

# A szív és az agy párbeszéde

DOI: <https://doi.org/10.32558/elet.2023.6>

## Dr. Király László PhD

Semmelweis Egyetem, Népegészségtani Tanszék, Budapest  
Paediatric Cardiac Surgery, Department of Cardiac Thoracic and Vascular Surgery, National University Hospital Singapore, Singapore  
E-mail: laszlokir@gmail.com

## Prof. Dr. Lozsádi Károly DSc †

gyermekkardiológus  
Semmelweis Egyetem, Kardiológiai Tanszék

Szólt a Holdhoz a Nap: *„Ha majd belőled magányos ősz banya lett,  
belőlem pedig mély erdőn aranyvértű halott király,  
reménytelen vágyunkból csak az jusson eszedbe,  
hogy míg az Idő be nem végeztetett,  
nem lesz a szív tüze és az ész tüze egy.”*  
Edith Sitwell (1887–1964): *Szív és ész.* 1944

Az arisztotelianusok és galénisták között évszázadokon át dúlt a vita, hogy a szív és agy közül melyikük az uralkodó? *Arisztotelész* (Kr.e. 384–322) ugyanis azt állította, hogy a szív az intelligencia és az érző lélek központja. *Galénosz* (Kr.u. 129–200) és orvos követői viszont úgy tartották, hogy a szív éltető ereje (*spiritus vitalis* vagy *pneuma vitalis*) az agyba kerülve ott alakul át szellemi erővé (*spiritus animalis* vagy *pneuma animalis*). Az agy az idegek útján fejt ki hatását az egész szervezetben – állították. *Leonardo da Vinci* (Kr.u. 1452–1519) – rá jellemző módon – egy kísérlettel, a szívhez menő idegek átvágásával gondolta tisztázni a kérdést: „(...) vizsgálj meg, hogy vajon az idegek hozzák-e mozgásba a szívet, avagy a szív magától mozog? Amennyiben a szív mozgása az agyból kiinduló visszaforduló idegektől származik (*n. vagus* és *n. laryngeus recurrens*), úgy tisztázhatod, hogy a szellemi lélek (*spiritus animalis*) székhelye az agy kamrája, és az éltető erő (*spiritus vitalis*) forrása pedig a szív bal kamrája. És ha a mozgás magából a szívből keletkezik, akkor elmondhatod, hogy mind a szellemi lélek, mind az éltető erő forrása maga a szív...” [CLARK 1911. 2r.].

Az autonóm idegrendszer első leírói egy alapvetően irányító jellegű működést képzeltek el, amelyben a szervek, köztük a szív is, némán teszik a dolgukat és az agy utasításokat ad aszerint, hogy az élőlénynek milyen kihívásokkal kell szembenéznie. A legutóbbi évtizedek kutatásai bebizonyították, hogy a szervezetben folyamatos párbeszéd folyik. A szív több módon: neurális kapcsolatokon keresztül, endokrin szervként, valamint feltehe-

tően energetikai szinten is részt vesz a párbeszédben az aggyal. Ebben a minőségben a szív saját idegrendszere az ún. „szív-agy” folyamatosan jelentést küld az agynak, amely aztán az egész szervezetet érintő döntést hoz. Az agy, és benne a központi autonóm hálózat alapállapotban kevésbé befolyásolja a szív működését. Az idegrendszert érintő számos kóros folyamat azonban alapvetően érinti a szív funkcióját, ami ritmuszavarokba, szisztolés/diasztolés diszfunkcióba, hirtelen szívhalálba torkollhat.

Dolgozatunk célkitűzése, hogy az autonóm idegrendszerről jelenleg ismert, és a szív külső beidegzésének fejlődéséből, valamint újabban felismert neuroendokrin funkciójából leszűrhető adatok alapján bemutassuk a szív és agy párbeszédének módozatait.

### *Mi a szív?*

A szív — felnőttben — közel 300 gramm súlyú, zárt ököl nagyságú speciális rekeszes izomszerv, mely vért pumpál és így tartja fenn a keringést, ezáltal az életet. A szív talán a legelső szerv, amely a fejlődő embrióban működni kezd. Arisztotelész a tojásban fejlődő csirkét figyelve a nyolcadik napon egy ugráló vörös pontot (latinul: *punctum saliens*) vett észre, amit az élet kezdeteként azonosított. [Arisztotelész] Az ugráló pont valószínűleg az embrió sinus csomója lehetett. Az élet kezdete más- és -más lehet kultúrától és jogi definíciótól függetlenül. Példaként említjük, hogy az iszlámban az élet kezdete és vége azért kifürkészhetetlen, mert ezek nem rögzített pontok a téridőben, hanem egy folyamat részei. A Korán szinte tudományosan írja le az embrió fejlődését: „*Ezután a spermacseppet vérrögge formáztuk, a vérrögöt pedig húsdarabbá, a húsdarabot pedig csontokká formáztuk. A csontokat pedig fölruháztuk hússal. Ezután egy másik teremtményként hoztuk őt életre*” [KORÁN 23:14.]. Vagyis, az embriogenezis tehát már korábban előrehaladt, de az embrió csak akkor kezd el élni, amikor az isteni akaratnak alávetve (szubordináció) a lélek a testbe költözik (ekkor válik önálló, másik teremtménnyé). Ekkor kezdődik a szív működés is. Mohamed próféta úgy vélekedett, hogy mindez a negyedik gesztációs hónap körül történik meg [KORÁN 56:58–59.] [AL TABRIZI 1340.].

Ritmusos aktivitásra és összehúzódásra minden szívizomsejt képes. Az egyedfejlődés korai stádiumában (a megtermékenyülés utáni 8. nap körül) már észlelhető a cardiomyocyták (szívizomsejtek) spontán elektromos aktivitása, amely a primitív szívcsőben perisztaltikus mozgássá rendeződik [MÄNNER, 2010]. A lényegi változás akkor következik be, amikor az összes sejt egyként és egyszerre kezd működni. Ez az első valódi szívdobbanás.

Az első szívverés nem az agy parancsára történik. A szívnek nincs külső beidegzése a 5–6. magzati hétig [NAM 2013.]. Amennyiben az első szívdobbanást tekintjük az élet kezdetének (*ld. fentebb*), akkor az a szív saját akaratából következik be.

## *Mi az agy?*

„Az emberi agy — a maga 100 milliárd idegsejtjével, amelyek mindegyike tízezer másik idegsejttel kapcsolódik — a legbonyolultabb általunk ismert szerkezet az egész világegyetemben” — állítja az ünnepelt elméleti fizikus, Michio Kaku [KAKU 2014.]. Az agy a gerincvelővel alkotja az idegrendszer központi részét, amelyhez az idegek hálózata, valamint az autonóm idegrendszer kapcsolódik.

Vizsgálatunk tárgya a szív és az autonóm idegrendszer együttműködése, ezért célszerű, hogy röviden áttekintsük ez utóbbi rendszer anatómiáját és működését.

## *Az autonóm idegrendszer*

Az idegrendszer ezen részét nevezik vegetatívnak és/vagy zsigerinek is, arra utalva, hogy a rendszer a szervek autonóm (nem-akaratlagos) működésével foglalkozik. Centrális része az agy és a gerincvelő egy része, amelyet újabban központi autonóm hálózatnak (CAN = *central autonomic network*) neveznek. A központhoz kapcsolódnak az érzékelő (afferens) és irányító (efferens) pályák. Az utóbbiak hatásukat tekintve serkentőek (szimpatikus), vagy energia konzerválók (paraszimpatikus) lehetnek. Az idegek szimpatikus jelzője Galénosztól (Kr.u. 130–200) származik, aki úgy gondolta, hogy a zsigerek együttműködésében van szerepük [PORTER 1997.]. A „para” későbbi adalék és az érintett idegeknek a háti gerincvelői szakasról kiinduló szimpatikus rendszerhez viszonyított széli mivoltát jelöli.

## *Afferens rendszer: jelentés a központba*

Az, hogy mit kommunikálnak a zsigerek a központ felé, valójában ma is kevésbé ismert [GIBBINS 2004.]. *John Newport Langley* (1852–1925), az autonóm idegrendszer névadója, nem talált érző idegsejteket a zsigeri idegdúcokban, s ezért az egész autonóm idegrendszert alapvetően irányító jellegűnek írta le [LANGLEY 1903.]. Azóta számos szervben, a szívben is találtak az autonóm idegrendszerhez tartozó, helyi érző neuronokat [FURNESS 2006a.]. Legelőször a „bél-agy” fogalma került be a tudományos köztudatba [FURNESS 2006b.]. A szív saját autonóm idegi hálózata (*ld. alább*) másodikként kvalifikál a „perifériás agy”, szív–agy” címre [JÄNIG 2006.].

A szívből származó összesített információ a bolygóideg (*n. vagus*) rendszerén át jut el az agytörzs felé, valamint a szelvényi hátsószarv melletti dúcokból a gerincvelő irányába. A tüdőből, az aortaívából és carotisokból jelentő receptorok hasonló pályákat használnak.

### A központi autonóm hálózat (CAN)

Kísérletes és klinikai vizsgálatok sora azonosította, hogy kiterjedt agykérgi és kéregalatti (közti-agy-középagy-agytörzs) területek vesznek részt a keringésszabályozásban: a szív teljesítményének és az érrendszer ellenállásának folyamatos összehangolásában [SILVANI 2016.]. Ez teszi lehetővé azt, hogy pl. ne ájuljunk el, amikor fekvésből talpra szökkenünk, noha majdnem egy liter vér próbál azonnal átrendeződni felső testfelünkéből. A központi autonóm hálózatnak nevezett rendszer főbb résztvevőit és feladatköreit az 1. táblázatban tüntetjük fel.

A komplex, többszörösen és több szinten összekapcsolódó rendszer jelzi, hogy a központ az autonóm-szervi-vegetatív funkciókat integratívan szabályozza. A rendszer folyamatos és meglehetősen részletes képet alkot a szervezet egészéről és benne a keringési rendszer jóllétéről, valamint plasztikus válaszokat fogalmaz meg részben azonnali neurális efferens kontroll formájában, részben a hypothalamus-hypophysis-mellékvese tengely mentén [van der WALL 2013.].

Az agy-szív tengely legfelsőbb szabályozóközpontja az *insula*, amelynek hátsó része felé a thalamus közvetíti a szív- és keringés információt [WÖLK 1987.]. Ezt az *insula* egyesíti az egyéb agykérgi bejövő adatokkal. Az *insulába* érkező baroreceptor és érzelmi(!) információk jobb oldaldominanciáját mutatták ki, bár ennek megléte, sőt jelentősége nem egyértelmű [MEYER 2004.]. Az ún. oldaliság-hipotézis szerint a jobb *insula* ingerlése szimpatikus-, a bal paraszimpatikus kardiovaszkuláris válaszjelenségek túlsúlyát eredményezi [OPPENHEIMER 1991.]. Az *insula* ingerlése a szívfrekvencia változásához, változó fokú AV-blokkhoz, sőt teljes szíveálláshoz vezet. Hasonló klinikai tünetegyüttest írtak le az *insulát* érintő agyérkatasztrófa kapcsán (*ld. alább*).

Központ, terület	Feladat
Mediális prefrontális agykéreg (MPFC) Anterior cingularis cortex Prelimbikus, infralimbikus területek	Kognitív-, visceromotoros feladatok; pszichoszomatikus reakciók
<i>Insula</i> Emberben: jobb (non-domináns agyfélteke) anterior/posterior insularis cortex	Viscerosensoros, visceromotoros funkció. Szív-érrendszeri kontroll élettani és patológiás körülmények között A szervezet jóllétéről tájékoztató, az érzelmi állapotot megalapozó mentális kép megalkotója
Amygdala	Negatív érzelmek társítása
(Bed) nucleus striae terminalis (BNST)	Stressz-visszatartó reakció, fóbiák, nemi identitás, hypothalamus-hypophysis-adrenalis tengely segítése

Cortico-striatum-pallidalis hálózat: érzelmi tartalom társítása automóm válaszreakciókhoz

Központ, terület	Feladat
Hypothalamus lateralis területe	Az autonóm idegrendszer efferens kontrolljának központja
Nucleus paraventricularis hypothalami (PVN)	
Nucleus dorsomedialis hypothalami (DMH)	A fentivel együtt a neuroendokrin-, homeosztázis-, és stresszválaszok központja
Periaquaeductalis szürkeállomány (PAG) (középagy)	Fizikai és pszichológiai stressz-ingerekre adott autonóm válaszreakciók
Pons lateralis területe, nucleii parabrachiales (Kölliker-Fuse) és parabrachialis nucleus	Afferens információk továbbítása más CAN résztvevők felé; alapvető életfunkciók (pl. légzésszabályozás: Kölliker-Fuse nucleus) felügyelete
Medulla oblongata (átfedésben a légzőközponttal): nucleus tractus solitarii (NTS), nucleus ambiguus (NAmb), nucleus dorsalis nervi vagi (DMNX), rostralis ventromedialis, ventrolateralis medulla területek (RVMM, RVLM)	

1. táblázat. Az agyi központi autonóm hálózat (central autonomic network)

Az információfeldolgozás szintje és az agykérgi folyamatokkal való összehangoltsága felveti a „tudatos” és „tudattalan” fogalmak átgondolásának szükségességét. A keringési rendszert érintő számos élettani és kórfolyamat során tapasztaljuk az agykérgi folyamatok változását: kognitív beszűkülést és/vagy diszszonanciát [ARNOLD 2009.] [BEKKOUCHE 2013.]. Nem véletlenül nevezték elődeink a lélek fojtogatásának (*angor animi*) a koszorúér meszesedése miatt oxigénhiányos szívizom tüneteként fellépő *angina pectoris*, mellkasi fájdalmat.

Ugyanígy közismert az agykérgi behatás szerepe a pszichoszomatikus tünetképzésben [ANAND 2007.]. A szívet érintő példaként említjük az érzelmi behatások nyomán fellépő ritmuszavarokat [TAGGART 2011.], *takotsubo* cardiomyopathiát (*ld. később részletesen*), és az agykérgi (insularis) izgalom kapcsán előforduló hirtelen halál kérdéskörét [OPPENHEIMER 1991.]. Közismerten az agyi érkatasztrófához és vele kapcsolatos agykárosodáshoz gyakran társul súlyos szívkárosodás: ischaemiára jellemző szívenzim-szint emelkedés, ritmuszavarok [MANEA 2015.], a szívizomfunkció romlása [RIPOLL, 2018], és szívinfarktus [COLIVICCHI 2004.].

### *Az efferens rendszer*

Az autonóm irányító rendszer szimpatikus része a hypothalamus-híd-nyúltvelő területéről ered és a gerincvelőben száll le. A paraszimpatikus rész szintén a hypothalamus-nyúltvelő

központjaiból indul ki. Mindezek a felsőbb autonóm hálózat véleményét tolmácsolják. A szívre vonatkozó szimpatikus és paraszimpatikus perifériás utak hatásukban és anatómiailag is elkülönülnek: az előbbieket a háti szakasz első néhány szelvényéből, az utóbbiakat a bolygóidegeken keresztül érkeznek. Az autonóm idegrendszer sajátossága, hogy a központi preganglionális neuronok ganglion-sejteken kapcsolódnak át a célbaérés előtt: a szimpatikus rendszer a paraspinális ganglionokban, a paraszimpatikus a szívhez közeli ganglionhálózatokhoz.

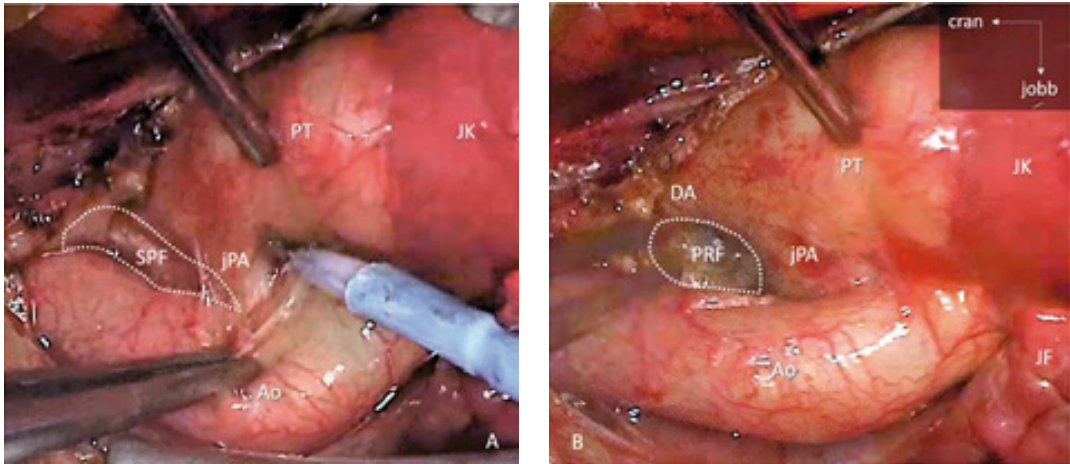
Korábban úgy gondolták, hogy a két rendszer egymás antagonistájaként fejt ki hatását a szíven, de egyik sem aktiválódik maximálisan [ACKERKNECHT: 1974.]. Sokkal inkább területileg differenciált és dinamikus reakció-mintázatok mentén működnek [BLESSING 1997.]. A szimpatikus és paraszimpatikus hatást a szívre az 2. táblázatban foglaltuk össze.

Jellemző/hatás	Szimpatikus	Paraszimpatikus
Transzmitter anyag (receptor)	Noradrenalin (béta-1)	Acetilcolin (muszkarin-2)
Hatáskésés	1.7s (!)	nincs
SA-csomó frekvencia	↑	↓
AV-átvezetés tartama	+/-	↑
Kamrai kontraktilitás	↑	↓
Kamrai relaxációs hányad	↓	↑
Repolarizáció heterogenitás	↑	↓

2. táblázat. Szimpatikus és paraszimpatikus hatás a szíven

### *A „szív-agy”, a szív autonóm hálózata*

A klasszikus anatómiai leírásokból ismert a több százezer idegsejtből álló ún. *plexus cardiacus* (1. ábra).



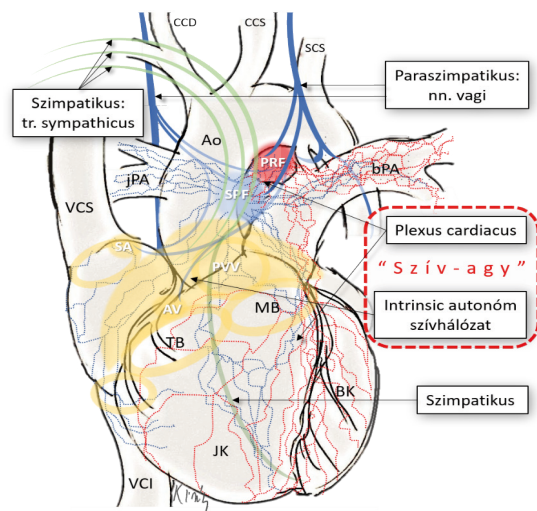
1. ábra. Plexus cardiacus superficialis és profundus

Az ábrán egy újszülött szívűtete során készült képeket mutatunk be. A: A felszínes plexus (SPF: superficialis az aortív homorú felszíne alatti a jobb pulmonális artéria (jPA) irányában fekszik a pericardium áthajlásának takarásában. B: az aorta (Ao) és a pulmonális törzs (PT) szétválasztásával a jobb pulmonális artéria (jPA) és a ductus arteriosus (DA) által határolt térben feltűnik a mély ganglioncsoport (PRF: profundus) és hálózata. Az anatómiai tájék mélyén a trachea bifurcatio alatti subcarinalis ganglionok és nyirokszövet húzódik. Rövidítések: cran: cranialis irány, JF: jobb fülcse, JK: jobb kamra. (A szerzők anyagából)

A plexus cardiacus a bolygóidegekből paraszimpatikus, a gerincszelvényi utakon szimpatikus efferens beidegzést kap. Információt kap a mellkasi szervekből, elsősorban a tüdőből. A szívplexus kétirányú (afferens-efferens), folyamatos kapcsolatban áll egy további hálózattal: az autonóm szívhálózattal (*intrinsic cardiac plexus*). Ez a vena cavak beömlése körül, a pitvarok falában és az AV-átmenet epicardiuma alatti idegdúcokban alkot mintegy 40 ezer neuront számláló rendszert. A plexus cardiacus és az autonóm szívhálózat közösen integrálja az összes beérkező információt, és modulálja a szív saját ingerképző és vezetőrendszerét. Együttműködésük alapján ezt a közös rendszert lehet „szív-agy”-ként azonosítani (2. ábra).

A szív-agy hálózat neuronjainak fele interneuronként működik, kb. húsz százaléka a szív felől érkező afferens információt dolgozza fel, a maradék a felsőbb központokból érkező utasításokat értelmezi [BEAUMONT 2013.].

Korábban azt feltételezték, hogy az agy dobbanásonként értesül a szív működéséről. Maguk a mechanoreceptoros idegsejtek valóban ezredmásodperces távban követik a szívciklust. Azonban az érző-



2. ábra. A szív autonóm idegrendszere

neuronok csak kis hányada reagál minden szívverésre; többségük tendenciákat követ, és a határértékek alatti/feletti falfeszülésre és frekvenciákra „tüzel”. A mozgásreceptorok adatait az intrinsic szívhálózat 20–30 másodperces ciklusokban dolgozza fel, majd továbbítja a plexus cardiacushoz, amely 60-120 másodperces folyamatokat értékel. Más szóval egy adott szakaszra vonatkozó információ áthúzódóan bennmarad a rendszerben [ARMOUR 1991.]. A szív-agy rövidtávú és középtávú memóriával rendelkezik [ARMOUR 2008.]. A memória teszi lehetővé a szív működésének finomhangolását: az állandóság fenntartását, és a gyors reagálást. Minthogy a rendszer szoros kapcsolatban van a mellkason belüli szervekkel (elsősorban a tüdővel) az onnan érkező információ feldolgozásának eredményeként a szív-agy sokszor eltér a központi autonóm idegrendszer választától; saját memóriáját követi és önállósággal bír [LACEY 1974.].

A szív-agy afferens információinak zömét a n. vaguson keresztül küldi az agy felé [GAHERY, 1974.]. Az eddigi kutatásokból úgy tetszik, hogy a szív-agy a n. vaguson át több információt közöl közvetlenül az agy felé, mint bármely más zsigeri szerv. Az ún. „bél-agy” a gerincvelő felé jelent [LOEWY 1990.]. Sőt a szív és agy párbeszédében is az előbbi beszél többet: a szív-agy értékel és a közli az eredményt az aggyal, amely aztán a teljes szervezetre kiterjeszti választ [SCHANDRY 1996.]. A régi kínai orvoslásban úgy képzeltek a két szerv viszonyát, hogy az agy a császár és a szív a belső minisztere, aki figyel és jelent [TOKAJI 2010.]. Az efferens információ postganglionális szimpatikus idegeken, valamint a bolygóidegek rostjain érkezik a szív-agyhoz.

Az autonóm idegrendszer bemutatását azzal zárjuk, hogy a szív alapállapotban külső paraszimpatikus hatás alatt van. Arisztotelész azt mondta: „*Az agy szerepe az, hogy a szív túlhevülését megelőzze*” [CLARKE 1963.]. A szív-agy moduláló szerepének köszönhetően a szimpatikus-hatás kissé késlekedik. Úgy tűnik, hogy ekkor a szív-agy hűti a felhevült agyat. A szív saját ingerképző és vezető rendszerének köszönhetően meglehetősen önállóan működik. A továbbiakban bemutatjuk e rendszer fejlődését és a külső beidegzés kialakulását.

## *A szív idegi rendszerének fejlődése*

### *A szív ingerképző és ingerületvezető rendszerének kialakulása*

Mint említettük, az első szívverés nem külső parancsra történik. A szív saját ingerképző és ingerületvezető rendszere a szívfejlődéssel párhuzamosan alakul ki [VIRÁGH 1983.]. [CHRISTOFFELS 2010.].<sup>1</sup> A fejlődő szív összes szívizomsejtje rendelkezik spontán depolarizációs aktivitással, ami az izomfibrillumok révén periodikus összehúzódásban nyilvánul meg. A későbbi sinus csomó (SA) és a pitvar-kamrai átmenet területén jelenlévő katekolamin-ter-

---

1 Az itt következő részben Virágh Szabolcs (1930–2001) professzor munkásságára és a további idézett munkára, valamint a bennük foglalt hivatkozásokra támaszkodunk, de — azok nagy száma miatt — nem jelöljük meg részletesen az egyes megállapítások forrását. Virágh Szabolcs a szívfejlődés és azon belül az ingerületvezető rendszer fejlődésének úttörő kutatója és nemzetközi hírű kútfője volt; mai tudásunk nagyrészt az ő munkásságán alapul.



melő (ICA = *Intrinsic Cardiac Adrenerg*) sejtek buzdítják az első kontrakciókat, sőt elősegítik azok szinkronizációját is. Ezek a rejtélyes eredetű sejtek maguk is hozzájárulnak az ingerképző rendszer felépítéséhez.

A szívcső kezdetben perisztaltikus mozgása a sokszorozódó és a térben egyre rendezettebbé váló izomsejtegységek, valamint a köztük lévő alacsony ellenállású membránkapcsolataik (*gap-junction*-ök) hatására dobbanásokká alakul. A ritmus ütemét mindig a szívcső (vénás) beáramlási részén lévő sejtcsoportok adják. Ez azért érdekes, mert újabb és újabb sejtcsoportok érkeznek és átveszik az irányítást. Így a végleges sinus csomó (SA) csatlakozik legkésőbb a szívhez.

A négyüregű szív működésének talán legfontosabb tulajdonsága az, hogy a kamrák a pitvarok után húzódnak össze. A szívcső pitvari és kamrai beáramlási része közötti szakasz (a későbbi pitvar-kamrai – AV=atrioventricularis – átmenet) izomsejtjei lassú-vezetésűek maradnak, miközben előttük és utánuk lévő szakaszok gyorsabban vezetik az ingerületet. Itt alakul ki a késleltetést végző AV-csomó. A pitvarok és kamrák (kezdetben folytonos) izomzata elkülönül és elektromosan elszigetelődik, egy kapcsolatot kivéve: a His-köteget.

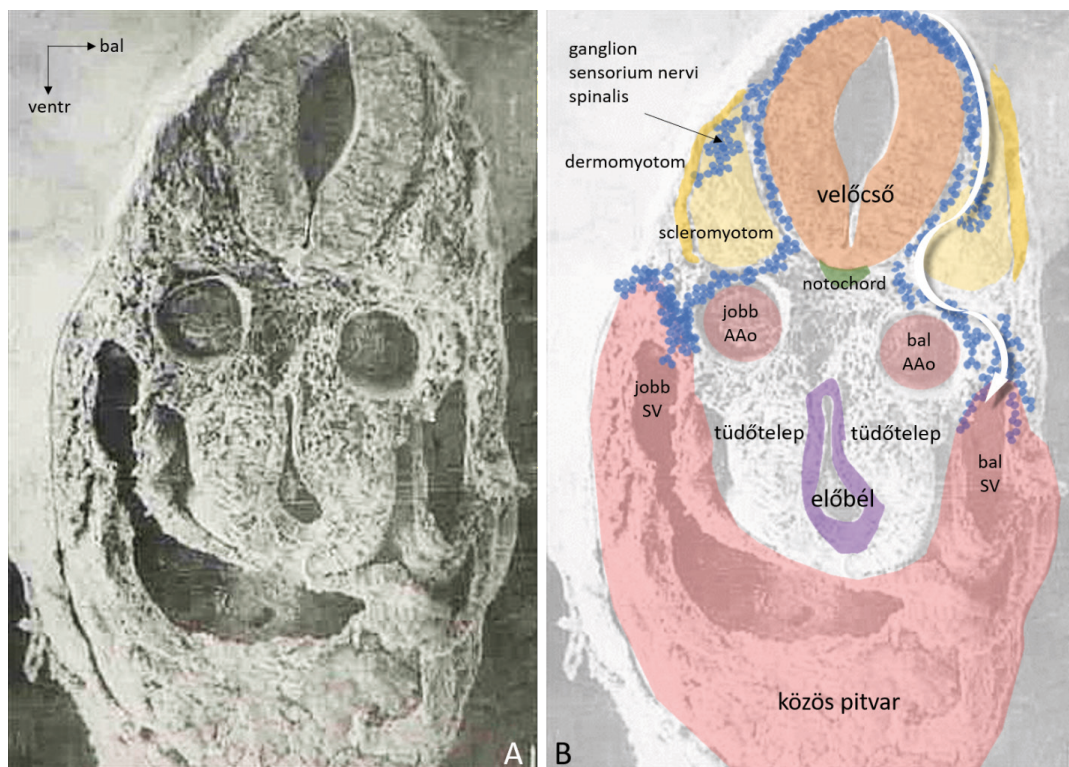
A His-köteg, Tawara-száraz és Purkinje rostok a fejlődő myocardium endocardium felőli izomsejt csoportjából alakulnak, pontosabban megmaradnak eredeti embrionális formájukban. Kevés kontraktilis izomelemet fejlesztenek, és a soros elrendezésű, alacsony-ellenállású *gap-junction*-jeiknek köszönhetően igen gyorsan vezetik az ingerületet. Eközben az epicardium felőli izomsejtcsoportok gözerővel differenciálódnak a myocardium későbbi kompakt rétegévé. A differenciálódási folyamat az epicardiális sejtek közvetlen jelenlétéhez kötött; ezek nemcsak irányítják azt, hanem ér-simaizomként maguk is közreműködnek a myocardium koszorúér-hálózatának kialakulásában, érzékenyítik az izomzatot a katekolaminokra.

Az ingerképző és ingerületvezető struktúra igen gyorsan kifejlődik. A rendszer már azelőtt működik, hogy a szívfejlődés: a sövények, billentyűk teljes kialakulása befejeződné. A rendszerben két lassú vezetésű (de magas ritmusképző frekvenciájú) elem, az SA- és AV-csomó folytatásában gyorsvezető pitvari izomzat és kamrai ingerületvezető elágazódások fejlődnek. Ez utóbbiak önálló ritmuscináló aktivitása lassú. A kamrai depolarizáció már az embrionális szívben is a szívcsúcstól indul. Ennek a szívnek még nincs külső, idegrendszeri betáplálása, frekvenciáját és kontraktilitását a helyi ICA- és SIF-sejtek (SIF = *Small Intensely Fluorescent* sejtek, ld. alább) katekolamin termelése szabályozza.

### *A szív külső beidegzésének folyamata*

A humán embrió fejlődésének 5. hete körül multipotens sejtcsoportok vándorolnak ki a velőcső *crista terminalis* vagy *neuralis* nevű, dorsalis nyaki (1–7. szomiták) és törzsi (8–28. szomiták) határterületéről (3. ábra). A crista-, vagy NC-sejtek (NC = *Neural Crest*) számos szerv fejlődésében alapvető fontosságúak. Dolgozatunk a szív beidegzésére összpontosít és csak megemlítjük, hogy a nyaki szakaszból (4. szomita) kirajzó NC-sejtek irányító-közreműködő szerepet töltenek be a kiáramlási pályák, az aorticopulmonalis sövény, és az aortaívek fejlődésében. Már utaltunk hozzájárulásukra az AV-átmenet és neuro-mesenchymalis

derivátumai, pl. az AV-csomó, AV-billentyűk kialakulásához. Továbbá, NC-sejtek vesznek részt az arc és nyak váz alkatrészeinek formálásában. A mellékpajzsmirigy és a csecsemőmirigy fejlődését is irányítják. Fontosságukat jelzi, hogy hiányukban számos súlyos klinikai tünetegyüttes lép fel (DiGeorge, Alagille, Ivemark, CHARGE, stb.) [KIRBY 1984.].



3. ábra. „Keep smiling”

„Csak mosolyogj tovább” — ezt a címet adta a pásztázó elektronmikroszkópos felvételnek Virágh Szabolcs. A kép egy egérembrió keresztmetszetét ábrázolja: a mosoly a szív megnyitott pitvara és a kettős aorta-ív (AAo) a szem. A: az eredeti fényképet Virágh professzor adományozta a szerzőknek 1991-ben. (Virágh S. Development of the avian and mammalian heart prior to the onset of blood circulation, studied in chick and mouse embryos. *Morphol Igazságügyi Orv Sz.*, 1989 Oct., 29(4), 255–262.)

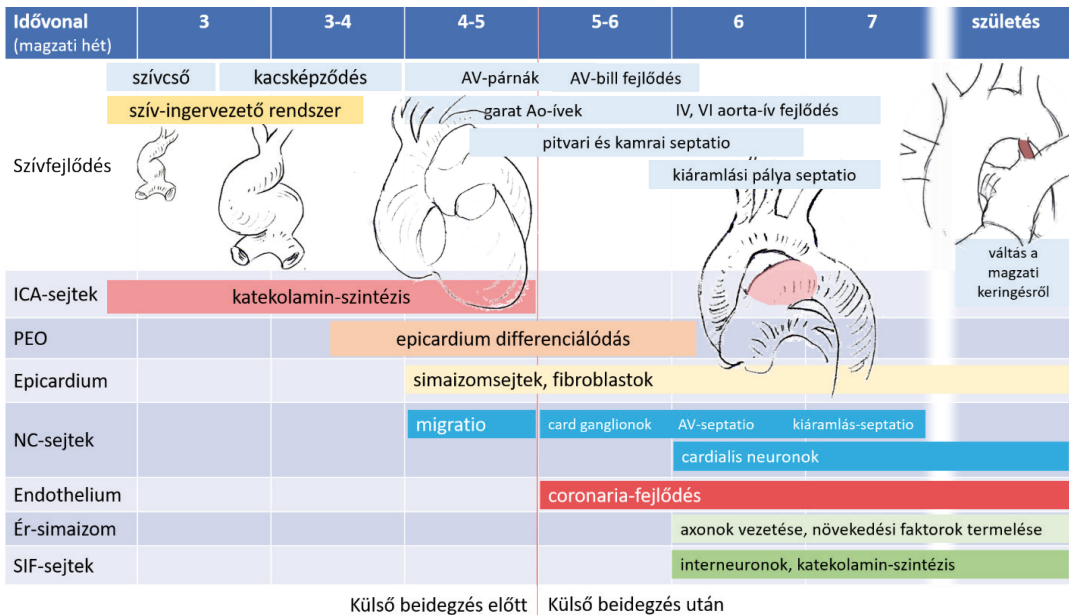
B: A crista neuralis sejtek (kék) kirajzásának útvonala (fehér nyíl) a sinus venosus (SV) felé a környező embrionális képletek megjelölésével.

A szív külső beidegzése: a ganglion-hálózatok és idegek az NC-sejtekből fejlődnek ki [VÉGH 2016.]<sup>2</sup>. A NC-sejtek kirajzása időben és térben meghatározott és összetett folyamat, amelyet hívogató és/vagy visszatartó neurotróp faktorok egész skálája irányít. E fehérjéket a célszövetek bocsátják ki és a NC-sejtek receptorai értelmezik jelentésüket. Maguk az NC-sejtek is termelnek neurotróp faktorokat, egymással és a környező sejtekkel kommu-

2 Az itt következő részben az idézett munkára, valamint a benne foglalt hivatkozásokra támaszkodunk, de — azok nagyszáma miatt — nem jelöljük meg részletesen az egyes megállapítások forrását.

kálnak. A vándorlással párhuzamosan az NC-sejtek differenciálódnak, korábbi multipotens képességeiket fokozatosan elveszítik.

A szimpatikus és paraszimpatikus helyi szívhálózat és postganglionális idegsejtjei közös NC-sejt ősből differenciálódnak. A kettő közötti választásban az epicardium sejtek által termelt fehérje helyi szintjének (pl. BMP-2 = *bone morphogenetic protein*) van szerepe. A differenciálódás során más-más gének expressziója folytán rögzül a későbbi adrenerg (szimpatikus) vagy kolinerg (paraszimpatikus) profil.



4. ábra. A szív külső beidegzésének folyamata a szívfejlődés tükrében. [VÉGH 2016.] nyomán, módosítva.

A szív saját ingerképző- és vezető rendszere már a szívfejlődés korai szakaszán működik. A fejlődő myocardiumsejtek spontán depolarizációjának egységes kontrakcióba rendezésében az intrinsic cardiac adrenerg (ICA) sejtek katekolamin-termelése segít. A szív külső beidegzésének alapja a proepicardialis szervből (PEO) kialakuló epicardialis sejtcsoport és derivátumai. A crista neuralis (NC) sejtek többféle feladatot teljesítenek.

Rövidítések: Ao: aorta, AV: atrioventricularis, SIF: small intensely fluorescent sejtek=kicsiny interneuron-endokrin sejt.

### Interneuronok és/vagy endokrin sejtek

Az NC-származék sejtcsoportok között megkülönböztetünk egy fontos mellékágot, a kicsiny interneuronokat (SIF = *Small Intensely Fluorescent* sejtek). Nevükből adódóan a szív-hálózat és a szíven belüli (subepicardialis) ganglionok összekötő sejteiként működnek (I. típus: neuron és/vagy glia). Minthogy bent ülnek a paraszimpatikus ganglionokban, ka-

tekolamin-termelésükkel modulálják azok hatását az SA- és AV-csomóra. Másik, II. típusuk (endokrin sejt) még intenzívebb katekolamin-gyártó, ami — még a mellékvesék kialakulása és katekolamin-termelése előtt — besegít az embrionális szívizomzat megfelelő tonizálásában. Ez a működésük hasonló az ICA-sejtekéhez. A neuron és az endokrin SIF-sejt a glukokortikoid szinttől függően átalakulhat egymásba, még későbbi életkorokban is. A szív beidegzésének folyamatát, a benne részvevő sejtípusokat az 4. ábrán tüntettük fel.

A paraszimpatikus innerváció időben megelőzi a szív szimpatikus beidegzését. Amint mondtuk, az NC-sejtek a cranialis/vagus régióból vándorolnak a fejlődő szív kiáramlási pályája felé. A sejtcsoport többi részéből fejlődnek a bolygóidegek és a belőlük a szív felé kirajzó rostok (a későbbi *rami cardiaci cervicales inf. n. vagi*). E kezdeti vagus idegek társutas NC-sejtjei utat találnak a dorsalis mesocardiumhoz. Ebből alakul ki a vagus kapcsolata a szív vénás (*sinus venosus*) szegmentumával. A felnőtt szívben 700–900(!) paraszimpatikus ganglion alkot hálózatot a pitvarok subepicardialis részén [VERBERNE 1998.]. A paraszimpatikus és afferens rostok szíven belüli hálózatának fejlődése nem tisztázott. Kísérletes modellekből úgy tűnik, hogy az idegek jelennek meg legelőbb és a coronariák követik az azok által kijelölt pályát [MUKOUYAMA 2002.].

A szimpatikus (postganglionaris) axonok szintén a vagus rostok mentén érik el a dorsalis szívbázishoz és a nagy szívvénákat követve haladnak a szívcsúcs felé. Növekedésüket az ér-simaizomsejtek által kibocsátott hívogató és/vagy visszatartó neurotróp faktorok irányítják. Az endocardiumsejtek taszító faktora (pl. SEMA3a = *semaphorin*) miatt a subendocardialis réteg szimpatikus beidegzése szegényesen alakul. A kiserek felé haladva a vénás simaizomsejtek neurotróp faktor expressziója csökken, ezért a növekvő axonok átpártolnak a kisartériák követésére. Más szavakkal: a már kialakult intramyocardialis coronariák neurotróp anyagukkal (NGF = *nerve growth factor*) csalogatják maguk után a szimpatikus axonokat [NAM 2013.].

## *A szív és agy párbeszéde*

„Ütésenként hal meg szívem; az idő kimúlt,  
*Vénségében gyötrődve gyászolok*”

Christina Georgina Rossetti (1830–1894): Emlékezet (részlet)

Az elmúlt 25 év szív/agy kutatásai alapvetően megváltoztatták azt az egyoldalú nézetet is, miszerint a két entitás kapcsolata kimerülne abban, hogy a szív engedelmeskedik az agy utasításainak [MCCRATY 2015.]. Nemcsak a szív által fenntartott keringés, hanem a szív „üzenetei” is hatással vannak az agy funkciójára. Az új ismeretek nyomán új tudományág született a *neurokardiológia* [ARMOUR 1994.]. Mai tudásunk szerint a szív és az agy több csatornán kommunikál egymással:

1. Neurális kommunikáció („szív-agy”, plexus cardiacus, szimpatikus és paraszimpatikus idegpályák és központi autonóm hálózat)
2. Biokémiai kommunikáció (hormonok, neurotranszmitterek, peptidok: ANP/BNP, oxitocin)
3. Biofizikai kommunikáció (pulzushullám) és energetikai kommunikáció (elektromágneses mezők)

### *Neurális kommunikáció a szív-aggyal*

Az agy és a szív autonóm idegrendszeri összeköttetéseit és fejlődését fentebb kimerítően tárgyaltuk. Abnormális beidegzésnek (neurogén szívbetegség) számos a szívet érintő klinikai helyzetben tulajdonítanak kóroki jelentőséget. Itt néhány példát villantunk fel a teljesség igénye és részletezés nélkül.

Krónikus keringési elégtelenségben a szív egyszerre kerül az autonóm idegrendszer szimpatikus túlsúlya és megnövekedett keringő katekolaminszint hatása alá. Maga a szív is több katekolamint termel, ami tovább növeli a szívizomzat terhelését, energiafogyasztását [ZUCKER 1995.].

Pitvarfibrilláció: a jelenlegi elméletek szerint a helyi neurális szívhálózat (szív-agy) sztochasztikus aktivációja készíti elő a terepet, majd a felsőbb autonóm beidegzés beindítja a pitvarfibrillációt, melynek fenntartásában ismét helyi idegi résztvevők szerepelnek [ARORA 2012.]. A diagnosztikus és technikai nehézségek ellenére a pitvarok denervációja ígéretes útja lehet a kezelésnek. A tüdővéna beáramlásának izolációja válogatott esetekben oki terápiát jelenthet [KATRITSIS 2011.].

Ritmuszavarok, hosszú QT-szindróma: szinte az összes szívritmuszavarban kimutatták már az autonóm innerváció tüneteket elősegítő és/vagy rosszabbító hatását [LINZ 2014.].

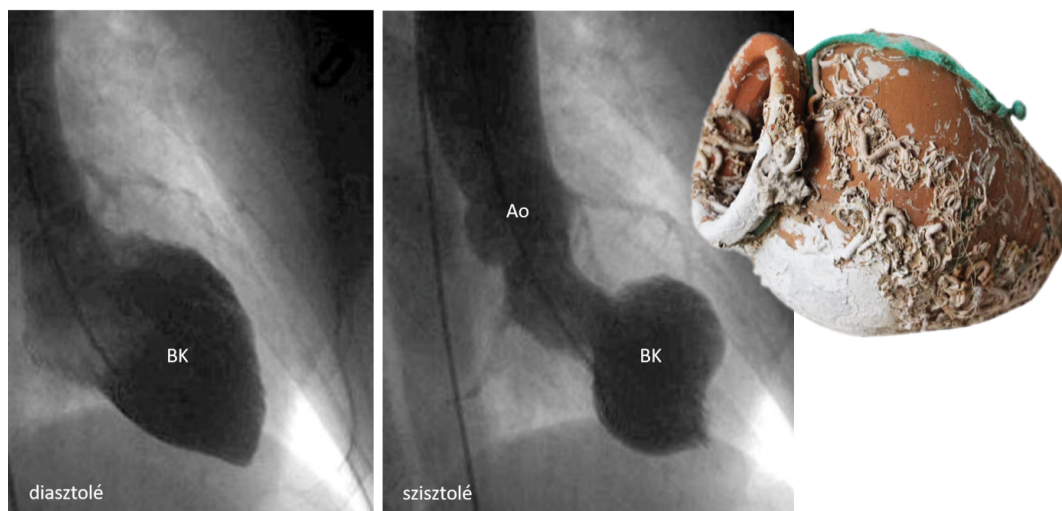
Variáns coronaria szindrómák: vasospasticus (Prinzmetal) angina, melyben a paraszimpatikus tónus elégtelensége (a kiegészítő hipotézis szerint emiatt az endothel-sejtek elégtelen nitrogén-monoxid képzése) koszorúér görcsöt okoz anatómiai szűkület nélkül [HARRIS 2016.].

Hirtelen halál: a fizikai vagy érzelmi stresszhatásra bekövetkező szívmegeállásban a hirtelen extrém magas fokú szimpatikus túlsúly oki tényezőként szerepel [OPPENHEIMER 1992.]. Ennek példája a Cannon által leírt vudu-halál, amikor az áldozatok abban a hitben, hogy átok alatt állnak, nagyfokú stresszhelyzetbe sodródnak, és az végül meg is öli őket [CANNON 1942.]. A megítélést bonyolítja, hogy hirtelen halál extrém paraszimpatikus túlsúly, sőt mindkét rendszer együttes viharának hatására is be tud következni, ezért – a mai szemlélet szerint – az insularis cortex túlzagalma játszik benne vezető szerepet [SAMUELS 2007.].

Az agy szívre való neurohormonális hatásának sajátos példája a megtört-szív szindrómaként is nevezett stressz-cardiomyopathia. Az akut coronaria-szindróma tüneteit utánzó, nem ismert okú, a legtöbb esetben visszafejlődő rendellenesség során a szívcsúcs renyhén

húzódik össze és edényszerűen kitágul (a japán polipcsapdához, a takotsubo-edényhez hasonló alakjából ered másik elnevezése: Takotsubo cardiomyopathia), miközben a kiáramlási pálya körüli izomzat megtartja kontraktilitását (5. ábra). Az agy közvetlen szerepét abból feltételezik, hogy az elváltozás az esetek többségében hirtelen, érzelmi megrázkódtatás után alakul ki [AKASHI 2003.].

A subarachnoidalis és/vagy agytörzsi vérzéssel összefüggő subendocardialis bevérzés régóta ismert a kórboncnokok körében [CONNOR 1969.]. A diffúz petechiák, kisebb-nagyobb a szívbelhártya alatti vérzések, focalis myocytolysis, (elektronmikroszkóposan: mitokondrium-pusztulás) az agyi történések következtében fellépő szimpatikus túlingerlés következményei.



5. ábra. Takotsubo cardiomyopathia angiokardiográfás képe és a takotsubó-edény

A baloldali diasztolés fázisban normál balkamra alakzat ábrázolódik. Középpütt: a szisztolé során a szívcsúcs összehúzódása elmarad és emiatt kisköcsög alakzatot vesz fel. Megjegyzendő a koszorúerek normális lefutása.

Rövidítések: Ao: aorta ascendens, BK: balkamra. A képek forrása: <https://reference.medscape.com/slideshow/broken-heart-syndrome-6012067> (Utolsó letöltés: 2023.06.23.)

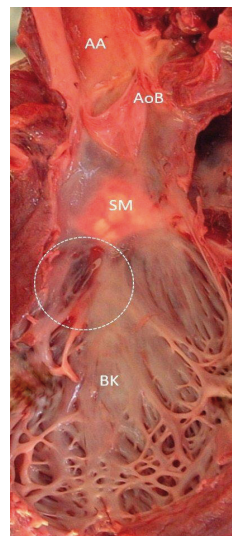
Jobboldalon: Polip-csapda, takotsubo-edény: XIX. századi polipfogó cserépedény. A kép forrása: <https://www.rubylane.com/item/1836869-OctopusTrapx230005/19th-Century-Antique-Terracotta-Octopus-Trap> (Utolsó letöltés: 2023.06.23.)

A jelenség kísérleti körülmények között mellékvese eltávolítás után is bekövetkezik, ami helyi katekolamin felszabadulásra utal [JACOBS 1972.].

A szív megnyitott balkamra (BK) kamraközi sövényi felszínén subendocardialis vérzés látható (pontosított körrel jelölve).

Az elváltozásra szívatültetés után hiperakut kilökődésben elhunyt beteg kórboncolása során derült fény. A szív egy másik személy emlékét hordozza: a donorét, aki subarachnoidealis vérzés miatt vált szervdonorrá. A recipiensnek nem volt agyvérzése. Rövidítések: AA: aorta ascendens, AoB: aortabillentyű, BK: balkamra, SM: septum membranaceum

(A szerzők anyagából)



6. ábra. A szív emlékei

### *Biokémiai kommunikáció. A szív, mint endokrin szerv*

A szív és az autonóm idegrendszer kapcsolatainak anatómiai részleteit a már az 1800-as évektől kezdődően leírták, és az 1930-es évektől élettani sajátosságaikról is egyre több ismerettel rendelkezünk. Az is közismert, hogy az agy a neuroendokrin rendszer főnöke. Az az kijelentés azonban, hogy maga a szív endokrin szerv lenne, bizonyosan nem talált volna korábban elfogadásra. Mégis, a szív hivatalosan is az endokrin rendszer része 1983 óta [CANTIN 1988.]. Az esemény a pitvari és kamrai *natriuretikus peptid* (atriopeptid, ANP, BNP) felfedezésével kezdődött (1981), amelyet a szív *izomsejtjei* termelnek [de BOLD 1981.]. A vegyület valódi hormonnaként viselkedik és számos élettani hatásának egyik eredménye, hogy megkönnyíti a szív utóterhelését [ARTIL 2003.]. Működését a vesékben, mellékvesékben és az agy központi autonóm hálózatában (CAN) fejt ki [STRÖHLE 1998.]. Az agy is termel is termel ilyen peptidet (BNP = *brain natriuretic peptid*). Az ANP, BNP és homológjaik modulálják az immunrendszert, sőt — kísérletes körülmények között — a viselkedést is [TELEGDY 1994.].

A szív kiválaszt olyan neurotranszmitter vegyületeket (noradrenalin, adrenalin és dopamin) is, amelyeket eladdig csak idegsejtekkel és ganglionokkal kapcsoltak össze [HUANG 1996.]. Ezeket a katekolaminokat a subendocardialis chromaffin (ICA) sejtek termelik és részt vesznek az értónus szabályozásában, de — mint említettük — az idült keringési elégtelenség kompenzációs mechanizmusaiban is. Az utóbbi vonatkozásban egy nagyobb szabályozási rendszer részei, és távolhatásukkal is számolhatunk, annak ellenére, hogy életidejük rövid (kb. 30 másodperc). A távolhatás célszerve mindenekelőtt az érrendszer, de az agy is (felsőbb regulátorként). Jelenleg mintegy harminc különböző hormon(szerű) anyagot ismerünk, amelyet a szív termel — a lista nyilván tovább fog bővülni [TOTA 2010.]. Ezen anyagok termelésében a szív minden sejtípusa részt vesz, és összetett hatásaik lényegesen

hozzájárulnak a neuroendokrin rendszer finomhangolásához. Találomra kiemelve kettőt, pl. a *ghrelin* (*Growth Hormon Releasing* peptid) pl. az éhségérzettel, az inzulinszint szabályozásával és — nevéből adódóan — a növekedési hormon felszabadításával foglalkozik [IGLESIAS 2004.]. A ghrelint főképp a gyomor választja ki és még nem teljesen világos, mi a szerepe a szívben? Még érdekesebb, de egyben inspiráló is, hogy a szív *oxitocin* készít [JANKOWSKI 1998.]. Még hozzá annyit, mint az agy [GUTKOWSKA 2008.]. Az oxitocin a szívben nitrogén-monoxid, natriuretikus peptid felszabadításával hat és mitokondriális szinten elősegíti a reparáló-konzerváló folyamatokat, emiatt kardioprotektív hatásának tartják [BUEMANN 2020.]. Közismert az oxitocin szerepe a szülés megindulásában, tejléválasztásban, de szerepe van a szeretet és szerelem kiváltásában is. Keletkezése a szívben kétségtelenül megidézi a szívnek tulajdonított érzelmi, lelki tartalmak évezredes hagyományát.

A szív és agy neuroendokrin párbeszédébe érdekes bepillantást nyújtanak a szívtranszplantáción átesett betegeken végzett vizsgálatok. A beültetett szív endokrin profilja, pl. BNP-érzékenysége és termelése megváltozik [TALHA 2011.]. Az új szív (kezdetben) denervált szervként működik. Az ICA-sejtek aktiválódnak és fokozott mennyiségű noradrenalint bocsátanak ki [TAMURA 2009.]. A recipiens funkcionáló sinus csomója átveszi a donorszív vezérlését és ezáltal lehetőséget nyújt a paraszimpatikus hatásoknak. Később (18–36 hónap alatt) a donorszív szimpatikus rostokkal reinnerválódik, tehát az autonóm idegrendszer visszaszerez egy legalább részleges neurális kontrollt [BENGEL 1999.]. A recipiensnek 25–40%-án megfigyelt pszichés- és személyiségváltozások csak részben magyarázhatók olyan élettani és fizikai körülményekkel, mint a keringés megjavulása, egyéb gyógyszerek (pl. immunszuppresszió) (mellék)hatásai, vagy a kórházi izoláció [BUNZEL 1992.]. A változások hátterében a donorszív és a recipiens szervezet neuroendokrin összehangolásának zavara gyanítható. A szívtranszplantáció során nem csak egy új izompumpát ültetnek be.

### *Biofizikai és energetikai kommunikáció*

A sejtek működése elektromos jelenségekkel jár, amelyek elektromágneses mezőket keltenek. A szervezetben a szív hozza létre a legerősebb ritmikus elektromágneses teret; elektromos jelenségei hatvanszor erősebbek az agyéinál; elektromágneses mezője 100-szor nagyobb [BAULE 1963.]. Ennek az az oka, hogy a myocardium egységei közel egyszerre depolarizálódnak és repolarizálódnak. Az elektrokardiográfia (EKG) a szív működéssel járó elektromos tengely változását mutatja, míg az elektromágneses mezők a funkcionális szinten keletkező vortex-jelenségeket képezik le [NAKAYA, 1984]. A szív elektromágneses képét magnetokardiográfiával lehet megjeleníteni. Noha a magnetokardiográfia noninvasív, mellékhatásmentes vizsgálómódszer, és már mintegy 30 éves múltra tekint vissza, nem terjedt el széleskörűen a klinikai gyakorlatban. Áttekintésünk szempontjából érdekes kérdés, hogy a szív által gerjesztett, egy méteres sugarú elektromágneses erőtér vajon háttással van-e a szervezet többi szervére, legfőképp az agyra? [XU 2010.] Erre vonatkozóan jelenleg még kevés tudományos adat áll rendelkezésre.



## Szinkronizáció

A szervezet egyensúlyra törekszik az állandóan változó körülmények között, és ezt a folyamatok ciklikussága biztosítja. A szervek és szervrendszerek működésük szinkronizálására törekszenek [CANNON 1932.]. A szinkronizáció egyik lehetséges forrása maga a szív ciklus, amely az egész szervezetet folyamatos pulzáló mozgásban tartja. A folyamat hasonló ahhoz, amikor eltérő ritmusban ütő metronómkat helyezünk egy közös asztalkára, majd az utóbbi ritmusos mozgásával az egyes metronómkok ütése hamar egygyé rendeződik.

Jelátlagolást alkalmaznak annak kiderítésére, hogy fennáll-e szinkronizált aktivitás biológiai rendszerek között. Segítségével felerősíthetők az adott idő-intervallumba tartozó jelek, miközben csökken a háttérzaj. A módszert széleskörben használják, pl. kisméretű hierarchikus hálózatok tér-idő dinamikájának, az érzékszervi stimuláció által kiváltott agyhullámok vizsgálatára [GOTTS 2010.]. Elméletileg hasonlóan vizsgálhatók a szív ciklushoz kötött kiváltott agyi potenciálok is [WU 2015.]. Egyes kutatók azt feltételezik, hogy “energetikai” kapcsolat áll fenn az agy és a szív között, amennyiben az EEG 50–550ms késéssel szinkronizálna az EKG ritmusával [MCCRATY 2015.]. Mivel maguk a vizsgálok is megemlítik, hogy az EEG-éhez hasonló jelminiatzatot rögzítettek n. vagus afferens rostjaiban, továbbá egyéb módszertani aggályok is fennállnak, ezért az eddigi adatok még nem fogadhatók el a szív és agy elektromos és/vagy elektromágneses párbeszédének bizonyítékeként. *Wu és munkatársai* funkcionális mágneses rezonanciás (fMRI) vizsgálatában épp a helyi agyi keringés paramétereinek (oxigénszaturáció és pulzushullám) periodicitásával függött össze az agyi autonóm alapaktivitás oszcillálása [WU 2010.]. Egy másik vizsgálatban az alanyok a szívritmusukra koncentrált meditációt végeztek és közben az EEG szinkronizálását találták [SONG 1988.]. Noha a jelenség valószínű, a témában publikált tanulmányok eddig még nem igazolták tudományosan a szinkronizáció pontos mikéntjét [PALVA 2012.]. Jelenleg sem tudunk tehát sokkal többet, mint azok az elődeink, akik évezredek óta gyakorolják a jógát, és teljes énjüket a szívritmusukhoz (valamint vele a légzésükhöz) harmonizálják/igazítják. Mindamelllett az egyének közötti szinkronizáció jelenségét dokumentálták. Házaspárokon együttes alvás közben szívritmusukban szinkronizált hullámsorozatokat azonosítottak [YOON 2019.]. Ugyancsak megfigyelték az anya és magzat szívritmusának szinkronizációját [IVANOV 2009.]. Az előbbi esetben mikrovibrációt (tehát fizikai átvezetést), az utóbbiban az anyai pulzushullám áttevődését feltételezik okként. A szívfrekvencia-változékonyság csoportos (több személyre kiterjedő) kiegyenlítését (HRV = *heart rate variability* szinkronizáció) tapasztalták csoportban, nagy érzelmi kötődéssel járó és erőteljes ritmusú események során, pl. rituálék, tánc, közös éneklés során [MORRIS 2010.]. Nyomban a mantarákra, a kerengő dervisekre, és az egyszerre ingó, révülő, éneklő hasziditákra asszociálunk, akik lényüket az univerzum rezgéseivel kívánják szinkronizálni. A kérdés az, vajon az említett megfigyelésekben az agy komplex külső-belső érzékszervi ingerre kiváltott, az egész testre — és így a szívre is — kiterjesztett egyszerre tudatos és autonóm neuroendokrin válaszáról van-e szó, avagy egy eddig feltáratlan kommunikációs csatornáról? [LOIZZO 2016.] Kultúrtörténeti analógiaként említjük, hogy a hindu gondolkodásban energia- és kommu-

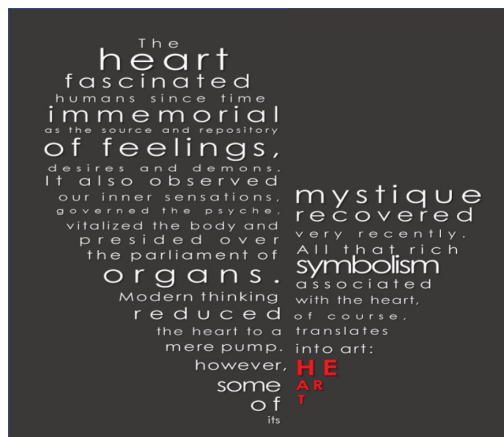
nikáció-központokként értelmezik a hét csakrát [NAIR 2017.]. A központi, ún. szívcsakra köti össze az alatta és felette elhelyezkedő három-három csakrát, valamint szinkronizálja ezeket egymással és a körülöttük kígyózó két energiapályával [KRISHNAKUMAR 1993.]. Vonzó a szinkretizmus, hogy kapcsolatot találjunk a generációk világlátásából leszűrt filozófiai-vallási rendszer és a jelenlegi tudományos ismeretek között [MAXWELL 2009.]. Az eddigi vizsgálatok azonban még nem találtak mérhető magyarázatot arra, hogy a csakrák miként valósítanak meg a szív és agy valamint a többi szerv párbeszédét?

\* \* \*

A neves anatómus, *Xavier Bichat* (1771–1802) azt tartotta, hogy a tudatos, racionális életfunkciók az agy uralma alatt álltak, míg a tudattalan, vegetatív folyamatokat a szervek mentén elhelyezkedő ganglionok intézték. Az érzelmeket az utóbbi csoportba sorolta és száműzte az agyból [FINGER 2001.]. Rossz esetben ezek még „mentális” betegségeket is okozhattak (ld. hisztéria a *ὕστερᾶ* = méh kifejezésből). A szív, központi elhelyezkedése, a keringés, az élet fenntartásában játszott szerepe, és a hozzá kapcsolódó szimbolizmus miatt mindig is elismert helyzetben volt a szervek vetélkedésében — és Bichat rendszerében [SMITH 2013.] (7. ábra). A modern tudomány izompumpává minősítette vissza a szívet, miközben az agy lépett elő az élőlény vezérlőegységévé. Ezek a képek hibásak. A szív és agy újonnan felismert sokrétű együttműködése példája annak, hogy az élő szervezet összhangban, egységként működik, minden része egyenrangúan fontos, és nincs vetélkedés a szervek között, se rangsoruk. „A szív megfelelően bonyolult ahhoz, hogy könnyen alkalmazkodjék minden kórsza ötletünkhöz” — mondta *Robert H Anderson* szívanatómus. Ez sokkal inkább elmondható az agyról, amelynek „még csak a felszínét kapirgáljuk” [REYNOLDS 2007.]. A szív nemrég felfedezett endokrin, elektromágneses és egyéb képességei teljesen új távlatokat nyitnak. A szív és agy együttműködéséről szerzett új tapasztalatok egy új diszciplínát teremtettek: a neurokardiológiát. Az agy és szív közös története az emberi gondolkodásban több évezredes, mi pedig egy új fejezet kezdetének vagyunk tanúi.

A szív ősidők óta lenyűgözte az embereket, mint az érzelmek, vágyak, gonosz szellemek forrása és őrzője. A szív felügyelte belső szelmünket, őrizte a lelket, éltette a testet és elnökölt a szervek tanácsában. Szívünket a korszellem szivattyúvá süllyesztette. Mostanában mégis megkerült némi misztikum. A szerv szív számos szimbóluma szinte művészet:

művészet



7. ábra. A 2015-ös abu dhabi szívhét plakátja (Király L. munkája)

## Rövidítések

ANP	pitvari (és kamrai) natriuretikus peptid
ANS	autonóm idegrendszer
BNP	agyi (brain) natriuretikus peptid
AV	atrioventricularis, pitvar-kamrai
CAN	central autonomic network, az autonóm idegrendszer központi (agyi) hálózata
EEG	elektro-enkefalográfia
EKG	elektrokardiográfia
ICA	intrinsic cardiac adrenerg; a szív saját katekolamin-termelő sejtje
NC, NCC	neural crest; neural crest cell; crista terminalis és sejt
SA	sinoatrialis; SA-csomó: sinuscsomó
SIF	small intensely fluorescent sejt; kicsiny interneuron-endokrin sejt

## Felhasznált irodalom

*A Sárga Császár belső könyvei. Egyszerű kérdések.* A hagyományos kínai orvoslás és természetfilozófia legrégebbi kézikönyvének teljes fordítása. Ford., jegyz., előszó: TOKAJI Zs. Budapest: Fapadoskonyv.hu, 2010.

ACKERKNEHT, E. H.: The history of the discovery of the vegetative (autonomic) nervous system. *Medical History*, (1974) 18, pp. 1–8.

AKASHI, Y. J., NAKAZAWA, K., SAKAKIBARA, M., MIYAKE, F., KOIKE, H., SASAKA, K.: The clinical features of takotsubo cardiomyopathy. *QJM*, (2003) 96(8), pp. 563–573  
<https://doi.org/10.1093/qjmed/hcg096>

AL-TABRIZI K.: (1340) *Al-Hadith, Mishkat-ul-Masabih, an English translation and commentary with Arabic text.* Translated by Karim M. F. (1991–1999) New Delhi: Islamic Book Service, Vol. III/2; Vol. IV. 367; Vol. IV. 380.

ANAND, P., AZIZ, Q., WILLERT, R., VAN OUDENHOVE, L.: Peripheral and central mechanisms of visceral sensitization in man. *Neurogastroent Motil*, (2007) 19, pp. 29–46.  
<https://doi.org/10.1016/j.npep.2003.09.006>

ARISZTOTELÉSZ: *Peri zóión morión* [Az állatok részeiről.]. Cambridge: Harvard University Press, 1961.

ARLT, J., JAHN, H., KELLNER, M., STRÖHLE, A., YASSOURIDIS, A., WIEDEMANN, K.: Modulation of sympathetic activity by corticotropin-releasing hormone and atrial natriuretic peptide. *Neuropeptides*, (2003) 37(6), pp. 362–368. <https://doi.org/10.1016/j.npep.2003.09.006>

ARMOUR, J. A.: Anatomy and function of the intrathoracic neurons regulating the mammalian heart. In *Reflex Control of the Circulation*. Eds. I.H. Zucker, J.P. Gilmore. Boca Raton: CRC Press, 1991. pp. 1–37.

ARMOUR, J. A.: Potential clinical relevance of the ‘little brain’ on the mammalian heart. *Exp Physiol*, (2008) 93(2), pp. 165–176. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2007.041178>

ARMOUR, J.A., ARDELL J. L. (eds.): *Neurocardiology*. New York: Oxford University Press, 1994.

ARNOLDS, S. V., SPERTUS, J. A., CIECHANOWSKI, P. S., SOINE, L. A., JORDAN-KEITH, K., CALDWELL, J. H., SULLIVAN, M. D.: *Psychosocial modulators of angina response to myocardial ischemia*. *Circulation*, (2009) 120, pp. 126–133. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.108.806034>

ARORA, R.: Recent insights into the role of the autonomic nervous system in the creation of substrate for atrial fibrillation: implications for therapies targeting the atrial autonomic nervous system. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, (2012) 5, pp. 850–859. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.112.972273>

BAULE, G., MCFEE, R.: *Detection of the magnetic field of the heart*. *American Heart Journal*, (1963) 55(7), pp. 95–96.

BEAUMONT, E., SALAVATIAN, S., SOUTHERLAND, E. M., VINET, A., JACQUEMET, V., ARMOUR, J. A., ARDELL, J. L.: Network interactions within the canine intrinsic cardiac nervous system: implications for reflex control of regional cardiac function. *J. Physiol*, (2013) 591, pp. 4515–4533. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.259382>

BEKKOUCHE, N. S., WAWRZYNIAK, A. J., WHITTAKER, K. S., KETTERER, M. W., KRANTZ, D. S.: Psychological and physiological predictors of angina during exercise-induced ischemia in patients with coronary artery disease. *Psychosom Med*, (2013) 75(4), pp. 413–421. [https://journals.lww.com/psychosomaticmedicine/abstract/2013/05000/psychological\\_and\\_physiological\\_predictors\\_of.12.aspx](https://journals.lww.com/psychosomaticmedicine/abstract/2013/05000/psychological_and_physiological_predictors_of.12.aspx) (Utolsó letöltés: 2023.06.23.)

BENGEL, F.M., UEBERFUHR, P., ZIEGLER, S. I., NEKOLLA, S., REICHART, B., SCHWAIGER, M.: Serial assessment of sympathetic reinnervation after orthotopic heart transplantation. A longitudinal study using PET and C-11 hydroxyephedrine. *Circulation*, (1999) 99(14), pp. 1866–1871.

BLESSING, W. W.: *The Lower Brainstem and Bodily Homeostasis*. New York: Oxford University Press, 1997.

BUEMANN, B., UVNÄS-MOBERG, K.: Oxytocin may have a therapeutical potential against cardiovascular disease. Possible pharmaceutical and behavioral approaches. *Med Hypotheses*, (2020) 138, 109597. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109597> (Utolsó letöltés:

2023.06.23.)

BUNZEL, B., WOLLENEK, G., GRUNBÖCK, A.: Living with a donor heart: feelings and attitudes of patients toward the donor and the donor organ. *J. Heart Lung Transplant*, (1992) 11(6), pp. 1151–1155.

CANNON, W. B.: “Voodoo” death. *Am Anthropologist*, (1942) 44, pp. 169–118.

CANNON, W. B.: *The wisdom of the body*. New York: W.W. Norton & Company, 1932.

CANTIN, M., GENEST, J.: The heart as an endocrine gland. *Pharmacol. Res. Commun*, (1988) 20(Suppl 3), pp. 1–22.

CHRISTOFFELS, V. M., HOOGAAARS, W. M. H., MOORMAN, A. F. M.: Patterning and development of the conduction system of the heart: origins of the conduction system in development. In *Heart development and regeneration*. Eds. N. Rosenthal, R. P. Harvey. London: Academic Press, 2010. pp. 171–192.

CLARKE, E.: Aristotelian concepts of the form and function of the brain. *Bulletin of the History of Medicine*, (1963) 37, pp. 1–14.

COLIVICCHI, F., BASSI, A., SANTINI, M., CALTAGIRONE, C.: Cardiac autonomic derangement and arrhythmias in right-sided stroke with insular involvement. *Stroke*, (2004) 35, pp. 2094–2098. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000138452.81003.4c> (Utolsó letöltés: 2023.06.23.)

CONNOR, R. C. R.: Myocardial damage secondary to brain lesions. *Am. Heart J.*, (1969) 78, pp. 145–148.

DE BOLD, A. J., BORENSTEIN, H. B., VERESS, A. T., SONNENBERG, H.: A rapid and potent natriuretic response to intravenous injection of atrial myocardial extract in rats. *Life Sci.*, (1981)28, pp. 89–94.

FINGER, S.: *Origins of Neuroscience: A History of Explorations Into Brain Function*. New York: Oxford University Press, 2001.

FURNESS, J. B.: *Enteric Nervous System*. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

FURNESS, J., B.: The organisation of the autonomic nervous system: Peripheral connections. *Autonomic Neuroscience*, (2006) 130, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2006.05.003>

GAHERY, Y., VIGIER, D.: Inhibitory effects in the cuneate nucleus produced by vago-aortic afferent fibers. *Brain Research*, (1974) 75, pp. 241–246.

GIBBINS, I., L.: Peripheral autonomic pathways. In *The Human Nervous System*, Second edition. Eds. G. Paxinos, J. K. Mai. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. pp. 134–189.

GOTTS, S. J., GILMORE, A. W., MARTIN, A.: Brain networks, dimensionality, and global sig-

nal averaging in resting-state fMRI: Hierarchical network structure results in low-dimensional spatiotemporal dynamics. *Neuroimage*, (2020) 205, 116289.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage> (Utolsó letöltés: 2023.06.23.)

GUTOWSKA, J., JANKOWSKI, M., ANTUNES-RODRIGUES, J.: The role of oxytocin in cardiovascular regulation. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, (2014) 47(3), pp. 206–214.

<https://doi.org/10.1590/1414-431X20133309> (Utolsó letöltés: 2023.06.23.)

HARRIS, J. R., HALE, G. M., DASARI, T. W., SCHWIER, N. C.: Pharmacotherapy of Vasospastic Angina. *Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics*, (2016) 21(5), pp. 439–451. <https://doi.org/10.1177/1074248416640161>

HUANG, M. H., FRIEND, D. S., SUNDAY, M. E., SINGH, K., HALEY, K., AUSTEN, K. F., KELLY, R. A., SMITH, T. W. An intrinsic adrenergic system in mammalian heart. *J. Clin. Invest.*, (1996) 98, pp. 1298–1303.

IGLESIAS, M. J., PIÑEIRO, R., BLANCO, M., GALLEGO, R., DIÉGUEZ, C., GUALILLO, O., GONZÁLEZ-JUANATEY, J. R., LAGO, F.: Growth hormone releasing peptide (ghrelin) is synthesized and secreted by cardiomyocytes. *Cardiovasc. Res.*, (2004) 62, pp. 481–488.

<https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2004.01.024>

IVANOV, P. C. H., MA, Q. D., BARTSCH, R. P.: Maternal-fetal heartbeat phase synchronization. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*, (2009) 106(33), pp. 13641–13642.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0906987106> (Utolsó letöltés: 2023.06.23.)

JACOB, W. A., VAN BOGAERT, A., DEGROOT-LASSEEL, M. H. A.: Myocardial ultrastructural and haemodynamic reactions during experimental subarachnoid haemorrhage. *J. Moll. Cell. Cardiol.*, (1972) 4, pp. 287–298.

JÄNIG, W. W.: *The Integrative Action of the Autonomic Nervous System: Neurobiology of Homeostasis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

JANKOWSKI, M., HAJJAR, F., KAWAS, S. A., MUKKADDAM-DAHER, S., HOFFMAN, G., MCCANN, S. M., GUTOWSKA, J.: Rat heart: a site of oxytocin production and action. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, (1998) 95, pp. 14558–14563.

KAKUM, M.: *The Future of the Mind: The Scientific Quest to Understand, Enhance, and Empower the Mind*. New York: Random House, 2014.

KATRITSIS, D. G., GIAZITZOGLOU, E., ZOGRAFOS, T., POKUSHALOV, E., PO, S. S., CAMM A. J.: Rapid pulmonary vein isolation combined with autonomic ganglia modification: a randomized study. *Heart Rhythm*, (2011) 8, pp. 672–678. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2010.12.047>

KIRBY, M. L., BOCKMAN, D. E.: Neural crest and normal development: a new perspective. *Anat. Rec.*, (1984) 209, pp. 1–6. <https://doi.org/10.3390%2Fjcd3010010>

- KORÁN. Ford., magy. Simon R. Budapest: Helikon Kiadó, 1985.
- KRISHNAKUMAR, P. R.: The sri chakra as a symbol of the human body. *Anc. Sci. Life*, (1993) 12(3–4), pp. 316–319.
- LACEY, J. I., LACEY, B. C.: On heart rate responses and behavior: a reply to Elliott. *J. Pers. Soc. Psychol.*, (1974) 30(1), pp. 1–18.
- LANGLEY, J., N.: The autonomic nervous system. *Brain*, (1903) 26, pp. 1–26.
- LEONARDO DA VINCI (c. 1505). *Quaderni d'anatomia. Clark 19112r/QIV7r*. In O'Malley, C. D., Saunders, J., B., Saunders C. M.: *Leonardo Da Vinci on the Human Body. Leonardo's anatomic drawings and notes*. New York: Gramercy, 2003. p. 222.
- LINZ, D., UKENA, C., MAHFOUD, F., NEUBERGER, H. R., BÖHM, M.: Atrial Autonomic Innervation: A Target for Interventional Antiarrhythmic Therapy? *Journal of the American College of Cardiology*, (2014) 63(3), pp. 215–224.
- LOEWY, A. D., SPYER, K. M.: *Central Regulation of Autonomic Function*. New York: Oxford University Press, 1990.
- LOIZZO, J. J.: The subtle body: an interoceptive map of central nervous system function and meditative mind-brain-body integration. *Ann. N Y Acad. Sci.*, (2016) 1373(1), pp. 78–95. <https://doi.org/10.1111/nyas.13065> (Utolsó letöltés: 2023.06.24.)
- MANEA, M. M., COMSA, M., MINCA, A., DRAGOS, D., POPA, C.: Brain-heart axis-- Review Article. *J. Med. Life*, (2015) 8(3), pp. 266–271.
- MÄNNER, J., WESSEL, A., YELBUZ, T.M.: How does the tubular embryonic heart work? Looking for the physical mechanism generating unidirectional blood flow in the valveless embryonic heart tube. *Dev. Dyn.*, (2010) 239, pp. 1035–1046.
- MAXWELL, R. W.: The physiological foundation of yoga chakra expression. *Zygon. J. Religion and Science*, (2009) 44(4), pp. 807–824. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9744.2009.01035.x> (Utolsó letöltés: 2023.06.24.)
- MCCRATY, R.: *Science of the heart. Exploring the Role of the Heart in Human Performance*. Vol. 2. Boulder Creek, HeartMath Institute, (2015) 37. [www.heartmath.org/research/science-of-the-heart/heart-brain-communication/](http://www.heartmath.org/research/science-of-the-heart/heart-brain-communication/)
- MEYER, S., STRITTMATTER, M., FISCHER, C., GEORG, T., SCHMITZ, B.: Lateralization in autonomic dysfunction in ischemic stroke involving the insular cortex. *Neuroreport*, (2004) 15, pp. 357–361.
- MORRIS, S.M.: Facilitating collective coherence: Group Effects on Heart Rate Variability Coherence and Heart Rhythm Synchronization. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, (2010) 16(4), pp. 62–72.

MUKOUYAMA, Y., SHIN, D., BRITSCH, S., TANIGUCHI, M., ANDERSON, D. J.: Sensory nerves determine the pattern of arterial differentiation and blood vessel branching in the skin. *Cell*, (2002) 109, pp. 693–705.

NAIR, R. R.: AGNIHOTRA YAJNA: A Prototype of South Asian traditional medical knowledge. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, (2017) 10(2), pp. 143–150.  
<https://doi.org/10.1016/j.jams.2016.11.002> (Utolsó letöltés: 2023.06.24)

NAKAYA, Y.: Magnetocardiography: a comparison with electrocardiography. *J. Cardiogr. Suppl.*, (1984) 3, pp. 31–40.

NAM, J., ONITSUKA, I., HATCH, J., UCHIDA, Y., RAY, S., HUANG, S., LI, W., ZANG, H., RUIZ-LOZANO, P., MUKOUYAMA, Y.-S.: Coronary veins determine the pattern of sympathetic innervation in the developing heart. *Development*, (2013) 140, pp. 1475–1485.

OPPENHEIMER, S. M., GELB. A., GIRVIN, J. P., HACHINSKI, V. C.: Cardiovascular effects of human insular cortex stimulation. *Neurology*, (1992) 42, pp. 1727–1732.

OPPENHEIMER, S. M., WILSON, J. X., GUIRAUDON, C., CECHETTO, D. F.: Insular cortex stimulation produces lethal cardiac arrhythmias: a mechanism of sudden death? *Brain Res.*, (1991) 550, pp. 115–121. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(91\)90412-O](https://doi.org/10.1016/0006-8993(91)90412-O) (Utolsó letöltés: 2023.06.24.)

PALVA, S., PALVA, J. M. Discovering oscillatory interaction networks with M/EEG: challenges and breakthroughs. *Trends Cogn. Sci.*, (2012) 16(4), pp. 219–230.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.02.004> (Utolsó letöltés: 2023.06.24.)

PORTER, R.: *The greatest benefit to mankind. A medical history of humanity from antiquity to present.* London: HarperCollinsPublishers, 1997.

REYNOLDS, S. W. A.: *The historical struggle for dominance between the heart, liver, and brain.* The Proceedings of the 16th Annual History of Medicine Days, March 30th and 31st, 2007 Health Sciences Centre, Calgary, AB. <http://hdl.handle.net/1880/47541> (Conference proceedings, Downloaded from PRISM: <https://prism.ucalgary.ca> , 2020.04.20.)

RIPOLL, J. G., BLACKSHEAR, J. L., DÍAZ-GÓMEZ, J. L.: Acute cardiac complications in critical brain disease. *Neurosurg Clin. N. Am.*, (2018) 29, pp. 281–297.  
<https://doi.org/10.1016/j.nec.2017.11.007> (Utolsó letöltés: 2023.06.24.)

ROSSETTI, C. G.: *Memory.* 1857–1865. <https://genius.com/16186710> (Utolsó letöltés: 2023.06.24.) (szerző Király L. fordítása)

SAMUELS, M. A.: The brain-heart connection. *Circulation*, (2007) 116, pp. 77–84.

SCHANDRY, R., MONTOYA, P.: Event-related brain potentials and the processing of cardiac



activity. *Biological Psychology*, (1996) 42, pp. 75–85.

SILVANI, A., CALANDRA-BUONAURA, G., DAMPNEY, R. A. L., CORTELLI, P.: Brain–heart interactions: physiology and clinical implications. *Phil. Trans. R. Soc.*, (2016) A 374, 20150181. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0181> (Utolsó letöltés: 2019.11.26.)

SITWELL, E.: *Heart and Mind*. 1944. Ford. Szemlér F. [https://www.magyarulbellen.net/works/en/Sitwell%2C\\_Edith-1887/Heart\\_and\\_Mind/hu/48001-Sz%C3%AD-v\\_%C3%A9s\\_%C3%89sz](https://www.magyarulbellen.net/works/en/Sitwell%2C_Edith-1887/Heart_and_Mind/hu/48001-Sz%C3%AD-v_%C3%A9s_%C3%89sz) (Utolsó letöltés: 2023.06.24.)

SMITH, C. U. M.: *Cardiocentric Neurophysiology: The Persistence of a Delusion*. *Journal of the History of the Neurosciences*, (2013) 22, pp. 6–13.

SONG, L. Z., SCHWARTZ, G. E., RUSSEK, L. G.: *Heart-focused attention and heart-brain synchronization: Energetic and physiological mechanisms*. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 1998; 4(5): 44–62.

STRÖHLE, A., KELLNER, M., HOLSBOER, F., WIEDEMANN, K.: Atrial natriuretic hormone decreases endocrine response to a combined dexamethasone-corticotropin-releasing hormone test. *Biol Psychiatry*, 1998; 43(5): 371–5.

TAGGART, P., BOYETT, R. M., LOGANTHA, R. J., LAMBIASE, P. D.: *Anger, Emotion, and Arrhythmias: from Brain to Heart*. *Front Physiol*, 2011; 2: 67.

TALHA, S., CHARLOUX, A., ENACHE, I., PIQUARD, F., GENY, B.: Mechanisms involved in increased plasma brain natriuretic peptide after heart transplantation. *Cardiovasc Res.*, (2011) 89, pp. 273–281. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvq331> (Utolsó letöltés: 2023.06.25.)

TAMURA, Y., NAKAMURA, H., IEDA, M.: Neural crest stem cells supply intrinsic cardiac adrenergic cells and contribute to reinnervation after cardiac transplantation in mice. *Circulation*, (2009) 120, p. S1179.

TELEGDY, G.: The action of ANP, BNP and related peptides on motivated behavior in rats. *Reviews in the Neurosciences*, (1994) 5(4), pp. 309–315.

TOTA, B., CERRA, M. C., GATTUSO, A.: Catecholamines, cardiac natriuretic peptides and chromogranin A: evolution and physiopathology of a ‘whip-brake’ system of the endocrine heart. *Journal of Experimental Biology*, (2010) 213, pp. 3081–3103; <https://doi.org/10.1242/jeb.027391> (Utolsó letöltése: 2023.06.25.)

VAN DER WALL, E. E., VAN GILIST, W. H.: Neurocardiology: close interaction between heart and brain. *Neth Heart J.*, (2013) 21(2), pp. 51–52.

VÉGH, A. M. D., DUIM, S. N., SMITS, A. M., POELMANN, R. E., TEN HARKEL A. D. J., DERUITER, M. C., GOUMANS, M. J., JONGBLOED, M. R. M.: Part and Parcel of the Cardiac Autonomic Nerve System: Unravelling Its Cellular Building Blocks during Development. *Journal*

*of cardiovascular development and disease*, (2016) 3(3), p. 28.

<https://doi.org/10.3390/jcdd3030028> (Utolsó letöltés: 2023.06.25.)

VERBERNE, M.E., GITTENBERGER-DE GROOT, A.C., POELMANN, R.E.: Lineage and development of the parasympathetic nervous system of the embryonic chick heart. *Anat. Embryol. (Berl.)*, (1998) 198, pp. 171–184.

VIRÁGH, S., CHALLICE, C. E.: The development of the early atrioventricular conduction system in the embryonic heart. *Can J Physiol Pharmacol*, (1983) 61(8), pp. 775–792.

WÖLK, C., VELDEN, M.: Detection variability within the cardiac cycle: Toward a revision of the ‘baroreceptor hypothesis’. *Journal of Psychophysiology*, (1987) 1, 61–65.

Wu, G. R., MARINAZZO, D.: Sensitivity of the resting-state haemodynamic response function estimation to autonomic nervous system fluctuations. *Philos. Trans. A Math. Phys. Eng. Sci.*, (2016) 374(2067), pp. 20150190. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0190> (Utolsó letöltés: 2023.06.25.)

XU, D., ROTH, B. J.: The magnetic field produced by the heart and its influence on MRI. In *Proceedings of SIAM Conference, Great Lakes Section, Dearborn, Mich, USA, April, 2010*.

YOON, H., CHOI, S. H., KIM, S. K.: Human Heart Rhythms Synchronize While Co-sleeping. *Front Physiol.* (2019) 10, p. 190. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00190> (Utolsó letöltés: 2023.06.25.)

ZUCKER, I. H., WANG, W., BRÄNDLE, M., SCHULTZ, H. D., PATEL, K. P.: Neural regulation of sympathetic nerve activity in heart failure. *Progress in Cardiovascular Diseases*, (1995) 37, pp. 397–414.



**Forrai Judit – Krász Lilla (szerk.)**

# *Élet – Tudomány – Történelem*

Tanulmányok az MTA Élettudományok-története  
Munkabizottság tevékenységéből, 2016–2023



**LÉTRA Alapítvány**  
Budapest, 2023

# Élet – Tudomány – Történelem

KALEIDOSCOPE KÖNYVEK 9.

Sorozatszerkesztő: Forrai Judit

## Tanulmányok az MTA Élettudományok-története Munkabizottság tevékenységéből, 2016–2023

Szerkesztette: Forrai Judit, Krász Lilla

Címlapkép: az MTA Élettudományok-története Munkabizottság logója, amelyet Raymundus Lullus: *Arbor scientiae. Liber ad omnes scientias utilissimus*. Kiad. Josse Bade. Lyon: Huyon & Fradin, 1515. című kötet fametszet-illusztrációjának felhasználásával Romhányi Ágnes tervezett

© Létra Alapítvány

Borítóterv és tipográfia: Pók Andrea, Demeter Györgyi  
Budapest, 2023

Létra Alapítvány  
MTA Élettudományok-története Munkabizottság

1. Forrai Judit, Krász Lilla szerk.: Élet – Tudomány – Történelem. Tanulmányok az MTA Élettudományok-története Munkabizottság tevékenységéből, 2016–2023  
ISBN 978-615-6275-07-3

2. Forrai Judit, Krász Lilla szerk.: Élet – Tudomány – Történelem. Tanulmányok az MTA Élettudományok-története Munkabizottság tevékenységéből, 2016–2023 [PDF]  
ISBN 978-615-6275-08-0

# Tartalom

Előszó .....	5
--------------	---

## **ÉLŐ RENDSZEREK ALKALMAZKODÁSA A KLIMATIKUS ÉS ÖKOLÓGIAI KÖRNYEZET VÁLTOZÁSAIHOZ**

<i>Both Mária:</i> Az indikációról az éghajlat- és a vegetációkutatás tudománytörténeti összefüggésében .....	9
<i>Alföldy Gábor:</i> Egy elfelejtett nemzedék? Magyarországi értelmiségiek a közép-európai tudáshálózatokban a 19. század első harmadában: külföldi egyesületek és folyóiratok mint a tudományos diskurzus médiumai .....	17
<i>Törő Klára:</i> A klímaváltozás és a mortalitás közötti összefüggések megítélése, különös tekintettel az igazságügyi orvostani szempontokra.....	54
<i>Falus András:</i> Az IT szerepe a genomikában .....	65

## **BEHÁLÓZVA: AZ ÉLETTUDOMÁNYOK ÉS A HÁLÓZATELMÉLET KAPCSOLATÁRÓL**

<i>Z. Karvalics László:</i> Affordancia, összegabalyodás és granularitás .....	74
<i>Király László, Lozsádi Károly:</i> A szív és az agy párbeszéde .....	92
<i>Krász Lilla:</i> Tudományos tudáshálózatok a modern kor küszöbén: orvosi írásmódok a 18. századi Magyar Királyságban .....	118
<i>Izsák Éva:</i> Városi terek hálózatának szerepe a települések átalakulásában .....	138
<i>Forrai Judit:</i> A prostitúció körüli hálózatok elméleti és gyakorlati valósága .....	146
<i>Lázár Imre:</i> A hálózatelvű orvoslás és a pszichoimmunológia .....	163
<i>Gaál Botond:</i> A szabadságra teremtett ember a szeretet hálójában .....	186

## **RÉGI-ÚJ TUDOMÁNYOK SZÜLETÉSE: ÉRTELMEZÉSEK, MÓDSZEREK, PARADIGMAVÁLTÁSOK**

<i>Győry Hedvig</i> : Szentjánoskenyérfa az ókori Egyiptomban .....	199
<i>Molnár Dávid</i> : Danaé erszénye, Kirké kelyhe: a velencei kurtizánok aranykora? ...	223
<i>Magyar László András</i> : A reformáció hatása az egészségszemléletre .....	241
<i>Feith Helga</i> : Jog(os) kérdések. Első hatályos egészségügyi jogszabályok és azok komplex vizsgálata .....	248
<i>Rosivall László</i> : Élet – Tudomány – Történelem .....	262
<i>Szabó Péter</i> : Charles Darwin korszakalkotó növényteni munkássága .....	281
<i>Szalai Judit</i> : A kényszerbetegség történeti megközelítései .....	300
<i>Molnár F. Tamás</i> : Mechanizált sebészet: a varrógépek tudománya .....	305
<i>Kótai István</i> : A tegnapok egyik ködlovagja: Liebermann Leó .....	327
<i>Boján Eszter Gyöngyi, Rigó János</i> : A szimulációs eszközök szerepe és fejlődése a szülészet oktatásában a kezdetektől napjainkig .....	344
<i>Blázovics Anna</i> : Nincs új a nap alatt, vagy mégis? Kihívások, eredmények és lehetőségek a fitoterápiában .....	357

## **ALUMNI: A BIZOTTSÁG IFJÚSÁGI TAGOZATÁNAK TEVÉKENYSÉGÉRŐL**

<i>Feith Helga Judit, Both Mária, Győry Hedvig, Gradvohl Edina, Kitzinger István, Falus András, Forrai Judit</i> : Tudománytörténeti mozaikok Simmelweis korából. Egy kísérleti oktatási program első tapasztalatai .....	368
<i>Feith Helga Judit, Falus Márton, Jónás Georgina, Stubnya János, Both Mária, Győry Hedvig, Forrai Judit</i> : Gamifikáció: járványtörténet középiskolások részére másképp .....	384