

Südame vasakute juhteteede stimulatsioon: bradükardia ravi uus meetod

Silver Heinsar^{1,2}, Artjom Briš^{1,2}, Jüri Voitk¹, Priit Kampus^{1,2}

Südamestimulaatori paigaldamine on asendamatu ravimeetod bradükardiaga patsientide ravis ja selle kasutus on viimase kümne aastaga Euroopa Kardioloogide Seltsi liikmesriikides suurenenud ligi 20%. Traditsiooniliselt kasutatava parema vatsakese stimulatsiooniga kaasneb sageli elektromehaaniline sünkronisatsioonihäire, mis võib tingida südamepuudulikkuse kujunemise ja/või süvenemise. Hisi kimbu vasaku sääre piirkonna stimulatsioon (*left bundle branch area pacing* – LBBAP) on uudne ning praktiliselt maailmas kõige kiiremini populaarsust koguv meetod, mille eesmärk on pakkuda Hisi kimbu vasakute juhteteede kaudu palju füsioloogilisemat kardiostimulatsiooni, ennetades seeläbi südamepuudulikkuse arengut. Kuigi esialgsed kliinilised uuringud on kinnitanud selle meetodika tõhusust ja ohutust, on suuremahulised kliinilised uuringud veel pooleli. Eestis alustasid autorid LBBAP meetodil stimulaatorite paigaldamisega 2023. a märtsis ja aasta jooksul on see meetod jõudnud meie igapäevasesse kliinilisse praktikasse.

Südame erutustekke- ja juhtesüsteemi haigused kujutavad endast tõsist terviseprobleemi, mille põhjuseks on elektrierutust genereerivate ja juhtivate spetsialiseerunud kardiomiotsüütide organiseeritud tegevuse kadu. Sellest tingitud sümptomaatilise bradükardia peamiseks ravimeetodiks on parema vatsakese transvenoosne stimulatsioon, mis kujutab endast stimulaatori elektroodi sisestamist paremasse vatsakesse ja seejärel parema vatsakese tipust või vaheseina piirkonnast südame stimuleerimist (vt joonis 1). See tagab ajastatud vatsakeste kontraktsiooni olukorras, kus südame enda erutusjuhtivus on liigselt hilinenud või katkenud, leevendades haigetel bradükardiast tingitud sümptomeid.

Viimase kümne aastaga on südamestimulaatori paigaldamine Euroopa Kardioloogide Seltsi liikmesriikides kasvanud ligi 20% (1). Parema vatsakese stimulatsiooniga kaasneb vasaku sääre blokaadi pilt elektrokardiogrammis (EKG) (vt joonis 2). Varasema aktivatsiooni tõttu kontraheerub sel juhul parem vatsake enne vasakut. Tekkinud elektromehaaniline sünkronisatsioonihäire loob eeldused kardiostimulatsioonist tingitud kardiomiopaatia tekkeks (2). Eriti on ohustatud need patsiendid, kellel vatsakeste stimulatsiooni vajadus on sage, stimuleeritud QRSi-kompleksi laius on

suur ning vasaku sääre blokaad esines juba enne kardiostimulaatori paigaldamist (3). Uuringute alusel on parema vatsakese stimulatsioonist tingitud elektromehaanilise sünkronisatsioonihäirega haigetel suurenenud risk kodade virvendusarütmia ja südamepuudulikkuse tekkeks (4–7).

SÜDAME RESÜNKRONISEERIV RAVI

Olukorras, kus patsientidel, kellel on parema vatsakese elektroodiga stimulaator, viib sage kardiostimulatsioon elektromehaanilise sünkronisatsioonihäire ja südamepuudulikkuse tekkeni või kus patsientidel juba esineb oluline südamepuudulikkus koos vasaku sääre blokaadiga, on võimalik rakendada südame resünkroniseerivat ravi (*cardiac resynchronization therapy* – CRT). Selle meetodi korral viiakse paremasse vatsakesse elektroodi paigaldamise järel lisaelektrood koronaarsiinuse harusse, kust on võimalik südame vasakut vatsakest stimuleerida (vt joonis 1). Kuna CRT korral stimuleeritakse sünkronisatsioonihäire vältimiseks paremat ja vasakut vatsakest ühel ajal, nimetatakse seda meetodit ka biventrikulaarseks kardiostimulatsiooniks (vt joonis 3). Ravijuhendis on CRT ennekõike näidustatud optimaalsel medikamentoosel ravil sümptomaatilise südamepuudulikkus

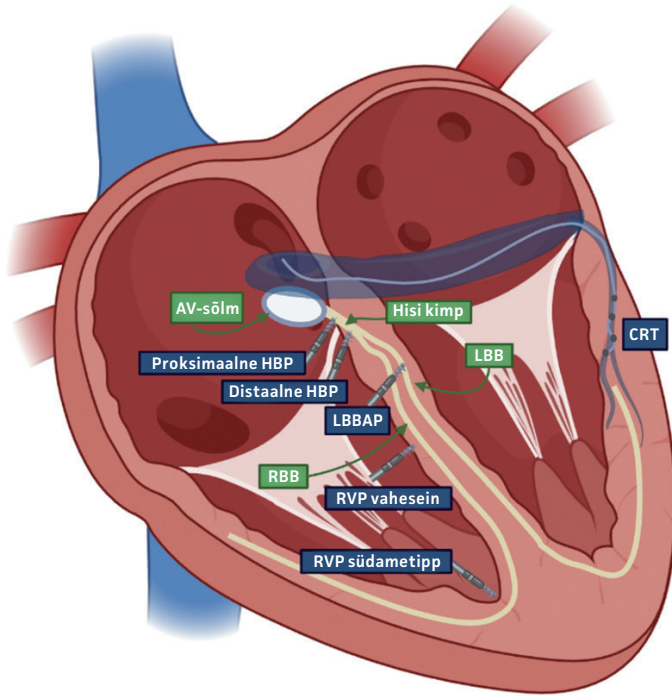
Eesti Arst 2025; 104(2):79–84

Saabunud toimetusse: 20.05.2024
Avaldamiseks vastu võetud: 08.10.2024
Avaldatud internetis: 21.02.2025

¹ Põhja-Eesti Regionaalhaigla kardioloogiakeskus, ² Tartu Ülikooli kliinilise meditsiini instituudi südamekliinik

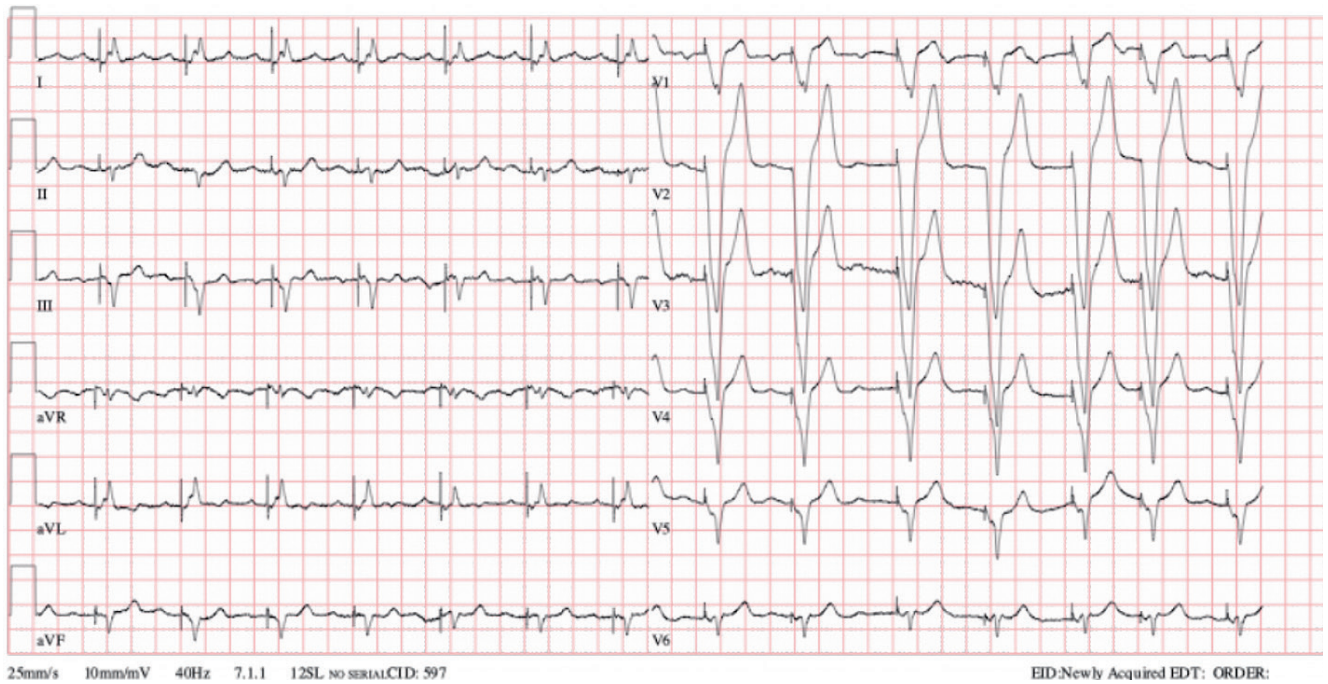
Kirjavahetajaautor: Silver Heinsar
silver.heinsar@regionaalhaigla.ee

Võtmesõnad: juhteteede kardiostimulatsioon, südame resünkroniseeriv ravi, Hisi kimbu vasaku sääre piirkonna stimulatsioon, südamepuudulikkus



AV-sõlm – atrioventrikulaarne sõlm, CRT – südame resünkroniseeriv ravi (*cardiac resynchronization therapy*), mille käigus paigaldatakse elektrood, HBP – Hisi kimbu stimulatsioon (*His bundle pacing*), LBBAP – Hisi kimbu vasaku sääre stimulatsioon (*left bundle branch area pacing*), LBB – Hisi kimbu vasak sääär (*left bundle branch*), RBB – Hisi kimbu parem sääär (*right bundle branch*), RVP – parema vatsakese vaheseina ja tipu stimulatsioon (*right ventricular pacing*)

Joonis 1. Südame erutus-juhteteed ning erinevad kardiostimulatsiooni piirkonnad. Näha on nii parema vatsakese klassikalised stimulatsioonipiirkonnad kui ka füsioloogilisemad juhteteede elektroodide asukohad. Juhteteede stimulatsiooni teostatakse kas Hisi kimpu koja või vatsakese poolt stimuleerides või selle kimbu vasakut säärt stimuleerides. Rohelisega on kujutatud anotoomilisi struktuure, sinisega kardiostimulatsiooni elektroodide asukohti. Joonise koostanud Silver Heinsar.

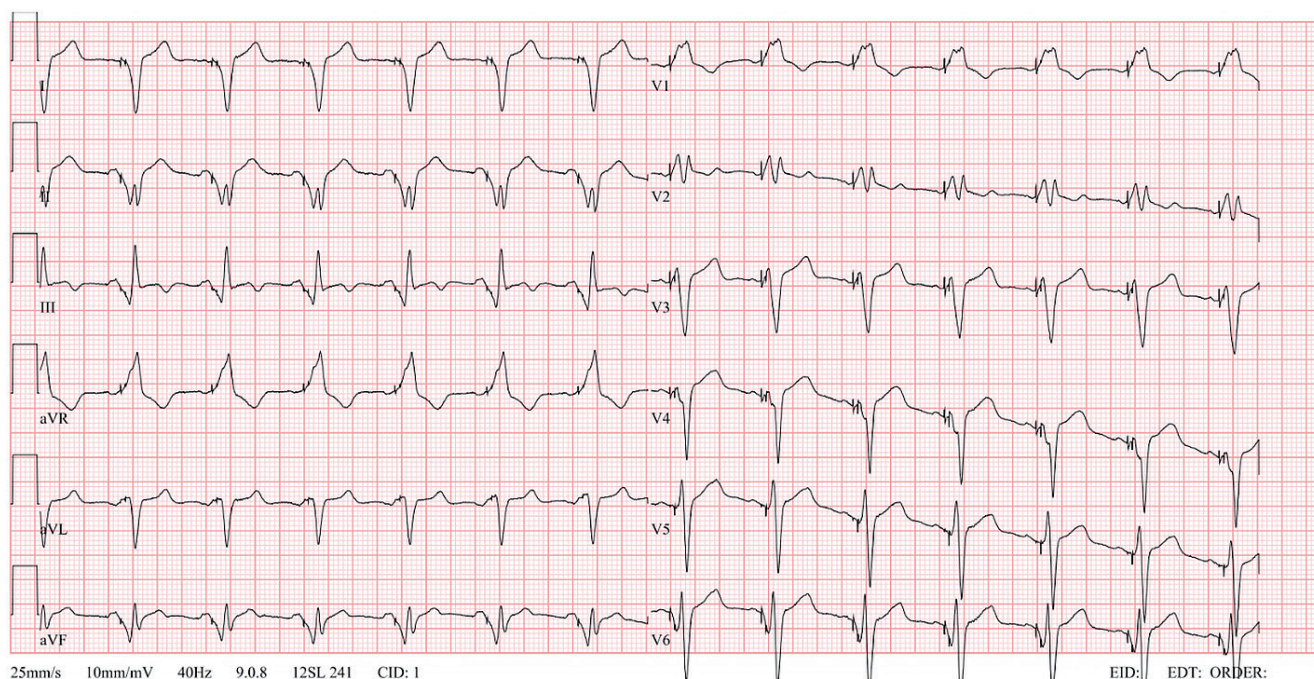


Joonis 2. Elektrokardiogramm parema vatsakese kardiostimulatsiooni korral. Totaalse atrioventrikulaarse blokaadiga haigel on vatsakese elektrood kinnitatud parema vatsakese vaheseina. Stimuleeritud lai QRSi-kompleks on sarnane Hisi kimbu vasaku sääre blokaadi leiuga, sest impulss levib parema vatsakese müokardist vasaku suunas.

sega (QRSi kestus ≥ 150 ms ning Hisi kimbu vasaku sääre blokaadi leiuga) ning kodade virvendusarütmiaga patsientidele, kellel vatsakese kiire rütmi kontrollimiseks on plaanis atrioventrikulaarsõlme ablaatsioon (8). BUDAPEST-CRT-uuringu tulemustest lähtuvalt on CRT näidustatud ka sümpto-

matilistel südamepuudulikkuse ning optimaalse medikamentoosse raviga haigetel, kellel esineb sage südame parema vatsakese stimulatsioon (> 20% kompleksidest on stimuleeritud) (9).

Uuringud on näidanud, et CRT taastab remodelleerunud südant, parandab haigete



Joonis 3. Elektrokardiogramm. Rakendatud on resünkroniseerivat ravi (CRT) dilatatiivse kardiomüopaatiaga patsiendil. Toimub üheaegne vasaku ja parema vatsakese elektriline aktivatsioon, EKGs nähtav parema sääre kompleksi meenutav QRS-i-leid.

füüsilist koormustaluvust ning vähendab nii haigestumust kui ka suremust (10). Headest ravitulemustest olenemata on CRT puudusteks suur ravivastuseta patsientide hulk (30–40%) ning vasema vatsakese lisa-elektroodi olemasolu, mille paigaldamine on tehniliselt keerukam ja ajamahukam (11). Lisaks aktiveeritakse CRT korral vatsakeste müokard, mitte erutusjuhte levikuks spetsialiseerunud juhteteed.

SÜDAME JUHTETEED STIMULATSIOON

Füsioloogilist erutusjuhte levikut uurides esitlesid Deshmukh ja kaasautorid 2000. aastal käsikirja, kus kodade virvendusarütmia ning dilatatiivse kardiomüopaatia patsientidel oli rakendatud otsest ning püsivat Hisi kimbu stimulatsiooni (*His bundle pacing* – HBP) (vt joonis 1) (12). Järgnenud uuringute käigus on leitud, et Hisi kimbu stimulatsioon on vähemalt samaväärse ravitoimega võrreldes CRTga (13, 14). Alternatiivse meetodina parema vatsakese stimulatsioonile vähendab HBP kombineeritud ravitulemit (surm, hospitaliseerimine südamepuudulikkuse tõttu, tavastimulaatorile CRT käigus paigaldatava seadme juhtme lisamise vajalikkus) (15).

2021. aastal avaldatud Euroopa Kardioloogide Seltsi südame kardiostimulatsiooni ravijuhend soovitab Hisi kimbu stimulatsiooni haigetel, kellel on CRT näidustus, ent koronaarsünoosist lähtuva elektroodi paigaldamine vasakusse vatsakesse oli ebaedukas (10). Kahetsusväärset ei ole meetod leidnud kliinilises praktikas laialdast kasutust, kuna elektroodi paigaldamine on tehniliselt äärmiselt keeruline. Probleemiks on muutuv stimulatsioonilävi ja oht distaalsema juhteteede blokaadi tekkeks, mis vajab sageli paremasse vatsakesse nn tagavarajuhtme paigaldamist (16). Lisaks sellele ei taga Hisi kimbu stimulatsioon kuni pooltel allasetseva vasaku sääre blokaadiga patsientidel QRS-i-kompleksi normaliseerumist, see tähendab – see ei suuda alati kõrvaldada elektromehaanilist sünkronisatsioonihäiret (17).

Juhteteede aspektist järgnevad Hisi kimbule selle vasak ja parem sääre (vt joonis 1). 2017. aastal kirjeldas Hiina elektrofüsioloog Weijian Huang esimest korda Hisi kimbu vasaku sääre stimulatsiooni (*left bundle branch area pacing* – LBBAP) südamepuudulikkuse ning vasaku sääre blokaadiga patsiendil (18). Seejuures saavutati väga madala stimulatsiooniläve juures (0,5 V / 0,5 ms) hea ühe aasta ravitulemus südame

väljutusfunktsiooni, vasaku vatsakese lõppdiastoolse mõõdu ning südamepuudulikkuse funktsionaalse klassi paranemisega.

LBBAP VERSUS PAREMA VATSAKESE STIMULATSIOON

Võrreldes parema vatsakese stimulatsiooniga lühendab LBBAP QRSi-kompleksi kestust. Kliinilised registriuringud on näidanud, et LBBAP korral on üldsuresus väiksem ning väheneb südamepuudulikkuse tõttu hospitaliseerimise sagedus (19). Kreeka elektrofüsioloogi Leventopouluse ja kaasautorite eestvedamisel koostatud metaanalüüsis, mis hõlmas 4250 patsiendi andmeid, leiti, et võrreldes parema vatsakese stimulatsiooniga langetab LBBAP haigetel üldsuresuse, südamepuudulikkuse ning kodade virvendusarütmia tõttu hospitaliseerimise sagedusnäitajaid (20).

Seniste esmaste tulemuste mõju on märgata ka Euroopa ravipraktikas. Euroopa Südamerütmi Assotsiatsiooni hiljuti avaldatud laiapõhjalise küsitluse alusel eelistavad ligi pooled akadeemilistest keskustest bradükardia ravis juhteteede stimulatsiooni (21). Täieliku atrioventrikulaarblokaadi ja vatsakese säilinud väljutusfraktsiooni korral eelistab ligi kolmveerand vastajatest juhteteede stimulatsiooni, sest eeldatav vatsakese stimulatsiooni vajadus on sage (> 20%) ning parema vatsakese stimulatsiooni korral on oht sünkronisatsioonihäire tekkeks.

LBBAP VERSUS SÜDAME RESÜNKRONISEERIV RAVI

CRT näidustusega haiged sobivad hästi LBBAP rakendamiseks, sest vasaku vatsakese elektromehaaniline aktivatsioon toimub juhteteede kaudu, tagades kitsa QRSi-kompleksi. Vijayaraman kaasautoritega uuris retrospektiivselt 477 CRT näidustusega patsienti, kellest 219 sai CRT ning 258 juhteteede kardiosstimulatsiooni (sealhulgas 87 HBP, 171 LBBAP) (22). Uurijad leidsid, et stimuleeritud QRSi-kompleksi kestus oli oluliselt lühem juhteteede stimulatsiooni korral (133 ± 21 ms vs. 153 ± 24 ms BVP korral; $p < 0,001$). Lisaks eelmainitule tähelepanek, et juhteteede stimulatsiooniga patsientidel vasaku vatsakese süstoolse funktsiooni olulist paranemist ning suremusest ja südamepuudulikkusega hospitaliseerimisest koosneva liittulemi vähenemist.

Vaatlusuuringute positiivseid tulemeid toetavad ka esmased prospektiivsed

uuringud. Nimelt võrreldi LBBP-RESYNC-uringus CRT näidustuse, mitteisheemilise kardiomiopaatia ning vasaku sääre blokaadiga patsientidel LBBAP ning CRT ($n = 20$ grupi kohta) rakendamist, näidates olulist vasaku vatsakese väljutusfraktsiooni paranemist juhteteede stimulatsiooni korral (22). Lisaks on leitud, et LBBAP on seotud protseduuri oluliselt lühema aja ning väiksema kiirguskoormusega võrreldes biventrikulaarse stimulatsiooniga (23). Praeguseks on alanud suuremad juhuslikustatud uuringud, milles võrreldakse LBBAP ja juhteteede kardiosstimulatsiooni nii parema vatsakese kui ka biventrikulaarse kardiosstimulatsiooniga. Siiski, kuniks suuremad prospektiivsed võrdlusuuringud on lõpetamata, soovivad erialaseltid oma ravijuhendites juhteteede stimulatsiooni vaid siis, kui CRT osutub vasakusse vatsakesse juhtme sisestamise raskuste tõttu ebaedukaks.

LBBAP PRAKTIKAS

Hisi kimbu vasaku sääre piirkonna stimulatsiooni korral aktiveeritakse hargnemisele eelnev vasak sääre, millega kaasneb samaaegne aktivatsioon kõigis kolmes sääreharus. Tavaline südamestimulaatori elektrod sisestatakse spetsiaalse juhtekateetri abil vatsakeste vaheseina piirkonda, 10–15 mm Hisi kimbust südame tipu suunas (24). Juhtekateetri sees paiknev elektrod ühendatakse unipolaarse stimulatsiooniga enne elektroodi krüvimist vaheseina. Hea piirkond elektroodi läbistamiseks loob kehapiinna elektrokardiogrammil sageli W-kujulise mustri V1-lülituse QRSi-kompleksist ning lahknevad QRSi teljed II (sageli positiivse või ekvifaasilise telje) ja III (sageli ekvifaasilise või negatiivse telje) lülituses (25). Õige piirkonna lokaliseerimise järel veendutakse, et juhtekateeter on risti vaheseinaga ning algabki selle läbistamine ehk puurimine elektroodiga. Vajaduse korral võib kontrastaine süstimise abil tuvastada vaheseina kulgemise ning veenduda, et juhtekateeter paikneks sellega risti.

Elektroodi sügavuse hindamiseks jälgitakse pidevalt fluoroskoopiat, unipolaarselt QRSi muutumist (vaheseina paremalt poolt vasakule jõudes muutub QRS lamedamaks, ilmub R-sakk V1-lülituses ning väheneb vasaku vatsakese tippaktivatsiooni aeg), elektroodi takistust (esialgne takistus suureneb, seejärel vaheseina vasakule poole jõudes takistus väheneb) ning vasaku

sääre potentsiaalide teket. Kuna LBBAP korral kruvitakse elektrood üsna sügavasse vatsakeste vaheseina, võib kuni 4% juhtudel esineda vatsakeste vaheseina perforatsiooni, mis on üldjuhul ohutu ning mille korral tuleks elektrood repositsioneerida (26). Koronaarveresoonte kahjustus on harv (< 1%) ning üldiselt soodsa kuluga.

Selektiivne ning mitteselektiivne sääre stimulatsioon

LBBAP korral saab eristada selektiivset ning mitteselektiivset sääre stimulatsiooni. Kui selektiivse säärestimulatsiooni korral stimuleeritakse otseselt ainult Hisi kimbu vasakut säärt, on mitteselektiivse säärestimulatsiooni korral otseselt haaratud ka kohalik vaheseina müokard. Kuna Hisi kimbu vasaku sääre stimulatsiooni korral levib impulss otse vasakut säärt pidi müokardini, võib EKG-l täheldada mittetäieliku parema sääre blokaadi pilti (vt joonis 4).

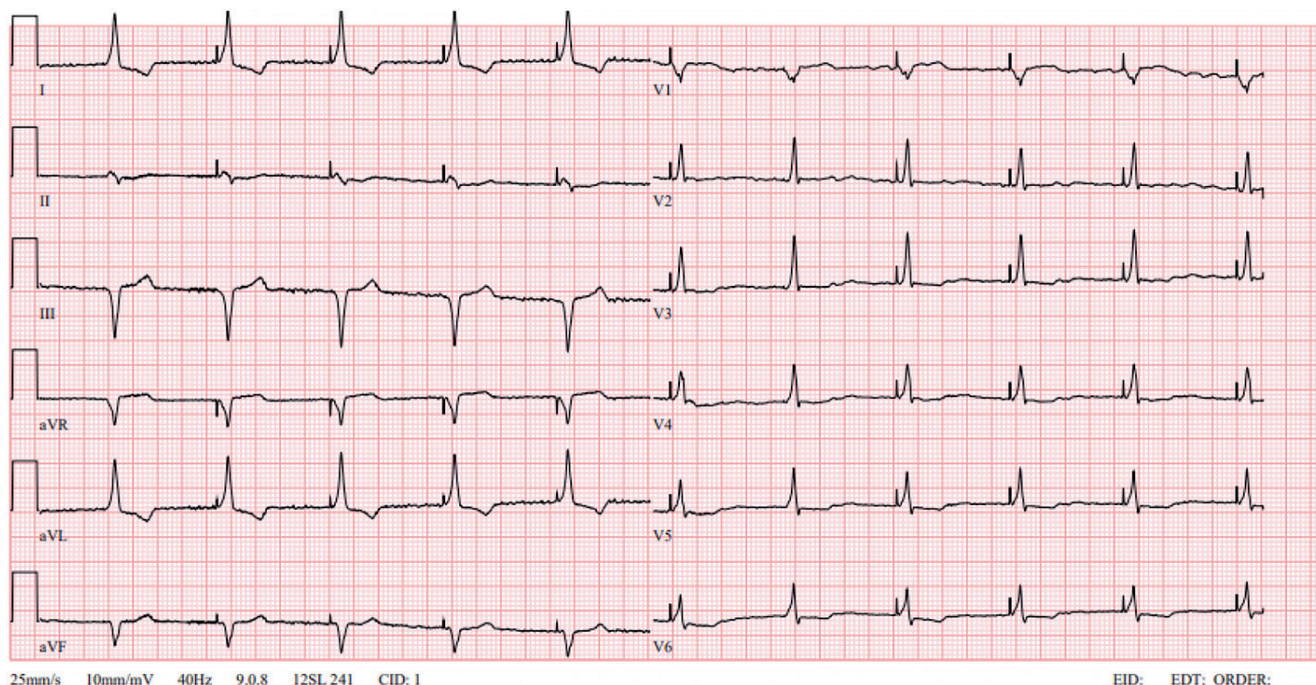
Kolmandikul patsientidest võib juhteteede stimulaatori paigaldamise järel sedastada ka T-saki inversioone anterioorsetes ning inferioorsetes lülitustes, ent kuni 90%-l on tegu nädalaga mööduva muutusega (27). Lisaks on teada, et parema sääre blokaadi EKG kujutisele on omane mõningane QRSi-

kompleksi laienemine, mistõttu võib LBBAP elektrokardiogrammil kahtlustada infarkt-puhuseid ST-segmendi muutusi, mis on tegelikult tingitud spetsiifilisest erutusjuhtivuse kulust vastava meetodi korral ega ole patoloogilised (28). Seetõttu tuleks enne infarkti diagnoosimist alati kontrollida seadme paigaldamise järgset EKGd vastavate muutuste olemasolu suhtes.

EESTI KOGEMUS

Eestis alustasime LBBAPdega 2023. aasta märtsis Helsingi Meilahti Ülikoolihaigla juhtiva elektrofüsioloogi dr Jarkko Karvonen juhendamisel. Artikli kirjutamise ajal oli Põhja-Eesti Regionaalhaiglas ja Tartu Ülikooli Kliinikumis dr Jüri Voitki ja dr Indrek Roose vedamisel paigaldatud üle 300 juhteteede stimulaatori. Selle käigus on see meetodika saanud Eestis igapäevaseks praktikaks. Juhteteede stimulaatori paigaldamisega on alustatud Ida-Viru Keskhaiglas ja Pärnu Haiglas ning 2024. aasta sügisest ka Ida-Tallinna Keskhaiglas.

Eesti praktikas paigaldatakse juhteteede stimulaatorid haigetele, kes ei täida CRT kriteeriume, ent kellel võib eeldada, et tarvis on püsivat vatsakese stimulatsiooni (enamasti totaalse atrioventrikulaarse



Joonis 4. Elektrokardiogramm Hisi kimbu vasaku sääre stimulatsiooni korral pärast seadme paigaldamist. Haigel totaalne atrioventrikulaarne blokaad ning bradüfrequentne kodade virvendusarütmia. Kuna vaja oli püsivat vatsakese stimulatsiooni, eelistati füsioloogilist juhteteede stimulatsiooni parema vatsakese stimulatsioonile.

blokaadiga ja bradüfrequentse kodade virvendusega haiged), ent vajaduse korral ka CRT ebaõnnestumisel. Patsientide paremaks jälgimiseks rakendatakse kaug-kodu-jälgimist, mis võimaldab kohe reageerida võimalikele stimulaatori häiretele.

VÕIMALIKU HUVIKONFLIKTI DEKLARATSIOON

Autoritel puudub artikli sisust lähtuv huvide konflikt.

SUMMARY

Left bundle branch area pacing: a novel method in the treatment of bradycardia

Silver Heinsar^{1,2}, Artjom Briš^{1,2}, Jüri Voitk¹, Priit Kampus^{1,2}

The implantation of pacemakers is an indispensable treatment for patients with bradycardia, with its usage increasing by nearly 20% in member countries of the European Society of Cardiology over the past decade. Traditional right ventricular pacing often leads to electromechanical dyssynchrony, which can contribute to the development and/or exacerbation of heart failure. Left bundle branch area pacing (LBBAP) is a novel treatment option, rapidly gaining popularity worldwide. It aims to provide more physiological cardiac stimulation through the left conduction pathways of the His bundle, with an aim of preventing the progression of heart failure. Although initial clinical studies have confirmed the efficacy and safety of this methodology, larger-scale clinical trials are still ongoing. In Estonia, we commenced LBBAP implantations in March 2023, and within a year, this method has become an integral part of our daily clinical practice.

KIRJANDUS / REFERENCES

- Raatikainen MJP, Arnar DO, Merkely B, et al. A decade of information on the use of cardiac implantable electronic devices and interventional electrophysiological procedures in the European Society of Cardiology Countries: 2017 report from the European Heart Rhythm Association. *EP Europace* 2017;19(suppl_2):ii1-ii90.
- Merchant FM, Mittal S. Pacing-induced cardiomyopathy. *Card Electrophysiol Clin* 2018;10:437-45.
- Cho SW, Gwag HB, Hwang JK, et al. Clinical features, predictors, and long-term prognosis of pacing-induced cardiomyopathy. *Eur J Heart Fail* 2019;21:643-51.
- Lamas GA, Lee KL, Sweeney MO, et al. Ventricular pacing or dual-chamber pacing for sinus-node dysfunction. *N Engl J Med* 2002;346:1854-62.
- Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE, et al. Dual-chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: the Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator (DAVID) Trial. *Jama* 2002;288:3115-23.

- Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, et al. Adverse effect of ventricular pacing on heart failure and atrial fibrillation among patients with normal baseline QRS duration in a clinical trial of pacemaker therapy for sinus node dysfunction. *Circulation* 2003;107:2932-7.
- Slotwiner DJ, Raitt MH, Del-Carpio Munoz F, Mulpuru SK, Nasser N, Peterson PN. Impact of physiologic pacing versus right ventricular pacing among patients with left ventricular ejection fraction greater than 35%: a systematic review for the 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients With Bradycardia and Cardiac Conduction Delay: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:988-1008.
- Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J* 2021;42:3427-520.
- Merkely B, Hatala R, Wrancik JK, et al. Upgrade of right ventricular pacing to cardiac resynchronization therapy in heart failure: a randomized trial. *Eur Heart J* 2023;44:4259-69.
- McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail* 2022;24:4-131.
- Daubert C, Behar N, Martins RP, Mabo P, Leclercq C. Avoiding non-responders to cardiac resynchronization therapy: a practical guide. *Eur Heart J* 2017;38:1463-72.
- Deshmukh P, Casavant DA, Romanyshyn M, Anderson K. Permanent, Direct his-bundle pacing. *Circulation* 2000;101:869-77.
- Upadhyay GA, Vijayaraman P, Nayak HM, et al. On-treatment comparison between corrective His bundle pacing and biventricular pacing for cardiac resynchronization: A secondary analysis of the His-SYNC Pilot Trial. *Heart Rhythm* 2019;16:1797-807.
- Vinther M, Risum N, Svendsen JH, Møgelvang R, Philbert BT. A Randomized trial of his pacing versus biventricular pacing in symptomatic HF patients with left bundle branch block (his-alternative). *JACC Clin Electrophysiol* 2021;7:1422-32.
- Lewis AJM, Foley P, Whinnett Z, Keene D, Chandrasekaran B. His bundle pacing: a new strategy for physiological ventricular activation. *Am Heart Assoc* 2019;8:e010972.
- Sharma PS, Ellenbogen KA, Trohman RG. Permanent his bundle pacing: the past, present, and future. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2017;28:458-65.
- Upadhyay GA, Vijayaraman P, Nayak HM, et al. His corrective pacing or biventricular pacing for cardiac resynchronization in heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:157-9.
- Huang W, Su L, Wu S, Xu L, Xiao F, Zhou X, Ellenbogen KA. A novel pacing strategy with low and stable output: pacing the left bundle branch immediately beyond the conduction block. *Can J Cardiol* 2017;33:1736.e1-e3.
- Sharma PS, Patel NR, Ravi V, et al. Clinical outcomes of left bundle branch area pacing compared to right ventricular pacing: Results from the Geisinger-Rush Conduction System Pacing Registry. *Heart Rhythm* 2022;19:3-11.
- Leventopoulos G, Travlos CK, Aronis KN, et al. Safety and efficacy of left bundle branch area pacing compared with right ventricular pacing in patients with bradyarrhythmia and conduction system disorders: Systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol* 2023;390:131230.
- Kircanski B, Boveda S, Prinzen F, Sorgente A, Anic A, Conte G, Burri H. Conduction system pacing in everyday clinical practice: EHRA physician survey. *Europace* 2023;25:682-7.
- Vijayaraman P, Zalavadia D, Haseeb A, et al. Clinical outcomes of conduction system pacing compared to biventricular pacing in patients requiring cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm* 2022;19:1263-71.
- Zu L, Wang Z, Hang F, et al. Cardiac resynchronization performed by LBBaP-CRT in patients with cardiac insufficiency and left bundle branch block. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2021;26:e12898.
- Huang W, Chen X, Su L, Wu S, Xia X, Vijayaraman P. A beginner's guide to permanent left bundle branch pacing. *Heart Rhythm* 2019;16:1791-6.
- Burri H, Jastrzebski M, Cano Ó, et al. EHRA clinical consensus statement on conduction system pacing implantation: endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRs), Canadian Heart Rhythm Society (CHRS), and Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS). *EP Europace* 2023;25:1208-36.
- Jastrzebski M, Kiełbasa G, Cano O, et al. Left bundle branch area pacing outcomes: the multicentre European MELOS study. *Eur Heart J* 2022;43:4161-73.
- Geng J, Jiang Z, Zhang S, et al. Reversible T-wave inversions during left bundle branch area pacing. *Polish Heart J* 2022;80:1002-9.
- Kazama I, Nakajima T. Apparent ST elevation in right bundle branch block pseudo-mimicking myocardial infarction. *SAGE Open Med Case Rep* 2019;7:2050313X19827748.

¹ Centre of Cardiology, North Estonia Medical Centre, Tallinn, Estonia, ² Heart Clinic, Institute of Clinical Medicine, University of Tartu, Tartu, Estonia

Correspondence to: Silver Heinsar silver.heinsar@regionaalhaigla.ee

Keywords: conduction system pacing, cardiac resynchronization therapy, left bundle branch area pacing, heart failure