

# Elektromos defibrillálás, cardioversio – történeti áttekintés

Rostás László dr.<sup>1</sup> ■ Tenczer József dr.<sup>2</sup> ■ Rostás Ildikó dr.<sup>3</sup>  
Horváth-Szalai Zoltán dr.<sup>4</sup> ■ Nagy Bettina<sup>5</sup>  
Kiss Boldizsár dr.<sup>5</sup> ■ Zima Endre dr.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Apponyi Magánklinika, Kardiológia, Kaposvár

<sup>2</sup>Szent Imre Egyetemi Oktatókórház, Kardiológia, Budapest

<sup>3</sup>Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Transzlációs Medicina Intézet, Pécs

<sup>4</sup>Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Laboratóriumi Medicina Intézet, Pécs

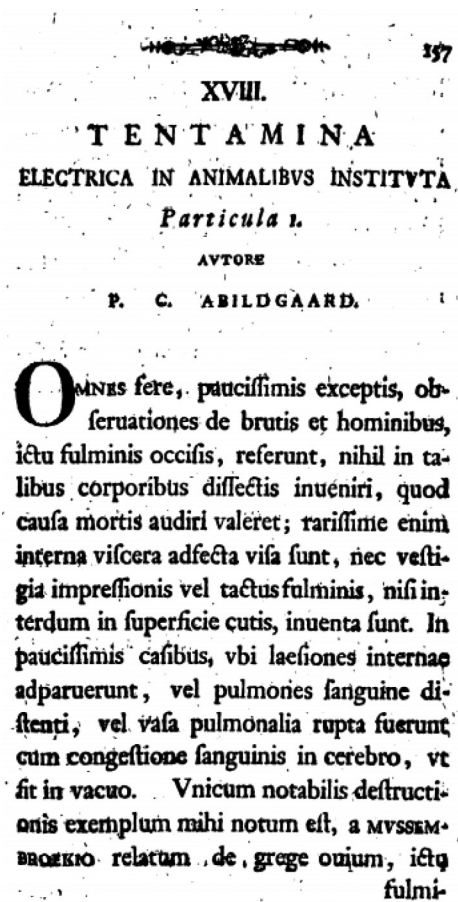
<sup>5</sup>Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinika, Budapest

Az elektromos áram (a köznyelvben „villany”) ma már a mindennapi élet nélkülözhetetlen része mind a háztartásban, az iparban, mind a medicinában. Jól ismert, hogy alkalmazása nem veszélytelen, sőt potenciálisan életveszélyes szívritmuszavart okozó, proarrhythmias hatású. Az áramütés következményei nagymértékben függenek az áramerősségtől, a behatás anatómiai helyétől, időtartamától, jellegétől, a váltóáram frekvenciájától, továbbá a test impedanciájától. Nem hagyható figyelmen kívül – több egyéb tényező mellett – az áram útja és az áram-sűrűség sem, mivel ez utóbbiak alapvetően befolyásolják a szív elektromos tevékenységét. Ugyanezen hatásait kihasználva, kellően kidolgozott módszerek alkalmazásával, életmentő beavatkozások alapjául is szolgál, a ritmuszavarok hatékony kezelését jelentheti.

## Transthoracalis defibrillálás és cardioversio

Az elektromos áram kardiológiai alkalmazásának alapjait Ewald Georg von Kleist (1700–1748) német fizikus, protestáns lelkész véletlen felismerése és a holland Pieter van Musschenbroek (1692–1761), a medicinát is tanult fizikus kísérletes felfedezése jelentette. Musschenbroek egy dörzselektromos géppel előállított elektromosság révén egy vízzel töltött üvegpalackot „villanyozott”, majd egyik kezében az üveget tartotta, a másikkal a vezetékert fogta meg. Ekkor erős áramütést szenvedett, amely mellkasi és karfájdalommal járt, és nagy fokú ijedelemmel is társult [1]. Kísérleteiről latin nyelvű levélben számolt be a francia természettudós René Antoine Ferchault de Réaumurnek (1683–1757), melyet Jean-Antoine Nollet (1700–1770) abbé és fizikus franciára fordított, majd az megjelent a Francia Tudományos Akadémia folyóiratában. Kísérleteit Musschenbroek Leiden egyetemén végezte, amelyek eredményeként létrejött az elektromos töltés tárolására képes leideni palack/korsó (Leyden jar),

a kondenzátor őse. Az elektromos áramot 1775-ben Peter Christian Abildgaard (1740–1801) dán orvos, állatorvos alkalmazta először „életmentésre”, mikor áramütéssel eszméletlen állapotba hozott tojó tyúkokat (gallina) és kakashat (gallus gallinaceus), majd azokat újabb áramütéssel felélesztette (1. ábra) [2]. Az „ictus electri-



1. ábra

Abildgaard PC. Tentamina electrica in animalibus instituta – 1775 [2]

cus” azonban csak akkor volt hatékony, ha „per sternum ad spinam dorsi” alkalmazta. Áramforrásként leideni palackot használt. A jelenség magyarázatát nem ismerte.

Ugyanebben az időben került sor az első emberi alkalmazásra is, amikor egy 3 éves gyermeket áramütéssel hoztak vissza az életbe. *Charles Kite* (1768–1811) 1788-ban kiadott „An essay on the recovery of the apparently dead” munkájából ismerhetjük meg mindezt – a korabeli technikával együtt [3]. Az elektromos sokkot leadni képes portábilis készülék a jelenkori defibrillátorok alap-elemeit tartalmazta. Nem indokolatlan tehát korunk irodalmában a „Kite’s defibrillator” megnevezés, bár a szív-megállás jellegéről, a kamrafibrillációról érdemi ismerettel még nem rendelkeztek. *John Hunter* (1728–1793), a londoni Szent György Kórház anatómusa és sebészorvosa, aki maga szívroham következtében hunyt el, 1776-ban a „Proposals for the recovery of people apparently drowned” című írásában hívta fel a figyelmet az elektromosság alkalmazásának gyakorlati jelentőségére: „Electricity is a useful tool and should be used where others have failed ...” [4].

A kamrafibrilláció első leírása *Carl Ludwig* (1816–1895) és *Moritz Hoffa* (1826–1889) érdeme, akik 1849-ben figyelték meg, hogy az elektromos áram a szívkamrák bizarr és kaotikus mozgását váltja ki [5]. Az eredményt kimográfia segítségével regisztrálták. A téma latin nyelvű ismertetését *Hoffa* „Nonnullae novae de irritatione cordis observationes” értekezésében találjuk meg [6]. 1887-ben a skót fiziológus, *John Alexander MacWilliam* vetette fel először, hogy a hirtelen szívhalál hátterében a leggyakrabban kamrafibrilláció állhat [7]. *Jean-Louis Prevost* (1838–1927) és *Frédéric Battelli* (1867–1941), a genfi egyetem kutatói kutyákon és egyéb állatokon (macska, tengerimalac és nyúl) végzett kísérletekkel igazolták a kamrafibrillációt: áramütéssel ki tudták váltani, majd egy nagyobb villamos energiával megszüntették azt [8]. Az elektródokat szájba és végbélbe helyezték el, tulajdonképpen ez volt az egyenárammal végzett első belső, ún. „internal” defibrillálás. Eredményeiket akkor nem kísérte ugyan kellő odafigyelés, néhány évtized múlva azonban (munkájukat alapul véve) egy háromtagú csoport – *Donald R. Hooker* (1876–1946) élettanprofesszor, *Orthello R. Langworthy* (1897–1996) neurológus docens és *William B. Kouwenhoven* (1886–1975) villamosmérnök – kezdte meg újra a kísérleteket a baltimore-i Johns Hopkins Egyetemen [9].

A századfordulón a villamos áram szélesebb körű elterjedése, a váltóáram alkalmazása megnövelte az elektromos balesetek és a halálos áramütések számát, így a kutatást a villamosipar is támogatta. *Kouwenhoven* és *mtsai* összehasonlították az egyenáramú (DC – direct current) és a váltóáramú (AC – alternating current) készülékkel leadott sokk hatását. A kamrafibrilláció nyitott mellkas mellett történő megszüntetésére az AC-defibrillátort találták hatékonyabbnak [10]. *Kouwenhoven* írta le elsőként – állatkísérletek során – az elektromos sokkal végzett resuscitációt [11]. A második világháború miatt

vizsgálataik félbeszakadtak [12]. Clevelandben, a Western Reserve Universityn Carl John Wiggers (1883–1963) fiziológus végzett a Kouwenhovenékéhez hasonló kísérleteket [13]. *Claude S. Beck* (1894–1971) szívsebész szintén bekapcsolódott az experimentális vizsgálatokba, majd 1941-ben emberen is megkísérelte a kamrafibrilláció megszüntetését [13]. 1947-ben végezte az első sikeres intrathoracalis defibrillálást – váltóáramú készülékkel (feszültség: 110 V, áramerősség: 15 A), közvetlenül a szívre helyezett elektródákkal [14]. A pectus excavatum miatt operált 14 éves fiú szívleállása közvetlenül a műtét befejezésekor lépett fel: a mellkast ismét megnyitották, a szívet direkt masszázssal próbálták elindítani, végül az ismételt elektromos sokk állította helyre a normális szív működést.

A mellkasmegnyitás mellett végzett defibrillálás műtői körülmények között, sterilen végzendő, ezért alkalmazása speciális és limitált. Az életmentő elektromos sokk szükséglethez igazodó, szélesebb körű alkalmazását csak a külső, mellkasfalán keresztül végezhető beavatkozás biztosíthatta.

Az 1950-es években a külső, transthoracalis defibrillálásra vonatkozó kísérletekkel több intézet is foglalkozott Amerikában. Az egyik vezető kutatócsoport Bostonban, a másik Baltimore-ban dolgozott. A bostoni *Paul M. Zoll* (1911–1999) és *mtsai* (Beth Israel Hospital) 1956-ban ismertették a váltóáramú defibrillátorral emberen végzett sikeres beavatkozásukat négy beteg kapcsán, akiknél három esetben kamrafibrillációt, egy esetben kamrai tachycardiát kezeltek [15]. Minden esetben sikeresen megszüntették a ritmuszavart, de csak a kamrai tachycardiában szenvedő maradt életben. Baltimore-ban a *Kouwenhoven* vezette munkacsoport James R. Jude (1928–2015) mellkasszebésszel és Guy Knickerbocker (1932–2022) villamosmérnökkel – több mint 400, kutyán végzett teszt után – elkészítette a zárt mellkasfali defibrillálásra alkalmas készülékét, a Hopkins AC-defibrillátort [9]. Az eszköz transzformátorból is adódó tömege 126 kg volt, ezért bár kerekre helyezték, még nem volt portábilis. Az első sikeres defibrillálást egy 42 éves, anterior infarktuszban szenvedő betegben fellépő kamrafibrillációban alkalmazták 1957-ben. *Kouwenhoven* szerint 450 V feszültség, 5 A áramerősség elegendő a hatékony sokkhoz, melynek körülbelül 20%-a halad át a szíven, ugyanakkor felvetették, hogy a sokk időtartama is lényeges szempont lehet [9].

Európában a defibrillátorkutatásban és -fejlesztésben a moszkvai Naum L. Gurvich (1905–1981) és a prágai Bohumil Peleška (1921–1986) munkássága volt figyelemre méltó, eredményeiket azonban anyanyelvükön: oroszul, illetve cseh nyelven közölték. Gurvich nevéhez az egyenáramú defibrillátor kutatása, tervezése kötődik, melyet később Peleška módosított és fejlesztett tovább [16].

*Zoll* és *mtsai* váltóáramú készüléküket nemcsak a kamrafibrilláció megszüntetésére, hanem gyógyszerrefrakter egyéb arrhythmiaokban is – kamrai tachycardia, pitvarfibrilláció

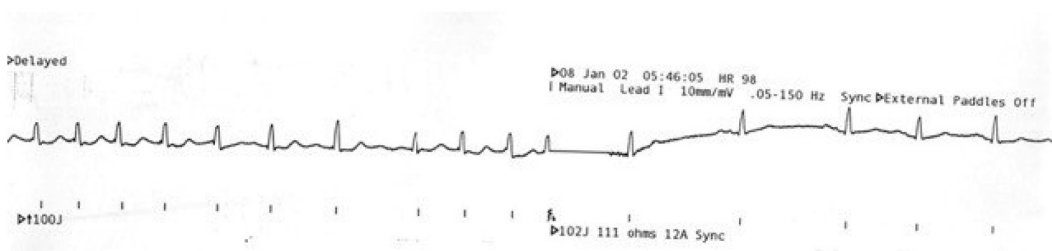
rilláció, AV-nodalis tachycardia – alkalmazták [17]. A szintén Bostonban, de a Peter Bent Brigham Hospital-ban tevékenykedő, litvániai születésű *Bernard Lown* (1921–2021) hívta fel a figyelmet a váltóáramú defibrillátorokkal végzett beavatkozások szövődményeire, a myocardium sérüléseire, a szinkronizáció hiányából adódó malignus kamrai ritmuszavarok kiváltására [18]. *Lown* ebben az időben találkozott *Barouh V. Berkovits* (1926–2012) mérnökkel, aki szintén Európában, Losoncon született, és 1956-ban érkezett az Egyesült Államokba. Megalkották az egyenáramú cardioverter-defibrillátort, mely már az EKG kamrai komplexumához szinkronizált áramütés (cardioversio) leadására volt képes [19]. Készülékük világszerte elterjedt, és több évtizeden át egyeduralgkódó volt. Az egyenáramú cardioverter-defibrillátort Magyarországon az Országos Kardiológiai Intézetben 1964-ben kezdték használni [20].

A *Kouwenhoven-munkacsoport* 1958-ban kutyakísérletek alapján beszámolt a DC monofázisos defibrillátorról, mely csupán 18 kg tömegű, hordozható készülék volt [9]. A váltott irányú („kétfázisú”) elektromos sokk azonban hatékonyabbnak bizonyult a későbbiekben. A kétfázisú hullámformával működő, hordozható defibrillátort szintén *Kouwenhovenék* fejlesztették ki a baltimore-i egyetemen, erről szóló közleményük 1963-ban jelent meg [21]. A bifázisos hullám gyakorlatilag egy véges időtartamú szinuszgörbéhez hasonlítható, egy impulzu-

son belül megforduló áramiránnyal, azaz egységnyi idő alatt az elektromos töltések kétszer érintik ugyanazt a területet. A korszellemet megelőző „Mine Safety” bifázisos defibrillátoruk azonban nem terjedt el. Néhány évtized múlva már bizonyossá vált, hogy a monofázisos impulzusformákkal szemben a bifázisos előnyösebb, kisebb energialeadással ugyanolyan hatás érhető el [22, 23].

A bifázisos hullámformát először az implantálható cardioverter-defibrillátorokban alkalmazták. Az első készüléket Magyarországon az 1990-es évek elején ültették be, a Gottsegen György Országos Kardiológiai Intézetben *Borbola József*, a Semmelweis Egyetem Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinikáján *Merkely Béla* kardiológusok irányításával [22, 24, 25].

Az 1990-es évek közepén a bifázisos sokk hullámformákat az automata külső defibrillátorokba építették be. A bifázisos hullámformával működő transthoracalis cardioverter-defibrillátorok ezt követően kerültek forgalomba. A Somogy megyei Tüdő és Szívkórházban, Mosdóson 2001-től használták. Agilent Heartstream XL defibrillátoruk (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) „biphasic truncated exponential” (bifázisos exponenciális levágott) impulzust adott le. A készülék mérte a páciens impedanciáját, ennek megfelelően módosította a leadott energiát. Ezt az impulzus alakjának és szélességének változtatásával érte el (2. ábra) [23, 26].



1. ábra | Bifázisos defibrillátor, 2001. Alatta a sikeres cardioversio ezen készülékkel rögzített EKG-csíkja, melyen a beteg impedanciája és a leadott energia is jól olvasható [23, 26]



A bifázisos külső defibrillátorok ma már az intenzív osztályok kötelező, mindennapos eszközei, melyek az életmentés alapvető eszközei hirtelen szívhalál esetén, sokkolandó ritmusnál a leghatásosabb kezelést biztosítva [27].

Az utóbbi évtizedben magyar vonatkozása is van a defibrillátorfejlesztésnek. Hazai, ágy melletti defibrillátor-monitorozás és félautomata defibrillátor rendelkezésre áll. Magyar szabadalom védi az új típusú, bifázisos, szívizomsérülést minimalizáló BIOPHASE sokkhullámformát, mely a mellkasi impedanciához igazítottan és a bifázisos sokkhullámforma optimalizált energiaelosztásával hatékony és biztonságos cardioversiót és defibrillációt tesz lehetővé [28].

### Intracardialis (belső) cardioversio

Kutyákon és juhokon végzett kísérleteket követően az 1980-as években kezdték emberen is alkalmazni az intracardialis, avagy belső cardioversiót a pitvarfibrilláció megszüntetésére [29]. Az R-hullámhoz szinkronizált DC-sokkot a szívbe vezetett katéteren keresztül adják le [30]. A módszer jól alkalmazható elektrofiziológiai beavatkozásoknál fellépő pitvarfibrilláció esetén is. A marseille-i *Samuel Levy* az intracardialis módszert hatékonyabbnak találta, mint a transthoracalis cardioversiót [31]. Az implantálható defibrillátor szélesebb körű elterjedése viszont új lehetőséget biztosít a pitvari aritmiák belső conversiójára. Randomizált vizsgálatban a hagyományos, a mellkasra leadott DC-sokk bizonyult eredményesebbnek, mint a beültetett rendszerrel végzett, altatást nem igénylő beavatkozás [32]. Így a leadott DC-sokk-energia csak bizonyos határig növelhető, maximumát az implantált készülék szabja meg.

### Összegzés

„But there is no possible knowledge, which arrives not from a pre-existent knowledge” (nincs az a tudás, amely nem egy korábbiól származik) – mondta William Harvey (1578–1657). Mindez jól tükröződik a defibrillálás és a cardioversio történetében is. A ritmuszavarok kezelésére alkalmazott elektromos terápia technikája folyamatosan változik, korszerűsödik, akárcsak a szakmai irányelvek. Ugyanakkor kölcsönhatásban vannak egymással és rendszeresen újulnak meg. Az elektromos áram azonban a ritmuszavarok kezelésében továbbra sem nélkülözhető terápiai eszköz.

### Irodalom

- [1] Simonyi K. (ed.) A cultural history of physics. [A fizika kultúrtörténete.] Akadémiai Kiadó, Budapest, 2011. [Hungarian]
- [2] Abildgaard PC. Tentamina electrica in animalibus instituta. Societatis Medicae Havniensis Collectanea 1775; 2: 157–161.
- [3] Kite C. An essay on the recovery of apparently dead. Dilly C, English publisher and bookseller, London, 1788.

- [4] Hunter J. XXIV. Proposals for the recovery of people apparently drowned. Phil Trans R Soc. 1766; 66: 412–425.
- [5] Hoffa M, Ludwig C. Einige neue Versuche über Herzbewegung. Zeitschrift Rationelle Medizin 1850; 9: 107–144. [German]
- [6] Hoffa M. Nonnullae novae de irritatione cordis observationes. Dissertatio inauguralis. Marburgi Cattorum, 1849.
- [7] MacWilliam JA. Cardiac failure and sudden death. Br Med J. 1889; 1(1462): 6–8.
- [8] Prevost JL, Battelli F. La mort par les décharges électriques. J Physiol Pathol Gen. 1899; 1: 1085–1100. [French]
- [9] Kouwenhoven WB. The development of the defibrillator. Ann Intern Med. 1969; 71: 449–458.
- [10] Hooker DR, Kouwenhoven WB, Langworthy OR. The effect of alternating electric currents on the heart. Am J Physiol. 1933; 103: 444–454.
- [11] Kouwenhoven WB, Hooker RD. Resuscitation by countershock. Electrical Engineering 1933; 52: 475–477.
- [12] Bynum W, Bynum H. (eds.) Great discoveries in medicine. Thames & Hudson Ltd, London, 2011.
- [13] Beck CS. Resuscitation for cardiac standstill and ventricular fibrillation occurring during operation. Am J Surg. 1941; 54: 273–279.
- [14] Beck CS, Pritchard WH, Feil HS. Ventricular fibrillation of long duration abolished by electric shock. JAMA 1947; 135: 985–986.
- [15] Zoll PM, Linenthal AJ, Gibson W, et al. Termination of ventricular fibrillation in man by externally applied electric countershock. N Engl J Med. 1956; 254: 727–732.
- [16] Cakulev I, Efimov IR, Waldo AL. Cardioversion: past, present and future. Circulation 2009; 120: 1623–1632.
- [17] Zoll PM, Linenthal AJ. Termination of refractory tachycardia by external countershock. Circulation 1962; 25: 596–603.
- [18] Lown B, Neuman J, Amarasingham R, et al. Comparison of alternating current with direct electroshock across the closed chest. Am J Cardiol. 1962; 10: 223–233.
- [19] Lown B, Amarasingham R, Neuman J. New method for terminating cardiac arrhythmias. Use synchronized capacitor discharge. JAMA 1962; 182: 548–555.
- [20] Lozsádi K, Czuriga I. (eds.) Historical overview of cardiology. [A kardiológia áttekintő története.] Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2009. [Hungarian]
- [21] Knickerbocker GG, Becker EM, Kouwenhoven WB. A portable defibrillator. IEEE Trans Power Appar & Systems 1963; 82(69): 1089–1093.
- [22] Merkely B. (ed.) Pacemaker and implantable cardioverter defibrillator therapy – evidence based. [Pacemaker és implantálható cardioverter defibrillátor terápia – klinikai bizonyítékok.] Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2007. [Hungarian]
- [23] Fazekas T. (ed.) Atrial flutter. [Pitvarlebegés.] Akadémiai Kiadó, Budapest, 2013. [Hungarian]
- [24] Borbola J. The first decade (1992–2002) of the use of the implantable cardioverter defibrillator in Hungary. [Az implantálható cardioverter-defibrillátor (ICD) kezelés hazai alkalmazásának első évtizede (1992–2002).] Cardiol Hung. 2020; 50: 192–198. [Hungarian]
- [25] Gellér L, Merkely B, Horkay F, et al. Complex therapy of arrhythmia-bradycardia and atrioventricular tachycardia with implantable cardioverter-defibrillator. [Komplex aritmia-bradycardia és pitvar-kamrai tachyaritmia kezelése kétüregű implantálható cardioverter defibrillátorral.] Aritmia és Pacemaker Napok Debrecen, 1998. szeptember 10–12. Abstract Book pp. 81–82. [Hungarian]
- [26] Rostás L. Electrical cardioversion with biphasic defibrillation. [Elektromos cardioversio bifázisú defibrillátorral.] Magy Belorv Arch. 2002; 55: 38. [Hungarian]
- [27] Zima E. Acute management of arrhythmias in the coronaria observational room. [Az aritmiák akut ellátása a koronaria obszervációs szobában.]

- A Debreceni Kardiológiai Napok kiadványa, 2013. pp. 88–89. [Hungarian]
- [28] Kovács V, Lóránt Zs, Tóth NG, et al. Development of a new biphasic waveform for defibrillator. [Új bifázisos hullámforma kifejlesztése defibrillátorhoz. Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, 230979. lajstromszám, a P14 00441. ügyszámú bejelentésre adott szabadalom.] [Hungarian]
- [29] Levy S, Lacombe P, Cointe R, et al. High energy transcatheter cardioversion of chronic atrial fibrillation. J Am Coll Cardiol. 1988; 12: 514–518.
- [30] Csanádi Z, Fazekas T, Varró A. Non-pharmacologic treatment of atrial fibrillation. [A pitvarfibrilláció kezelésének nem farmakológiai lehetőségei.] Orv Hetil. 2003; 144: 1279–1289. [Hungarian]
- [31] Lévy S, Lauribe P, Dolla E, et al. A randomized comparison of external and internal cardioversion of chronic atrial fibrillation. Circulation 1992; 86: 1415–1420.
- [32] Lüker J, Kuhr K, Sultan A, et al. Internal *versus* external electrical cardioversion of atrial arrhythmia in patients with implantable cardioverter-defibrillator: a randomized clinical trial. Circulation 2019; 140: 1061–1069.

(Zima Endre dr.,  
Budapest, Városmajor u. 68., 1122  
e-mail: zima.endre@gmail.com)

A **Semmelweis Egyetem Általános Orvostudományi Kara** örömmel tesz eleget annak a hagyománynak, hogy volt diákjait jubileumi díszoklevéllel tünteti ki.

Kérjük ezért az orvosokat, akik diplomájukat az egyetem jogelődjénél, a PÁZMÁNY PÉTER TUDOMÁNYEGYETEMEN, a BUDAPESTI ORVOSTUDOMÁNYI EGYETEMEN, illetve a SEMMELWEIS ORVOSTUDOMÁNYI EGYETEMEN

1948-ban  
1953-ban  
1958-ban  
1963-ban  
1973-ban

szerezték meg, és szakterületükön legalább 30 évig dolgoztak, nyújtsák be kérelmüket a *platina, rubin, vas, gyémánt*, illetve *arany díszoklevél* elnyerése érdekében **2023. április 30-ig**, a következő címre, az alábbi jelentkezési lapon.

**Semmelweis Egyetem Általános – Orvostudományi Kar**  
**Dékáni Hivatal**  
**1085 Budapest, Üllői út 26. vagy 1428 Budapest Pf. 2**

A jubileumi díszoklevelek átadására előreláthatóan októberben kerül sor. A pontos időpontról meghívó útján küldünk értesítést.

**JELENTKEZÉSI LAP**  
**arany, gyémánt, vas, rubin és platina díszoklevélhez**

**NÉV** .....  
(névváltoztatás feltüntetésével) .....

**Születési idő:** .....

**Diploma kelte:** .....

**Lakcím:** .....

**Telefonszám:** .....

**E-mail cím:** .....

**Utolsó munkahely:** .....

**Rövid szakmai önéletrajz:**

Megismertem és elfogadom az *adatkezelési tájékoztatóban* foglaltakat.

**Dátum:** .....

.....  
**a kérelmező aláírása**

Aláírással hozzájárulok ahhoz, hogy a lakóhelyem szerinti illetékes önkormányzat megkeresésére, kerületi ünnepségre történő meghívás céljából az elérhetőségeim kiadásra kerüljenek.

**A megfelelő válasz aláhúzendő.**

**IGEN**

**NEM**