

Hogyan érjünk el tartós pulmonalisvéna-izolációt fokális rádiófrekvenciás ablációval?

Bencsik Gábor¹, Zsigmond Előd-János², Pap Róbert¹

¹Szegedi Tudományegyetem, Belgyógyászati Klinika Déli telephely, Elektrofiziológiai Laboratórium, Szeged

²Szegedi Tudományegyetem, Belgyógyászati Klinika, Elektrofiziológiai Laboratórium, Szeged és Magyar Honvédség Egészségügyi Központ, Kardiológia Osztály, Budapest

Levelezési cím: Dr. Bencsik Gábor PhD, 6725 Szeged, Semmelweis u. 8.
E-mail: bencsikgabor123@hotmail.hu



A szerkesztő
video-összefoglalója

Összefoglaló közleményünkben részletesen áttekintjük a rádiófrekvenciás energiával végzett fokális, pontról pontra történő pulmonalisvéna-izoláció korszerű módszertanát, valamint a procedura fejlődésének azon lépcsőfokait, amelyek meghatározó mértékben növelték a kezelés hatékonyságát. Célunk azon technikák alkalmazásával kapcsolatos tudományos evidenciák áttekintése volt, amelyek jelentősen hozzájárultak a pontról pontra történő pulmonalisvéna-izoláció, mint egységes és standardizálható procedura felépítéséhez.

Kulcsszavak: pontról pontra történő PVI, kontakterő, ablációs index

How to achieve durable pulmonary vein isolation with focal radiofrequency ablation?

In our review, we provide a detailed overview of the state-of-the-art methodology of point-by-point pulmonary vein isolation with radiofrequency energy and the stages of the procedure's development that have significantly increased the effectiveness of the treatment. Our aim was to describe the scientific evidences related to the techniques which made the procedure a standardizable and reproducible intervention.

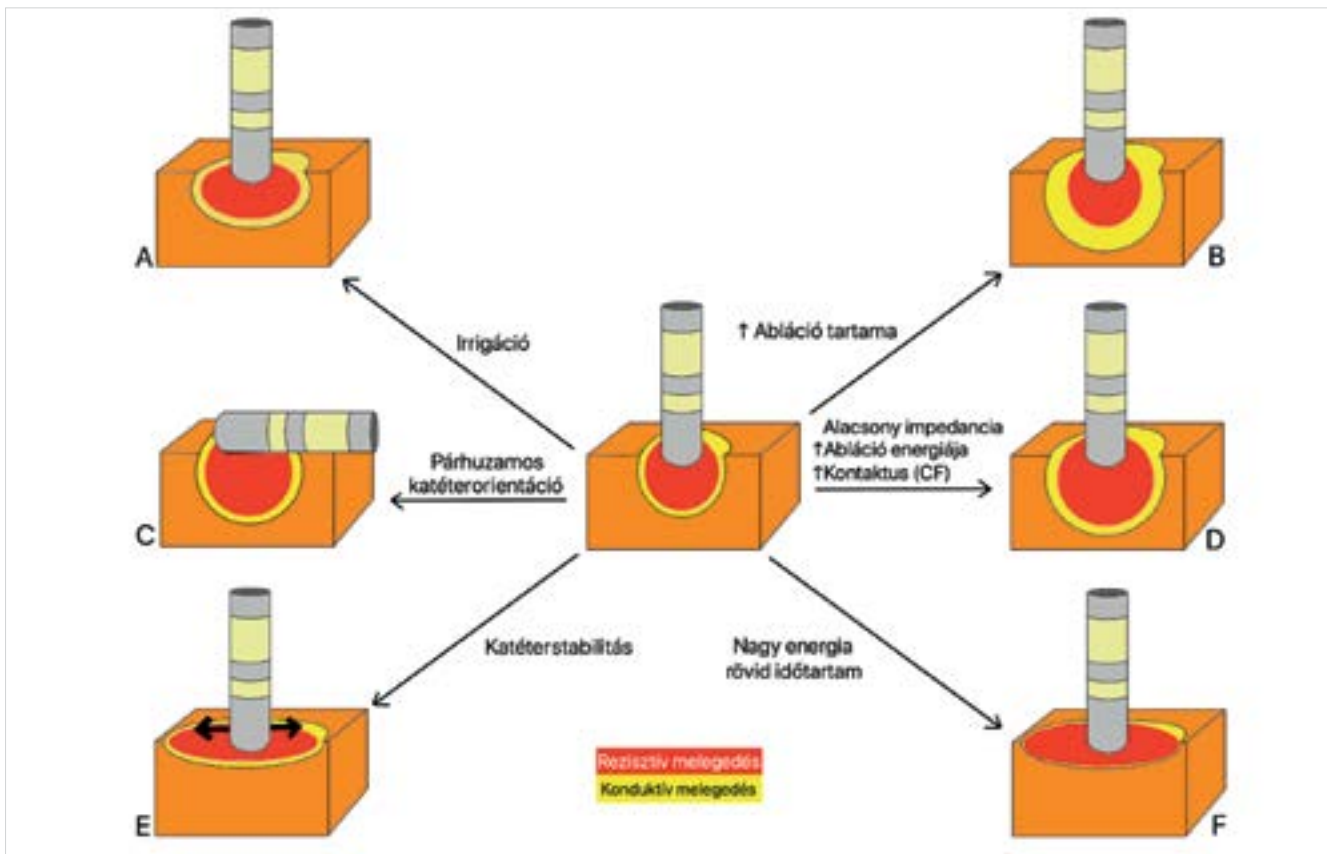
Keywords: point-by-point PVI, contact force, ablation index

Bevezetés

A pitvarfibrilláció kezelésének a jelenleg ismert leghatékonyabb eszköze a katéteres tüdővéna-izoláció (pulmonalisvéna-izoláció; PVI), amely az elmúlt két évtizedben a fenti ritmuszavar ellátásának sarokkövévé vált (1). A kezdeti időszakban végzett ablációs beavatkozás (2) az elmúlt 24 évben jelentős változásokon ment keresztül, amelyek kapcsán a beavatkozás hatékonysága és biztonságossága is érdemben javult. A pontról pontra történő (point-by-point) rádiófrekvenciás PVI fejlődésében az alapkutatáson és a klinikai vizsgálatokon túl meghatározó szerepet játszottak a technikai/technológiai jellegű fejlesztések, amelyek

közül számos ma már a PVI, mint komplex procedura elengedhetetlen részét képezi (3, 4). Ezen fejlődésben az irrigált katéterek bevezetése, a 3D elektroanatómiai térképezés, az intrakardiális ultrahang bevezetése, az aktívan mozgatható katéterhüvelyek alkalmazása, a kontakterő monitorozása, valamint az ablációs index (AI) és az azt inkorporáló ablációs protokollok széles körű elterjedése (5, 6) játszották a legnagyobb szerepet.

Összefoglaló közleményünkben azon technikák alkalmazásával kapcsolatos tudományos evidenciákat tekintjük át, amelyek jelentősen hozzájárultak a pontról pontra történő PVI, mint egységes és standardizálható procedura felépítéséhez.



1. ÁBRA. Az ablációs lézió minőségét meghatározó tényezők összefoglalása. Mulder MJ. és munkatársai közleménye alapján (Europace 2022; 24: 874–886.) (37)

Optimális rádiófrekvenciás lézió létrehozása

A rádiófrekvenciás (RF) ablációval létrehozott pontszerű szöveti lézió fizikai és biológiai tulajdonságait (ezáltal az abláció hatékonyságát) számos tényező befolyásolja: a vezetési (konduktív) és az ellenállási (rezisztív) szövetmelegedés, a katéterorientáció, az irrigáció mértéke, az abláció tartama és energiája, a katéter–szívizom-kontaktus stabilitása és a kifejtett fizikai nyomás, valamint az ablációs rendszer impedanciája. Az ablációs lézió minőségét meghatározó különböző tényezőket az 1. ábrán foglaltuk össze. Az RF-energiával végzett pontról pontra történő PVI során a tartós izolációt garantáló ablációs gyűrű pontjai megfelelő mélységűek/szélességűek (transzmurális lézió) és az ablációs pontok közötti távolság is optimális (összefüggő ablációs vonal).

A beavatkozás célja hogy az ipszilaterális tüdővéna „en bloc” izolációja az ablációs gyűrű befejezésekor létrejöjjön („first pass” izoláció) és ne legyen szükség további ablációra a gyűrűn belül (7). A PVI kimenetele a fentiek teljesülésekor a legjobb (8, 9).

Rendszerimpedancia

A mindennapi gyakorlatban az irrigált ablációs katétereket legtöbbször energiakontrollált módon hasz-

náljuk. A kialakult ablációs lézió méreteit ugyanazon ablációs energia alkalmazása mellett a rendszer impedanciája alapvetően befolyásolja, hiszen a szöveten átfolyó áramerősséget az ellenállás mértéke szabja meg ($P=I^2R$). Barkagan és munkatársai állatkísérletes *ex vivo* és *in vivo* vizsgálatai (10) egyértelműen igazolták, hogy ugyanazon leadott RF energiaérték (W) mellett változó impedancia esetén különböző lesz a lézió mélysége és szélessége, hiszen nagyobb ellenállás esetén kisebb lesz a szöveten átáramló áramerősség. Más szóval az ablációs rendszer impedanciája erős negatív korrelációban van az áramerősséggel (I^2) vagyis egy alacsonyabb impedancia nagyobb, míg egy nagyobb impedancia kisebb szöveti lézió kialakulásával jár. Sun Y. és munkatársai egy 101 beteget felölelő vizsgálatban (11) igazolták, hogy szignifikánsan jobb azon betegek klinikai prognózisa (alacsonyabb rekurrencia-arány) amely betegeknél a tüdővéna-antrumiban mért impedanciaértékek alacsonyabbak a magasabb rekurrenciaarányt mutató betegcsoport impedanciaértékeihez képest ($122,9 \pm 9,4$ vs. $130,5 \pm 8,8 \Omega$, $p < 0,01$). Ezen túlmenően az abláció alatti impedanciacsökkenés mértéke is szignifikánsan nagyobb volt a kevesebb rekurrenciát mutató csoportban ($[8,8 \pm 1,4]\%$ vs. $[8,1 \pm 1,2]\%$, $p=0,03$).

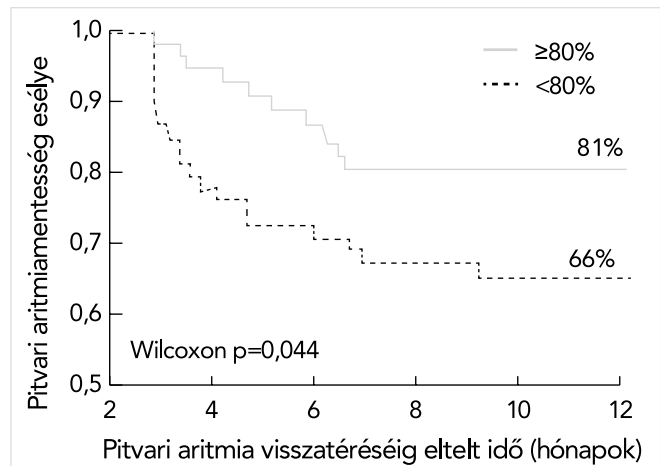
Kontakterő-monitorozás

A fejlesztéseknek köszönhetően 2012-től valós idejű, kontakterőt (contact force; CF) mérő szenzor beépítése vált lehetővé az ablációs katéterek endocardiummal érintkező disztális szakaszába (Thermocool Smarttouch, Biosense Webster Inc., Diamond Bar, California). Az abláció alatti, valós idejű CF megjelenítése az operatórok számára (azonnali feedback) szignifikánsan csökkentette az akut rekonnekciók számát (12).

A biztató korai vizsgálatok alapján javaslat született az abláció során elérendő/megtartandó CF célértékűre (13). Ezt követően 2015-ben automatikus ablációs annotációt végző algoritmus került kidolgozásra (Carto Visitag module (Biosense Webster, Inc.), amelynek bevezetése a klinikai gyakorlatba magasabb számú first pass izolációt és kevesebb akut rekonnekciót eredményezett (14). *Sándorfi G. és munkatársai* egy pontról pontra történő PVI-n átesett betegcsoportot (560 procedura) vizsgált a 2013–2016 közötti időperiódusban (15). A fenti időintervallum kezdetén rendszeresítették a CF ablációs katéter használatát a javasolt ≥ 10 g célérték betartásával. Az ablációs protokoll 2014 augusztusától kiegészült az automatikus ablációs annotációval (>7 sec, 2 mm-es katéterstabilitási beállítással, 6–8 g CF-értékkel az ablációs idő $>50\%$ -ban). Eredményeik alapján a vizsgált 3 éves időintervallum alatt szignifikánsan ($p < 0,001$) csökkent a redo-beavatkozások száma ($<10\%$), a 12 hónapon belüli első-redo procedúrák száma 19%-ról 4%-ra mérséklődött, továbbá az első redo-beavatkozások során talált rekonnekciók száma 90%-ról 29%-ra zuhant.

Katéterstabilitás

Reddy VY. és munkatársai a prospektív SMART-AF (Thermocool Smarttouch Catheter for the Treatment of Symptomatic Paroxysmal Atrial Fibrillation) vizsgálatban (16) elemezték az abláció alatt elért CF-értékek valamint a CF-stabilitás összefüggését a klinikai kimenetellel. A magasabb CF-értékek önmagukban nem eredményeztek sikeresebb kimenetelt, a 0–10 g, a 10–20 g és a >20 g feletti csoportok között nem volt szignifikáns különbség a rekurrenciák tekintetében. Az operatórok többsége az 5–40 g közötti célértéket igyekezett tartani az abláció alatt és a rekurrenciák szignifikáns csökkenését eredményezte, ha az ablációs idő $>73\%$ -ban ezen tartományon belül maradtak a CF-értékek. *Natale A. és munkatársai* ugyanezen vizsgálat másik centrumaként (17) hasonló eredményekre jutottak: a klinikai sikert nem az elért abszolút CF-értékek garantálták, hanem a CF stabilitása (5–40 g célérték mellett). Azon betegeknél, ahol a CF célértéke az abláció idejének $>80\%$ -ban tartható volt, szignifikánsan kevesebb volt a klinikai rekurrencia (19% vs. 34%) más szóval, ahol a fenti stabilitási kritérium



2. ÁBRA. A pitvarfibrilláció-rekurrencia alakulása (Kaplan–Meier) az abláció alatti CF stabilitásának 80% alatti és feletti csoportjában. *Natale A. és munkatársai* közleménye alapján (J Am Coll Cardiol 2014; 64: 647–56.)

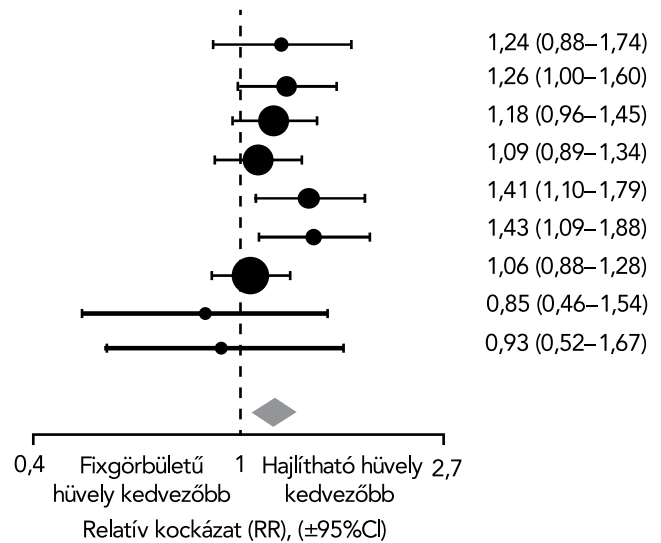
tartható volt 4,25× kisebb valószínűséggel lépett fel rekurrencia (2. ábra).

Hajlítható katéterhüvelyek alkalmazása

Az abláció alatt kifejtett kontakterő (CF) és az ablációs katéter stabilitása nagymértékben befolyásolja a kialakult ablációs lézió minőségét és ezáltal a klinikai kimenetelt. *Ullah W. és munkatársai* (18) retrospektív módon elemezték procedurális és klinikai adatokat pontról pontra történő PVI-n (WACA: wide area circumferential ablation) átesett betegeknél, ahol az egyik csoportnál manuális (nem hajlítható vagy fixgörbületű) katéterhüvelyeket (Manual-NSS, Mullins sheath, Medtronic, Minneapolis, MN, USA), a másiknál hajlítható katéterhüvelyeket (Agilis NxT, St. Jude Medical, St. Paul, MN, USA), míg a harmadik csoportnál robotvezérelte hüvelyeket (Artisan, Hansen Medical Inc) alkalmaztak. Az abláció alatti CF szignifikánsan magasabbnak bizonyult a hajlítható katéterhüvelyek csoportjában ($16,9 \pm 4,0$ g vs. $12,9 \pm 1,9$ g, $p=0,006$). A manuális hüvelyekkel alacsonyabb CF-értékeket értek el a bal oldali a ridge területén (bal fülcse-tüdővéna határvonala), ugyanakkor a hajlítható katéterhüvelyekkel ezen a területen szignifikánsan nagyobb CF-értékeket tudtak elérni, a bal anterior-inferior (6–8 óra) régió kivételével. A bal oldalon a legmagasabb CF-értékeket mindhárom csoportban a superior-posterior régióban lehetett reprodukálni. A jobb vénák tekintetében mindhárom csoportban magasabb CF-értékeket értek el a bal vénákhoz képest, a legmagasabb értékekkel az inferior kvadránsban. Hajlítható katéterhüvelyekkel (a manuálishoz képest) a jobb oldal minden régiójában szignifikánsan magasabb CF-értékeket lehetett elérni az anterior-superior régió kivételével. A redo-beavatkozások során igazolt krónikus rekonnekciók aránya a WACA-régiók tekintetében

| Tanulmány | Hajlítható hüvely | | Fixgörbület hüvely | | Súly | Relatív kockázat (RR) M-H. Random, (95%CI) |
|-------------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|-------|---|
| | Esemény | Teljes csoport | Esemény | Teljes csoport | | |
| Deyell, 2020 | 37 | 52 | 19 | 33 | 6,3% | 1,24 (0,88–1,74) |
| Errahmouni, 2015 | 40 | 45 | 26 | 37 | 13,2% | 1,26 (1,00–1,60) |
| Gou, 2021 | 43 | 53 | 46 | 67 | 16,6% | 1,18 (0,96–1,45) |
| Masuda, 2016 | 49 | 57 | 26 | 33 | 16,9% | 1,09 (0,89–1,34) |
| Piorkowski, 2008 | 62 | 83 | 42 | 79 | 12,3% | 1,41 (1,10–1,79) |
| Piorkowski, 2011 | 48 | 63 | 32 | 60 | 9,6% | 1,43 (1,09–1,88) |
| Matsuo, 2011 | 35 | 40 | 33 | 40 | 20,9% | 1,06 (0,88–1,28) |
| Rajappan, 2009 | 11 | 27 | 13 | 27 | 2,0% | 0,85 (0,46–1,54) |
| Ullah, 2015 | 18 | 41 | 9 | 19 | 21,1% | 0,93 (0,52–1,67) |
| Összesített hatás | 343 | 461 | 246 | 395 | | |

Heterogenitás $Tau^2=0,00$; $Chi^2=8,13$; $df=8$ ($p=0,42$); $I^2=2\%$
 Teszt összesített hatása: $Z=3,90$ ($p<0,0001$)



3. ÁBRA. A fixgörbületű és a hajlítható hüvelyek használatának hatása a pitvarfibrilláció-rekurrenciára. *Mhanna M, et al.* közleménye alapján (Journal of Arrhythmia 2022; 38: 570–579.)

26% volt a manuális, míg 4,6% a hajlítható katéterhüvelyek csoportjában ($p<0,0005$). A rekonnekciók többsége a bal oldali ridge és a jobb posterior régió területére lokalizálódott.

Deyell és munkatársai (19) összehasonlították a pontról pontra történő PVI során elért CF-értékeket a manuális (nem hajlítható) és a hajlítható katéterhüvelyt (Agilis) használó csoportokban. Az Agilist használó csoportban szignifikánsan magasabb CF-értékeket értek el minden régióban, de ezen különbségek változatos mértékben jelentek meg a tüdővéna különböző régióiban. A bal vénák területén a legkifejezettebb előnyt a bal alsó véna inferior területén biztosította az Agilis használata ($19,53 \pm 5,49$ g), míg a jobb vénáknál a postero-inferior területen ($26,32 \pm 5,28$ g). A manuális hüvelyekkel elért átlagos CF-értéke $17,32 \pm 3,44$ g között mozgott. A CF-értékeken túlmenően a hajlítható hüvelyt használó csoportban szignifikánsan jobbnak bizonyultak a katéterstabilitási paraméterek (alacsonyabb CF-variabilitás): azon ablációs pontok száma, ahol az ablációs idő több, mint 10%-a alatt kevesebb, mint 10 g CF-et értek el, szignifikánsan kevesebb volt az Agilis-csoportban (OR=0,56; 95% CI: 0,35–0,89; $p=0,01$).

Mhanna M. és munkatársai metaanalízisükben (20) 967 abláción átesett beteg adatait elemezték (516 hajlítható katéterhüvellyel és 454 fixgörbületű hüvellyel végzett beavatkozás) kilenc különböző vizsgálatból. Az összesített adatok alapján a klinikai rekurrencia-arány szignifikánsan alacsonyabb volt a hajlítható katéterhüvely csoportjában (22,6% vs. 37,7%, RR=1,19; 95% CI: 1,09–1,29; $p<0,001$) és a teljes procedúraidő átlagosan ~10 perccel volt rövidebb a fenti csoportban, közel azo-

nos szövődmenyráta mellett (2,9% vs. 2,2% $p=0,83$). A 3. ábra a metaanalízis eredményeit foglalja össze.

Vizualizálható katéterhüvelyek alkalmazása

A további technológiai fejlesztések lehetővé tették a hajlítható katéterhüvelyek valós idejű megjelenítését a 3D térképen (Vizigo sheath; Biosense Webster Inc., Irvine, CA, USA), ezáltal vizualizálva a hajlítható hüvely és a katétervég távolságát, valamint mindkét eszköz 3D térbeli orientációját. *Guo és munkatársai* retrospekív vizsgálatukban (21) összehasonlították a nem hajlítható, manuális hüvellyel (Swartz sheath; St. Jude Inc., St. Paul, MN, USA) és a vizualizálható katéterhüvellyel végzett pontról pontra történő PVI eredményeit. Az utóbbi csoportban szignifikánsan rövidebb volt a teljes procedúraidő és a fluoroszkópia időtartama ($164,25$ min vs. $181,53$ min, $p=0,029$ és $548,46$ sec vs. $743,77$ sec, $p=0,001$). A Vizigo-csoportban szignifikánsan magasabb volt az elért átlag CF ($10,59 \pm 4,88$ g vs. $9,64 \pm 4,00$ g, $p<0,001$) valamint magasabb volt a first pass izolációk száma is (76,9% vs. 54,7%, $p<0,001$). Fontos megjegyezni, hogy a beavatkozás utáni aritmia-mentesség magasabb volt a Vizigo-csoportban, de ez nem érte el a statisztikai szignifikanciát (80,6% vs. 68,0%, $p=0,124$) a viszonylag rövidnek számító, átlagosan 6 hónapos utánkövetési adatok alapján.

A Vizigo-hüvely használata rövidítette a bal pitvari procedúraidőt, a bal pitvari fluoroszkópiás időt, valamint az RF-ablációk számát a nem vizualizálható katéterhüvely alkalmazásához képest egy *Jánosi és munkatársai* által végzett randomizált vizsgálatban (22).

Katéterorientáció

Ohta és munkatársai tavalyi közleményükben (23) azt vizsgálták, hogy az ablációs katéter térbeli orientációja hogyan befolyásolja az ablációs léziók paramétereit és a rekonnekciók jellegzetességeit. *In vitro* állatkísérletekben elemezték a katéterorientáció (a katéter-tip tengelye és az endokardiális felszín által bezárt szög) hatását a kialakult lézióra, amely során a merőleges orientáció szignifikánsan kisebb szélességű léziót eredményezett ($5,3 \pm 0,4$ mm), mint a felszínnel párhuzamos ($5,8 \pm 0,5$ mm) vagy a még ennél is effektívebb, 45° -os szögben végzett abláció ($6,4 \pm 0,4$ mm). A lézió mélységére a katéterorientáció nem volt jelentős hatással. Vizsgálatuk másik, klinikai részében retrospektív módon vizsgálták a pontról pontra történő PVI-n átesett betegek azon csoportját, akiknél rekurrencia miatt redo-beavatkozásra került sor. A rekonnekciók utólagos elemzése kimutatta, hogy a gapek $>60\%$ -ban az abláció alatti katéterorientáció merőleges volt, továbbá ezen gapek területén a CF-variabilitás szignifikánsan nagyobb volt (jelezvén a kisebb katéterstabilitást az abláció alatt), mint más régiókban (átlag $30,2$ g vs. $24,1$ g, $p=0,003$). Ugyancsak szignifikánsan alacsonyabb volt a minimálisan elért CF átlaga ($2,3$ g vs. $4,8$ g, $p < 0,001$) a gapek területén, mint más régiókban és a merőleges lézióknál mért impedancia-esés is kisebb volt, mint más katéterorientációk esetén ($8,3$ ohm vs. $10,7$ ohm, $p < 0,001$). Vizsgálatukban tehát az abláció alatti merőleges katéterorientáció erős prediktora volt a rekonnekciók létrejöttének.

Ablációs index, „CLOSE”-protokoll és az ablációs pontok közötti optimális távolság

Az operatőr számára a pontról pontra történő abláció hatékonyságát a 3D térképen kezdetben az ablációs pont színkódolása prezentálta, amelyet a térképező rendszer a CF és az ablációs idő integrálszámítása alapján (force time integral; FTI) jelenített meg. 2017-ben olyan algoritmus került bevezetésre, amely az ablációs pont színkódolását sokkal összetettebb paraméterek alapján számította ki egy non-lineáris matematikai képlet segítségével (24). Ezen képlet figyelembe vette a CF-et (g), az RF-energiát (W), az ablációs időt (sec) tovább a, b, c és k konstansokat. Ezen valós idejű, automatizált megjelenítés (VisitagVR, Biosense Webster Inc.) predefiniált kritériumok teljesülése esetén végzi a számításokat: a katéterstabilitás <3 mm legalább 8 másodpercig, a minimum CF >4 g az ablációs idő $>30\%$ -ában, energiakontrollált (35 W) módban, 30 ml/perc irrigáció mellett. A rendszer a színkódolás mellett folyamatos módon jeleníti meg a mérések/számítások eredményét egy ún. ablációs index (AI) formájában. Az AI bevezetésével az ablációs lézió minősége kvantifi-

kálható lett, ezáltal a reprodukálhatósága is tesztelhetővé vált.

2017-ben *Taghji P és munkatársai* javaslatot tettek egy olyan ablációs protokollra („CLOSE”), ahol a PVI során az anterior régiókban az AI célértéke ≥ 550 , míg a posterior régiókban ≥ 400 , miközben a két egymás melletti ablációs pont közötti távolságnak (interlesion distance, ILD) ≤ 6 mm alatt kellett lennie az ablációs vonal folytonosságának biztosítása céljából (25). 130 betegnél végeztek PVI-t a fenti protokoll szerint és a first pass izoláció 98% -os volt, az 1 éves utánkövetés során pedig a betegek $91,3\%$ -a aritmiamentes maradt. A fenti munkacsoport randomizált vizsgálatban (26) is tesztelte a protokoll hatékonyságát, ahol a kontrollcsoport „konvencionális” ablációját csak a CF monitorozása (>10 g) alapján végezték. A „CLOSE” csoportban szignifikánsan alacsonyabb lett az 1 éves rekurrencia aránya (6% vs. 20% , $p < 0,05$) és a teljes procedúraidő is szignifikánsan rövidebbnek bizonyult.

Hoffmann P. és munkatársai randomizált vizsgálatukban (27) két betegcsoportot hasonlítottak össze: az egyik csoportban a pontról pontra történő PVI az eredeti „CLOSE”-protokollnak megfelelően történt (ahol az ILD $5-6$ mm volt), míg a másik csoportban az ILD-célérték $3-4$ mm távolságra lett csökkentve. Az első csoportban az anterior régiókban az AI célértéke ≥ 550 , posterior ≥ 400 , a második csoportban anterior ≥ 500 , posterior pedig ≥ 350 -re lett kijelölve. A vizsgálat során a második csoportban a first pass izoláció aránya $90,9\%$, míg az első csoportban $35,0\%$ volt ($p < 0,0001$), ezért a vizsgálatot korai szakaszában felfüggesztették. Az első csoportban az ILD mediánértéke $5,2$ mm volt, míg a második csoportban $3,6$ mm. A második csoportban a procedúraidő szignifikánsan rövidebbnek bizonyult és az AI mediánértéke is alacsonyabb volt (416 vs. 452 , $p < 0,0001$), vagyis a first pass izolációt kevésbé extenzív szövethárosítással lehetett elérni.

High power – short duration abláció (HPSD)

Amennyiben növeljük az ablációs energiát ($45-50$ W) növekedni fog a rezisztív szövetmelegedés, míg a konduktív melegedés csökken, így az ablációs idő csökkenthető ($8-15$ sec). Az ilyen módon létrehozott léziók szélesebbek és kevésbé mélyek és mivel az abláció rövidebb ideig tart, a katéterstabilitás fenntartása könnyebben biztosítható. Összehasonlítva a konvencionális, alacsony energiájú PVI-vel, a HPSD alkalmazásával szignifikánsan rövidül a beavatkozás ideje, magasabb lesz a first pass izolációk aránya és a redo esetek során kevesebb lesz a rekonnekciók száma. Az esetleges szövödmények aránya nem magasabb a konvencionális ablációhoz képest. A magasabb, 90 W (4 sec) energiával végzett PVI kezdeti vizsgálati biztatóak, de rutinszerűen még nem alkalmazható (28).

Várakozási idő és adenozin

A pontról pontra történő PVI procedurális végpontja a tüdővéna teljes elektromos izolációja. A hosszú távú aritmiamentességet azonban mindenekelőtt az izoláció minősége, tartóssága határozza meg. A PVI, mint technika korai szakaszában az izoláció elérése után várakozási időt iktattak be a korai rekonnekciók felfedése céljából, illetve adenozin adása történt a rejtett (dormant) bal pitvar-tüdővéna vezeték kimutatása céljából. Ebben az időszakban a korai rekonnekciók aránya igen magas volt: 25-50% között mozgott és reisolálásuk kiegészítő ablációkat igényelt (29, 30). Az ablációs technika ezt követően jelentős fejlődésen ment keresztül és az ablációs lézió minősége is megváltozott, hosszú távon is transzmurálisnak és tartósnak bizonyult, az ILD bevezetésével pedig a gapek előfordulása is minimálisra csökkent.

Jiang R. és munkatársai randomizált vizsgálatukban 4 betegcsoport utánkövetését végezték el (31): az első csoportban a PVI után nem volt várakozási idő, a második csoportban az izoláció elérése után 30 perces várakozást iktattak be, a harmadik csoportban adenozin adása történt, a negyedikben pedig a várakozási időt adenozin adásával egészítették ki. Az akut rekonnekciók aránya a második csoportban 33% volt, a harmadik csoportban 26%, a negyedikben pedig 42% (amely a harmadik csoporthoz képest szignifikánsan magasabb) volt. Meglepő módon a közel 36 hónapos utánkövetés során a valós klinikai rekurrenciák aránya nem különbözött szignifikánsan a négy csoport összehasonlításakor: 55%, 61%, 50% és 62% ($p=0,258$). Vizsgálatukban redo-beavatkozás nemcsak a klinikai rekurrenciák esetében történt, hanem a rekurrenciamentes betegcsoportban is. Ennek kapcsán a PV-rekonnekciók aránya nem különbözött szignifikánsan a négy csoport között: 83%, 89%, 82% és 67%-ban volt jelen ($p=0,151$) és a vénák 45%-át érintette. A vizsgálat erősen megkérdőjelezte a várakozási idő és/vagy adenozin adásának szükségességét, valamint aláhúzta, hogy a hosszú távú klinikai siker nemcsak a PV-rekonnekciók létrejötté befolyásolja.

Sousa és munkatársai 167 betegre kiterjedő randomizált vizsgálatukban (32) egy 20 perces várakozási idő beiktatásának hatását vizsgálták a PVI hosszú távú sikerarányára. Az 1 éves utánkövetési periódus alatt a rekurrenciák száma a várakozási csoportban 9,6%, míg a várakozás nélküli csoportban 9,6% volt ($p=0,98$). *Knecht S. és Badertscher P.* a fenti adatok alapján a várakozási idő és/vagy adenozin adását szükségtelenné tartja, amennyiben a pontról pontra történő PVI a mai modern technológiával és a fentiekben részletezett, standardizált módszertannal történik (33).

Egyszerűsített PVI

A pontról pontra történő PVI végpontja a tüdővéna elektromos izolációja, amelyet hagyományosan a

pulmonalis vénákba illeszthető, multipoláris, cirkuláris katéterrel konfirmálunk. A mai, modern PVI hatékonysága, a first pass izolációk magas aránya kapcsán felmerült ezen katéter kiiktatásának lehetősége. Egyszeres transseptalis punkció és a PVI után a tüdővéna-izoláció (exit-blokk a tüdővéna és bal pitvar határán) a PV antrumban végzett stimulálással is igazolható. Az exit-blokk konfirmálása az ablációs katéter ingerlésével történik, az izolációs gyűrűn belül, ahol 10 mA (és 2 msec pulzusszélesség) mellett történik az ingerlés legalább ≥ 10 g CF elérése mellett az antrum egymástól távol eső, több pontján. A far-field capture elkerülése végett a kimenő energiát 5 mA-re javasolt csökkenteni a bal pitvari fülcsé és a vena cava superior közelében.

Pambrun T. és munkatársai vizsgálatukban (34) két betegcsoportot elemeztek: az első csoportban multipoláris, cirkuláris katétert, míg a másodikban csak az ablációs katétert használták az izoláció megerősítésére. Ezután a második csoportban is megerősítésre került a PV-izoláció cirkuláris katéterrel, amely kapcsán 98%-ban egyezést mutatott a végeredmény. Az egyéves utánkövetés során az aritmiamentesség között sem igazolódott különbség a két csoport között (86% vs. 84%, $p=0,78$), ugyanakkor az egyszerűsített PVI 31%-os költségcsökkenést eredményezett.

Badertscher P. és munkatársai vizsgálatukban (35) a nagy energiájú, rövid tartamú (high-power short-duration; HPSD) PVI-t hasonlították össze a konvencionális AI-vezérelte ablációs csoporttal úgy, hogy az izoláció konfirmálása a fenti, egyszerűsített módon történt. A first pass izoláció aránya (88% vs. 87%) és az 1 éves aritmiamentesség (91% vs. 84%, $p=0,67$) tekintetében sem igazolódott érdemi különbség, ugyanakkor a HPSD-csoportban szignifikánsan rövidebb volt a teljes procedura és az RF-ablációs idő.

Következtetések

A pitvarfibrilláció definitív kezelésének leghatékonyabb módszere a transzkatéteres pulmonalisvéna-izoláció. Az elmúlt két évtizedben a PVI technikai és módszertani szempontból jelentős változáson ment keresztül, a különböző technológiai fejlesztések és klinikai kutatások meghatározó mértékben növelték a procedura hatékonyságát. A korai PVI időszakában a rekurrenciamentesség 60-70% között mozgott (36), míg a mai technikával végzett PVI utáni tartós sikerarány már $\geq 80\%$ feletti tartományban mozog (26). A korszerűen végzett PVI nemcsak a magas sikerarányt biztosítja, hanem lehetővé teszi a procedurális paraméterek objektív kvantifikálását és standardizálását is. Utóbbi eredményeképp a PVI egy széles körben reprodukálható technikává vált, amely már kevésbé függ az operátor adottságaitól.

Nyilatkozat

A szerzők kijelentik, hogy az összefoglaló közlemény megírásával kapcsolatban nem áll fenn velük szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összeütközés, összeférhetetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.

Irodalom

- Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal* 2020; 42: 373–498. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>
- Haïssaguerre M, Jais P, Shah DC, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *Journal of the American College of Cardiology* 1998; 31: 953–956. <https://doi.org/10.1056/NEJM199809033391003>
- Darrat Y, Morales G, Shah J, et al. How To Achieve Durable Pulmonary Vein Antral Isolation? *Jafib Apr-May* 2014; 6: 6. <https://doi.org/10.4022%2Fjafib.1039>
- Buist TJ, Zipes DP, Elvan A, et al. Atrial fibrillation ablation strategies and technologies: past, present, and future. *Clinical Research in Cardiology* 2021; 110: 775–788. <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01751-5>
- Hussein A, Das M, Chaturvedi V, et al. Prospective use of Ablation Index targets improves clinical outcomes following ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2017; 28: 1037–47. <https://doi.org/10.1111/jce.13281>
- Philips T, Taghji P, Haddad ME, et al. Improving procedural and one-year outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the 'CLOSE'-protocol. *Europace* 2018; 20: 419–427. <https://doi.org/10.1093/europace/eux376>
- Pap R, Tombácz Zs, Tasnádi D, et al. Persistent Carina Conduction after Wide Area Circumferential Ablation is Associated with Inadequate Lesion Creation During Pulmonary Vein Isolation. *Jafib-ep.com* March 2022; 15(2). <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/24611>
- Vámos M, Sággy L, Jankelson L, et al. Inability to perform 'en bloc' pulmonary vein isolation requiring ablation of the intervenous carina increases recurrence of atrial fibrillation. A meta-analysis. *Pacing Clin Electrophysiol* 2022; 45: 1415–1418. <https://doi.org/10.1111/pace.14604>
- Osorio J, Hunter TD, Rajendra A, et al. Predictors of clinical success after paroxysmal atrial fibrillation catheter ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2021; 32: 1814–1821. <https://doi.org/10.1111/jce.15028>
- Barkagan M, Rottmann M, Leshem E, et al. Effect of Baseline Impedance on Ablation Lesion Dimensions. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2018; 11: e006690. <https://doi.org/10.1161/circep.118.006690>
- Sun Y, Xiao X, Yin X, et al. Impact of baseline impedance of pulmonary vein antrum on success of catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation guided by ablation index. *BMC Cardiovascular Disorders* 2022; 22: 179. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02530-y>
- Haldar S, Julian W.E, Jarman A, et al. Contact force sensing technology identifies sites of inadequate contact and reduces acute pulmonary vein reconnection. A prospective case control study. *International Journal of Cardiology* 2013; 168: 1160–1166. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.11.072>
- Neuzil P, Reddy VY, Kautzner J, et al. Electrical reconnection after pulmonary vein isolation is contingent on contact force during initial treatment. results from the EFFICAS I study. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013; 6: 327–33. <https://doi.org/10.1161/circep.113.000374>
- Anter E, Tschabrunn CM, Contreras-Valdes FM, et al. Radiofrequency ablation annotation algorithm reduces the incidence of linear gaps and reconnection after pulmonary vein isolation. *Heart Rhythm* 2014; 11: 783–90. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.02.022>
- Sandorfi G, Rodriguez-Mañero M, Saenen J, et al. Less Pulmonary Vein Reconnection at Redo Procedures Following Radiofrequency Point-by-Point Antral Pulmonary Vein Isolation With the Use of Contemporary Catheter Ablation Technologies. *J Am Coll Cardiol EP* 2018; 4: 1556–65. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2018.09.020>
- Reddy VY, Pollak S, Lindsay BD, et al. Relationship Between Catheter Stability and 12-Month Success After Pulmonary Vein Isolation. *J Am Coll Cardiol EP* 2016; 2: 691–9. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2016.07.014>
- Natale A, Reddy VY, Monir G, et al. Paroxysmal AF Catheter Ablation With a Contact Force Sensing Catheter *J Am Coll Cardiol* 2014; 64: 647–56. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.04.072>
- Ullah W, Hunter RJ, Mclean A, et al. Impact of Steerable Sheaths on Contact Forces and Reconnection Sites in Ablation for Persistent Atrial Fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* March 2015; 26: 266–273. <https://doi.org/10.1111/jce.12573>
- Deyell MW, Wen G, Laksman Z, et al. The impact of steerable sheaths on unblinded contact force during catheter ablation for atrial fibrillation. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 2020; 57: 417–424. <https://doi.org/10.1007/s10840-019-00514-1>
- Mhanna M, Beran A, Al-Abdoun A, et al. Steerable versus nonsteerable sheath technology in atrial fibrillation ablation. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Arrhythmia* 2022; 38: 570–579. <https://doi.org/10.1002/joa3.12742>
- Guo R, Jia R, Cen Z, et al. Effects of the visualized steerable sheath applied to catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 2022; 64: 511–518. <https://doi.org/10.1007/s10840-021-01096-7>
- Janosi K, Debreceni D, Janosa B, et al. Visualizable vs. standard, non-visualizable steerable sheath for pulmonary vein isolation procedures. Randomized, single-centre trial. *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 16 November 2022. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.1033755>
- Ohta M, Hayashi K, Sato H, et al. Impact of catheter contact angle on lesion formation and durability of pulmonary vein isolation. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 2022; 64: 677–685. <https://doi.org/10.1007/s10840-022-01131-1>
- Ullah W, Hunter RJ, Finlay MC, et al. Ablation Index and Surround Flow Catheter Irrigation. *J Am Coll Cardiol EP* 2017; 3: 1080–8. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2017.03.011>
- Taghji P, El Haddad M, Philips T, et al. Evaluation of a Strategy Aiming to Enclose the Pulmonary Veins With Contiguous and Optimized Radiofrequency Lesions in Paroxysmal Atrial Fibrillation. A Pilot Study. *J Am Coll Cardiol EP* 2018; 4: 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2017.06.023>
- Philips T, Taghji P, El Haddad M, et al. Improving procedural and one-year outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the 'CLOSE'-protocol *Europace* 2018; 20: f419–f427. <https://doi.org/10.1093/europace/eux376>
- Hoffmann P, Ramirez ID, Baldenhofer G, et al. Randomized study defining the optimum target interlesion distance in ablation index-guided atrial fibrillation ablation. *Europace* 2020; 22: 1480–1486. <https://doi.org/10.1093/europace/eaab147>
- Piros K, Szegedi N, Salló Z, et al. Point-by-point pitvarfibrilláció-abláció új technikai aspektusai. High power – short duration abláció. *Cardiologia Hungarica* 2021; 51: 196–200. <https://doi.org/10.26430/CHUNGARICA.2021.51.3.196>
- Wang XH, Liu X, Sun YM, et al. Early identification and treatment of PV re-connections: role of observation time and impact on clinical results of atrial fibrillation ablation. *Europace* 2007; 9: 481–6. <https://doi.org/10.1093/europace/eum101>
- Macle L, Khairy P, Weerasooriya R, et al. Adenosine-guided pulmonary vein isolation for the treatment of paroxysmal atrial fibrillation: an international, multicentre, randomised superiority trial. *Lancet* 2015; 386: 672–9. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(15\)00026-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)00026-5)
- Jiang R, Chen M, Yang B, et al. Intraprocedural endpoints to predict durable pulmonary vein isolation: a randomized trial of four post-ablation techniques. *Europace* 2020; 22: 567–575. <https://doi.org/10.1093/europace/euz301>
- Sousa P, Barra S, Adão L, et al. Assessment of the need of a waiting period after pulmonary vein isolation with the ablation index software. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2022; 1–9. <https://doi.org/10.1111/jce.15568>
- Knecht S, Badertscher P. Time to say good bye? – The value of a waiting period after mpulmonary vein isolation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2022; 33: v1734–1736. <https://doi.org/10.1111/jce.15575>
- Pambrun T, Combes S, Sousa P, et al. Contact-force guided single-catheter approach for pulmonary vein isolation. Feasibility, outcomes, and cost-effectiveness. *Heart Rhythm* 2017; 14: 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.12.008>
- Badertscher P, Knecht S, Spies F, et al. High power short duration ablation index-guided pulmonary vein isolation protocol using a single catheter *Journal of Interventional. Cardiac Electrophysiology* 2022; 65: 633–642. <https://doi.org/10.1007/s10840-022-01226-9>
- Wilber DJ, Pappone C, Neuzil P, et al. for the ThermoCool AF Trial Investigators. Comparison of antiarrhythmic drug therapy and radiofrequency catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *JAMA* 2010; 303: 333–40. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.2029>
- Mulder MJ, Kemme MJB, Allaart CP. Radiofrequency ablation to achieve durable pulmonary vein isolation. *Europace* 2022; 24: 874–886. <https://doi.org/10.1093/europace/euab279>