* 97:(4) p. 480. (2010)
- Karádi Z, Nagy B, **Szabó I**, Fotakos D, Keresztes D, Hideg B, Faragó B: Responsiveness of forebrain glucose-monitoring neurons to intraorally and intragastrically delivered monosodium glutamate. *Chemical Senses* 36:(1) p. E10. (2011)
- Karádi Z, Nagy B, **Szabó I**, Szalay Cs, Takács G, Keresztes D, Hideg B, Faragó B, Góré MB, Lénárd L: Complex functional attributes of forebrain glucose-monitoring neurons in the maintenance of homeostasis. *Acta Physiologica* 202:(Suppl684) p. 49-50. (2011)
- Nagy B, **Szabó I**, Papp Sz, Takács G, Szalay Cs, Keresztes D, Faragó B, Hideg B, Góré MB, Karádi Z: Characteristic dopamine sensitivity pattern and chemical information processing of glucose-monitoring neurons in the mediodorsal prefrontal cortex. *Acta Physiologica* 202:(Suppl684) p. 85. (2011)
- Szabó I**, Nagy B, Takács G, Szalay Cs, Papp Sz, Hideg B, Faragó B, Góré MB, Keresztes D, Karádi Z: Glucose monitoring neurons: Endogenous and exogenous chemical sensitivity in the nucleus accumbens. *Acta Physiologica* 202:(Suppl684) p. 112. (2011)
- Nagy B, **Szabó I**, Keresztes D, Faragó B, Hideg B, Góré MB, Karádi Z: Electrophysiological characteristics of feeding associated mdPFC neurons. *Ideggyógyászati Szemle/Clinical Neuroscience* 65:(Suppl1) p. 47. (2012)
- Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Faragó B, Góré MB, Karádi Z: Endogenous and exogenous chemical responsiveness of umami sensitive neurons in the nucleus accumbens. *Ideggyógyászati Szemle/Clinical Neuroscience* 65:(Suppl1) p. 62. (2012)
- Szabo I**, Hormay E, Csetenyi B, Nagy B, Gore MB, Karadi Z: Complex functional attributes of glucose-monitoring neurons in medial orbitofrontal cortex and their homeostatic significance. *Acta Physiologica* 211:(697) p. 150. (2014)
- Csetenyi B, Hormay E, Nagy B, **Szabo I**, Gore MB, Karadi Z: IL-1 beta modifies the taste reactivity in the cingulate cortex of the rat. *Acta Physiologica* 211:(697) pp. 143-144. (2014)
- Hormay E, Csetenyi B, **Szabo I**, Nagy B, Hideg B, Gore MB, Karadi Z: Complex functional attributes of cingulate cortex glucose-monitoring neurons and their metabolic significance. *Acta Physiologica* 211:(697) p. 144. (2014)

Petyko Z, Toth A, Galosi R, **Szabo I**, Mate K, Szabo I, Karadi Z, Lenard L: Neuronal responses of the rat medial prefrontal cortex during appetitive classical conditioning. *Acta Physiologica* 211:(697) p. 160. (2014)

Szabó I, Hormay E, Csetényi B, Torda V, Tóth M, Karádi Z: Complex functional attributes of orbitofrontal cortical glucose-monitoring neurons. *Obesitologia Hungarica* 14:(Suppl2) p. 58. (2015)

Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Tóth M, Torda V, Karádi Z: Cingulate cortex IL-1 β mediated mechanisms in the regulation of feeding and metabolism in the rat. *Obesitologia Hungarica* 14:(Suppl2) pp. 57-58. (2015)

Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Torda V, Tóth M, Karádi Z: Glucose-monitoring neurons of the rat cingulate cortex: feeding and metabolic significance. *Obesitologia Hungarica* 14:(Suppl2) pp. 57-58. (2015)

Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Torda V, Tóth M, Karádi Z: A cinguláris kérgi glukóz monitorozó neuronok szerepe a táplálkozás és anyagcsere szabályozásban. *Obesitologia Hungarica* 16:(Suppl1) p. 14. (2017)

8.5. Előadások és konferencia absztraktok

Nagy B, Takács G, Szalay Cs, **Szabó I**, Keresztes D, Hideg B, Fotakos D. és Karádi Z: A mediodorzális prefrontalis kéreg idegsejtjeinek endogén és exogén kémiai érzékenysége. *Biológus doktoranduszok konferenciája 2009, Pécs* (előadás)

Nagy B, **Szabó I**, Takács G, Szalay Cs, Keresztes D, Hideg B, Fotakos D, Faragó B, Karádi Z: Neurochemical attributes and taste responsiveness of neurons in the mediodorsal prefrontal cortex. *IBRO International Workshop 2010, Pécs* (poszter)

Fotakos D, Hideg B, **Szabó I**, Takács G, Szalay Cs, Nagy B, Karádi Z: The effect of intraoral and intragastric administrations of chemicals on glucose monitoring neurons in the cingulate cortex of the rat. *IBRO International Workshop 2010, Pécs* (poszter)

Takács G, Szalay Cs, Nagy B, Fotakos D, **Szabó I**, Keresztes D, Németh L, Hanna S, Csulak T, Hideg B, Faragó B, Karádi Z: Feeding and taste perception alterations after IL-1 beta microinjection into the nucleus accumbens. *IBRO International Workshop 2010, Pécs* (poszter)

Nagy B, **Szabó I**, Takács G, Szalay Cs, Faragó B, Keresztes D, Fotakos D, Karádi Z: Intragastrikus és intraorális kémiai stimuláció hatása a mediodorsalis prefrontalis kéreg neuronjaira. *A Magyar Élettani Társaság (MÉT) LXXIV. Vándorgyűlése és a Magyar Kísérletes és Klinikai Farmakológia Társaság (MFT) II. közös tudományos konferenciája, Szeged, 2010* (poszter)

- Takács G, Szalay Cs, Nagy B, **Szabó I**, Fotakos D, Csulak T, Németh L, Keresztes D, Hanna S, Hideg B, Faragó B, Csulak E, Karádi Z: Íz-percepció változások a limbikus előagyi interleukin-1 β mediálta anorexia hátterében. A Magyar Élettani Társaság (MÉT) LXXIV. Vándorgyűlése és a Magyar Kísérletes és Klinikai Farmakológia Társaság (MFT) II. közös tudományos konferenciája, Szeged, 2010 (poszter)
- Fotakos D, Hideg B, **Szabo I**, Szalay C, Takacs G, Nagy B, Karadi Z: The effect of gustatory and intragastric chemical stimulation on glucose-monitoring neurons in the cingulate cortex of the rat. 7th FENS Forum of European Neuroscience, Amsterdam, The Netherlands, 2010 (poszter)
- Nagy B, **Szabo I**, Takacs G, Szalay C, Keresztes D, Hideg B, Fotakos D, Farago B, Karadi Z: Mediodorsal prefrontal cortex glucose-monitoring neurons change in activity in response to intraorally and intragastrically delivered chemical stimuli. 7th FENS Forum of European Neuroscience, Amsterdam, The Netherlands, 2010 (poszter)
- Takács G, Szalay C, Nagy B, Fotakos D, **Szabó I**, Keresztes D, Németh L, Hanna S, Csulak T, Hideg B, Faragó B, Karádi Z: Involvement of interleukin-1beta in the control of feeding and taste perception in the nucleus accumbens. 7th FENS Forum of European Neuroscience, Amsterdam, The Netherlands, 2010 (poszter)
- Karádi Z, Nagy B, **Szabó I**, Fotakos D, Keresztes D, Hideg B, Faragó B: Responsiveness of Forebrain Glucose-Monitoring Neurons to Intraorally and Intragastrically Delivered Monosodium Glutamate. ECRO, European Chemoreception Research Organization, XXth Congress, Avignon, France, 2010 (poszter)
- Szabó I**, Nagy B, Takács G, Szalay C, Papp S, Hideg B, Faragó B, Bajnok Góré M, Keresztes D, Karádi Z: Endogenous and Exogenous Chemical Sensitivity of Glucose Monitoring Neurons in the Nucleus Accumbens. 13th Conference of the Hungarian Neuroscience Society (MITT), Budapest, Hungary, 2011 (poszter)
- Nagy B, **Szabó I**, Papp S, Takács G, Szalay C, Keresztes D, Faragó B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Glucose-monitoring neurons in the mediodorsal prefrontal cortex: responsiveness to dopamine and exogenous chemical stimuli. 13th Conference of the Hungarian Neuroscience Society (MITT), Budapest, Hungary, 2011 (poszter)
- Karádi Z, Nagy B, **Szabó I**, Szalay Cs, Takács G, Keresztes D, Hideg B, Faragó B, Bajnok Góré M, Lénárd L: Complex functional attributes of forebrain glucose-monitoring neurons in the maintenance of homeostasis. A Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs, Élettani Társaságok közös tudományos konferenciája (FAMÉ), Pécs, 2011 (előadás)
- Szabó I**, Nagy B, Takács G, Szalay Cs, Papp Sz, Hideg B, Faragó B, Bajnok Góré M, Keresztes D, Karádi Z: Glukóz-monitorozó idegsejtek: endogén és exogén kémiai érzékenység a nucleus accumbens-ben. A Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs, Élettani Társaságok közös tudományos konferenciája (FAMÉ), Pécs, 2011

- Nagy B, **Szabó I**, Papp Sz, Takács G, Szalay Cs, Keresztes D, Faragó B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: A mediodorzális prefrontális kéreg glukóz-monitorozó idegsejtjeinek sajátos dopamin érzékenységi mintázata és kémiai információ feldolgozása. A Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs, Élettani Társaságok közös tudományos konferenciája (FAMÉ), Pécs, 2011 (poszter)
- Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Faragó B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Endogenous and exogenous chemical responsiveness of umami sensitive neurons in the nucleus accumbens. IBRO International Workshop 2012, Szeged, Hungary (poszter)
- Nagy B, **Szabó I**, Keresztes D, Faragó B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Electrophysiological characteristics of feeding associated mdPFC neurons. IBRO International Workshop 2012, Szeged, Hungary (poszter)
- Szabó I**, Nagy B, Ábrahám I, Lénárd L, Karádi Z: Ösztrogén hatása a nucleus basalis magnocellularis idegsejtjeinek neurokémiai excitabilitására egérben in vivo. A Magyar Élettani Társaság, a Magyar Anatómusok Társasága, a Magyar Biofizikai Társaság és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság Kongresszusa, Debrecen, 2012 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Faragó B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Endogén és exogén kémiai ingerek hatása az umami-érzékeny idegsejtekre patkány cinguláris kérgében. A Magyar Élettani Társaság, a Magyar Anatómusok Társasága, a Magyar Biofizikai Társaság és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság Kongresszusa, Debrecen, 2012 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Faragó B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Patkány cinguláris kéreg glukóz-monitorozó idegsejtjeinek exogén és endogén kémiai érzékenysége. A Magyar Élettani Társaság, a Magyar Anatómusok Társasága, a Magyar Biofizikai Társaság és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság Kongresszusa, Debrecen, 2012 (poszter)
- Nagy B, **Szabó I**, Takács G, Faragó B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: A prefrontális kéreg glukóz-monitorozó idegsejtjeinek szerepe az íz-reaktivitási mintázatok kialakulásában. A Magyar Élettani Társaság, a Magyar Anatómusok Társasága, a Magyar Biofizikai Társaság és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság Kongresszusa, Debrecen, 2012 (poszter)
- Szabó I**, Nagy B, Takács G, Papp S, Hideg B, Faragó B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Endogenous and exogenous chemical sensitivity of glucose-monitoring and glutamate sensitive neurons in the nucleus accumbens. 8th FENS Forum of Neuroscience, Barcelona, Spain, 2012 (poszter)
- Nagy B, Takács G, **Szabó I**, Szalay C, Keresztes D, Faragó B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Taste reactivity deficit after streptozotocin microinjection into the mediodorsal prefrontal cortex. 8th FENS Forum of Neuroscience, Barcelona, Spain, 2012 (poszter)

- Szabó I**, Nagy B, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Zoltán Karádi: Endogenous and exogenous chemical responsiveness in the medial orbitofrontal cortex. A Magyar Idegtudományi Társaság XIV. Konferenciája, Budapest, 2013 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Bajnok Góré M, Hideg B, Karádi Z: Homeostatic alterations after IL-1 β microinjection into the cingulate cortex of the rat. A Magyar Idegtudományi Társaság XIV. Konferenciája, Budapest, 2013 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Catecholamine responsiveness of glucose-monitoring neurons in the cingulate cortex of the rat. A Magyar Idegtudományi Társaság XIV. Konferenciája, Budapest, 2013 (poszter)
- Szabó I**, Nagy B, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Karádi Z: Az idegsejtek komplex funkcionális sajátosságai az orbitofrontalis kéregben. II. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia, Pécs, 2013 (előadás)
- Szabó I**, Nagy B, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Karádi Z: Medialis és lateralis orbitofrontalis kérgi idegsejtek komplex funkcionális sajátosságai. A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa, Budapest, 2013 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Bajnok Góré M, Hideg B, Karádi Z: A cinguláris kéregbe adott IL-1 β mikroinjekció homeosztatisz hatásai patkányban. A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa, Budapest, 2013 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: A glukóz-monitorozó idegsejtek katekolamin érzékenysége és intraorális íz-ingerlésre adott válaszai patkány cinguláris kérgében. A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa, Budapest, 2013 (poszter)
- Nagy B, **Szabó I**, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Karádi Z: Kóros glukóz tolerancia a mediodorzális prefrontális kéreg streptozotocin mikroinjekcióját követően patkányban. A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa, Budapest, 2013 (poszter)
- Szabó I**, Nagy B, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Karádi Z: Neurochemical responsiveness and taste sensitivity of neurons in the medial and lateral orbitofrontal cortex of the rat. 2nd International Doctoral Workshop on Natural Sciences 2013, Pécs, 2013 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Bajnok Góré M, Hideg B, and Karádi Z: Interleukin-1 β microinjection into the cingulate cortex induces homeostatic changes in the rat. 2nd International Doctoral Workshop on Natural Sciences 2013, Pécs, 2013 (előadás)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Complex functional attributes of neurons in the cingulate cortex of the rat. 2nd International Doctoral Workshop on Natural Sciences 2013, Pécs, 2013 (előadás)

- Nagy B, **Szabó I**, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Karádi Z: Metabolic alterations after streptozotocin microinjection into the mediodorsal prefrontal cortex. 2nd International Doctoral Workshop on Natural Sciences 2013, Pécs, 2013
- Szabó I**: The central regulation of feeding and metabolism: The glucose-monitoring system. Encontro com Pesquisadores de Universidade de Pécs (Hungria): reforçando a internacionalização da USP, Universidade de São Paulo (USP), Brasília, 2013 (előadás)
- Szabó I**: The central regulation of feeding and metabolism: The glucose-monitoring system. Programa de Pós-graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, Centro Biomédico, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Brasília, 2013 (előadás)
- Szabó I**, Nagy B, Hormay E, Csetényi B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Nucleus Accumbens and Orbitofrontal Cortex: Endogenous and Exogenous Chemical Responsiveness of Neurons in the Rat. IBRO Workshop 2014, Debrecen, 2014 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Bajnok Góré M, Hideg B, Karádi Z: Feeding and metabolic consequences of IL-1 β microinjection into the cingulate cortex in the rat. IBRO Workshop 2014, Debrecen, 2014 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Streptozotocin microinjection into the cingulate cortex alters glucose tolerance in the rat. IBRO Workshop 2014, Debrecen, 2014 (poszter)
- Nagy B, **Szabó I**, Csetényi B, Hormay E, Bajnok Góré M, Karádi Z: Metabolic Effects of Local Microinjection of Streptozotocin into the Mediodorsal Prefrontal Cortex. IBRO Workshop 2014, Debrecen, 2014 (poszter)
- Hartung K, Kósa B, Füge K, **Szabó I**, Koller Á: The Role of Women in PhD Education at the University of Pécs and Changing Tendencies over Time. 9th ORPHEUS Conference, Lausanne, Svájc, 2014 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: A cinguláris kéreg streptozotocin mikroinjekciójának hatása a glukóz toleranciára laboratóriumi patkányban. III. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2014, Pécs, 2014 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Bajnok Góré M, Hideg B, Karádi Z: Cinguláris kérgi IL-1 β mikroinjekció hatásai a táplálkozásra és anyagcserére laboratóriumi patkányban. III. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2014, Pécs, 2014 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Nagy B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Complex functional attributes of glucose-monitoring neurons in medial orbitofrontal cortex and their homeostatic significance. FEPS2014 (Joint Meeting of the Federation of European Physiological Societies (FEPS) and the Hungarian Physiology Society), Budapest, 2014 (poszter)

- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Bajnok Góré M, Karádi Z: IL-1 β modifies the taste reactivity in the cingulate cortex of the rat. FEPS2014 (Joint Meeting of the Federation of European Physiological Societies (FEPS) and the Hungarian Physiology Society), Budapest, 2014 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Hideg B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Complex functional attributes of cingulate cortex glucose-monitoring neurons and their metabolic significance. FEPS2014 (Joint Meeting of the Federation of European Physiological Societies (FEPS) and the Hungarian Physiology Society), Budapest, 2014 (poszter)
- Petykó Z, Tóth A, Gálosi R, **Szabó I**, Máté K, Szabó I, Karádi Z, Lénárd L: Neuronal responses of the rat medial prefrontal cortex during appetitive classical conditioning. FEPS2014 (Joint Meeting of the Federation of European Physiological Societies (FEPS) and the Hungarian Physiology Society), Budapest, 2014 (poszter)
- Szabó I**: Az idegsejtek komplex funkcionális sajátosságai a medialis orbitofrontalis kéregben. Pécsi Tudományegyetem Idegtudományi Centrum és Szentágotthai János Kutatóközpont PhD és TDK konferencia, Pécs, 2014 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Nagy B, Bajnok Góré M, Karádi Z: Medial Orbitofrontal Cortex: Complex Functional Attributes of Glucose-Monitoring Neurons and Their Metabolic Significance. 15th Biannual Conference of the Hungarian Neuroscience Society (MITT2015), Budapest, 2015 (poszter)
- Petykó Z, Tóth A, Gálosi R, **Szabó I**, Máté K, Szabó I, Karádi Z, Lénárd L: Responses of rat medial prefrontal cortical neurons to Pavlovian conditioned stimuli and to delivery of appetitive reward. 15th Biannual Conference of the Hungarian Neuroscience Society (MITT2015), Budapest, 2015 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Nagy B, Karádi Z: A medialis orbitofrontalis kérgi glukóz-monitorozó idegsejtek komplex funkcionális sajátosságai. Tavaszi Szél Konferencia, Eger, 2015 (előadás)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Karádi Z: Patkány cinguláris kérgébe adott IL-1 β mikroinjekció homeosztatisz hatásainak vizsgálata. Tavaszi Szél Konferencia, Eger, 2015 (előadás)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Karádi Z: Glukóz tolerancia változások laboratóriumi patkányban cinguláris kérgi streptozotocin mikroinjekciót követően. Tavaszi Szél Konferencia, Eger, 2015 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Nagy B, Karádi Z: A medialis orbitofrontalis kéregbe adott streptozotocin mikroinjekció metabolikus és magatartási hatásai patkányban. A Magyar Élettani Társaság 79. Vándorgyűlése és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság 2015. évi konferenciája, Szeged, 2015 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Karádi Z: A cinguláris kéreg streptozotocin mikroinjekciójának metabolikus hatása laboratóriumi patkányban. A Magyar Élettani Társaság 79. Vándorgyűlése és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság 2015. évi konferenciája, Szeged, 2015 (poszter)

- Nagy B, **Szabó I**, Csetényi B, Hormay E, Karádi Z: Effect of stress associated neurotransmitters on the mediodorsal prefrontal cortex. 5th International Regional (North America) ISBS Neuroscience and Biological Psychiatry „Stress and Behavior” Conference, Miami, FL, USA, 2015 (előadás)
- Szabó I**: The central regulation of feeding and metabolism: The glucose-monitoring system. Division of Behavioral Physiology, Department of Behavioral Sciences, Graduate School of Human Sciences, Osaka University, Osaka, Japán, 2015 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Torda V, Tóth M, Karádi Z: Complex functional attributes of orbitofrontal cortical glucose-monitoring neurons. 5th Central European Congress on Obesity (CECON), Budapest, 2015 (előadás)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Tóth M, Torda V, Karádi Z: Cingulate cortex IL-1 β mediated mechanisms in the regulation of feeding and metabolism in the rat. 5th Central European Congress on Obesity (CECON), Budapest, 2015 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Nagy B, Torda V, Tóth M, Karádi Z: Glucose-monitoring neurons of the rat cingulate cortex: feeding and metabolic significance. 5th Central European Congress on Obesity (CECON), Budapest, 2015 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Torda V, Tóth M, Karádi Z: A medialis orbitofrontalis kérgi glukóz-monitorozó idegsejtek metabolikus és magatartási funkcióinak vizsgálata patkányban. Doctoral Workshop 2015, Pécs, 2015 (előadás)
- Csetényi B, Hormay E, Nagy B, **Szabó I**, Tóth M, Torda V, Karádi Z: Cinguláris kérgi IL-1 β mikroinjekció homeosztatis hatásainak vizsgálata patkányban. Doctoral Workshop 2015, Pécs, 2015 (előadás)
- Hormay E, Csetényi B, Nagy B, **Szabó I**, Torda V, Tóth M, Karádi Z: Patkány cinguláris kérgi glukóz-monitorozó neuronok táplálkozási és metabolikus szerepe. Doctoral Workshop 2015, Pécs, 2015 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Nagy B, Karádi Z: A glukóz-monitorozó neuronok komplex funkcionális sajátosságai a medialis orbitofrontalis kéregben. Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs és Élettani Társaságok Közös Tudományos Konferenciája (FAMÉ 2016), Pécs, 2016 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Nagy B, Karádi Z: Cinguláris kérgi interleukin-1 β mikroinjekció íz-percepciót módosító hatásának vizsgálata patkányban. Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs és Élettani Társaságok Közös Tudományos Konferenciája (FAMÉ 2016), Pécs, 2016 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Karádi Z: Patkány cinguláris kérgi glukóz-monitorozó neuronok elektrofiziológiai sajátosságai és metabolikus jelentősége. Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs és Élettani Társaságok Közös Tudományos Konferenciája (FAMÉ 2016), Pécs, 2016 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Glucose-monitoring neurons in the medial orbitofrontal cortex of rat. IBNS 2016 Annual Meeting, Budapest, 2016 (előadás)

- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: A mediális orbitofrontális kérgi glukóz-monitorozó idegsejtek metabolikus szerepe a homeosztázis szabályozásában. Tavaszi Szél Konferencia, Miskolc, 2017 (előadás)
- Guth K, Budai A, **Szabó I**, Jandó G: Modernkori informatika a látásszűrés szolgálatában. Tavaszi Szél Konferencia, Miskolc, 2017 (előadás)
- Guth K, Budai A, Mikó-Baráth E, **Szabó I**, Jandó G: Óvodáskorú gyermekek látásszűrésének új lehetőségei. III. Cholnoky László Nemzetközi Szakkollégiumi Szimpózium, Pécs, 2017 (előadás)
- Guth K, Budai A, Mikó-Baráth E, **Szabó I**, Jandó G: Modern information technology in vision screening. VI. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia, Pécs, 2017 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: A medialis orbitofrontalis kérgi glukóz-monitorozó neuronok szerepe a homeosztázis fenntartásában. A Magyar Élettani Társaság, a Magyar Kísérletes és Klinikai Farmakológiai Társaság és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság közös Vándorgyűlése (ÉFM), Debrecen, 2017 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Karádi Z: Cinguláris kérgi interleukin-1 β mikroinjekció metabolikus hatásai patkányban A Magyar Élettani Társaság, a Magyar Kísérletes és Klinikai Farmakológiai Társaság és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság közös Vándorgyűlése (ÉFM), Debrecen, 2017
- Guth K, Budai A, Mikó-Baráth E, **Szabó I**, Jandó G: Modernkori informatika a látásszűrés szolgálatában. A Magyar Élettani Társaság, a Magyar Kísérletes és Klinikai Farmakológiai Társaság és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság közös Vándorgyűlése (ÉFM), Debrecen, 2017 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Multiple functional significance of the glucose-monitoring neuronal network in the medial orbitofrontal cortex. 26th Annual Meeting of the International Behavioral Neuroscience Society (IBNS), Hiroshima, Japán, 2017 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: The role of medial orbitofrontal cortical glucose-monitoring neurons in the maintenance of homeostasis. FENS Regional Meeting, Pécs, 2017 (poszter)
- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Karádi Z: Metabolic effects of interleukin-1 β microinjection into the cingulate cortex of the rat. FENS Regional Meeting, Pécs, 2017 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Karádi Z: Feeding and metabolic attributes of the glucose monitoring-neurons in the cingulate cortex. FENS Regional Meeting, Pécs, 2017 (poszter)
- Mikó-Baráth E, Budai A, Fülöp D, Nemes V, Kerekes J, Juszt J, Guth K, Horváth G, **Szabó I**, Buzás P, Jandó G: Increasing the sensitivity of a new, web-based amblyopia screening application. FENS Regional Meeting, Pécs, 2017 (poszter)

- Guth K, Mikó-Baráth E, **Szabó I**, Jandó G: A térlátás szűrésének innovációs lehetőségei. Doktoranduszok a Klinikai Kutatásokban (DKK17), Pécs, 2017 (előadás)
- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Karádi Z: Metabolic alterations after interleukin-1 β microinjection into the cingulate cortex of the rat. 6th Central European Congress on Obesity (CECON) & 15th Slovak Congress on Obesity, Pozsony, Szlovákia, 2017 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Karádi Z: Feeding and metabolism altering attributes of the glucose-monitoring neurons in the cingulate cortex of the rat. 6th Central European Congress on Obesity (CECON) & 15th Slovak Congress on Obesity, Pozsony, Szlovákia, 2017 (poszter)
- Hormay E, Csetényi B, **Szabó I**, Karádi Z: A cinguláris kérgi glukóz monitorozó neuronok szerepe a táplálkozás és anyagcsere szabályozásban. A Magyar Elhízástudományi Társaság 25. éves Jubileumi Kongresszusa - 69. tudományos rendezvénye "Az elhízás elmélete, klinikai gyakorlata és a megelőzés lehetőségei", Budapest, 2017 (előadás)
- Szabó I**: Endogén és exogén kémiai érzékenység a nucleus accumbens-ben. XI. Nemzetközi és XVIII. Országos Interdiszciplináris Grastyán Konferencia, Pécs, 2018 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Ízérzékelés a gasztrointesztinális rendszerben? Tavaszi Szél Konferencia 2018, Győr, 2018 (előadás)
- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Mintál K, Karádi Z: Az interleukin-1 β íz-percepciót módosító hatása patkány cinguláris kérgében. Tavaszi Szél Konferencia 2018, Győr, 2018 (előadás)
- Guth K, **Szabó I**, Mikó-Baráth E, Jandó G: A térlátás vizsgálatának új távlatai. Tavaszi Szél Konferencia 2018, Győr, 2018 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Taste responsiveness of neurons in nucleus accumbens. VII. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia, Pécs, 2018 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Endogenous and exogenous chemical responsiveness in nucleus accumbens. VII. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia, Pécs, 2018 (poszter)
- Guth K, Szabó I, Mikó-Baráth E, Jandó G: A térlátás szűrése digitális platformokon. VII. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia, Pécs, 2018 (előadás)
- Szabó I**: A homeosztázis szabályozásában alapvető előagyi glukóz-monitorozó neuronok működési sajátosságainak vizsgálata. Új Nemzeti Kiválósági Program (ÚNKP) Konferencia, Pécs, 2018 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, Csetényi B, Karádi Z: Az idegsejtek komplex funkcionális sajátosságai a nucleus accumbens-ben. Magyar Élettani Társaság Vándorgyűlése, Szeged, 2018 (poszter)

- Csetényi B, Hormay E, **Szabó I**, Mintál K, Karádi Z: Íz-reaktivitás változások patkány cinguláris kérgébe adott interleukin-1 β hatására. Magyar Élettani Társaság Vándorgyűlése, Szeged, 2018 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, László B, Karádi Z: New methodological approach for the examination of taste and texture detection of neurons. Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Sciences 2018 (MEDPécs), Pécs, 2018 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Laszlo B, Karadi Z: Electrophysiological examination of underlying neuronal mechanisms of taste reactivity in the nucleus accumbens of behaving rats. 16th Annual Conference of the Hungarian Neuroscience Society, Debrecen, 2019 (poszter)
- László BR, Hormay E, **Szabó I**, Mintál K, Karádi Z: Taste reactivity alterations after interleukin-1 β microinjection into the cingulate cortex of the rat. 16th Annual Conference of the Hungarian Neuroscience Society, Debrecen, 2019 (poszter)
- Hormay E, László B, **Szabó I**, Mintál K, Karádi Z: Glucose-monitoring neurons in the cingulate cortex of the rat. – Microelectrophysiological study. 16th Annual Conference of the Hungarian Neuroscience Society, Debrecen, 2019 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, Laszlo B, Karadi Z: Electrophysiological examination of neurons during taste reactivity test in the nucleus accumbens and medial orbitofrontal cortex of the rat. 13th Göttingen Meeting of the German Neuroscience Society, Göttingen, Németország, 2019 (poszter)
- Szabó I**: Új módszertani megközelítés az idegsejtek íz- és textúraérzékelésének vizsgálatára. XII. Nemzetközi és XIX. Országos Interdiszciplináris Grastyán Konferencia, Pécs, 2019 (előadás)
- Szabó I**: A nucleus accumbens idegsejtjeinek vizsgálata íz-reaktivitási tesztekben. Új Nemzeti Kiválósági Program (ÚNKP) Konferencia, Pécs, 2019 (előadás)
- Szabó I**, Hormay E, László B, Karádi Z: Examination of the role of neurons in taste reactivity. Interdisciplinary Doctoral Conference 2019, Pécs, 2019 (poszter)
- Szabó I**, Hormay E, László B, Lénárd L, Karádi Z: Limbikus előagyi neuronok szerepe a táplálkozás és az anyagcsere szabályozásában. Magyar Kísérletes és Klinikai Farmakológiai Társaság, Magyar Anatómus Társaság, Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság, Magyar Élettani Társaság közös Vándorgyűlése (FAMÉ 2019), Budapest, 2019 (előadás)