Organizarea laboratorului de electrofiziologie

Ștefan Ailoaei[1,2], Daniel Gafițescu[1,2], Liviu Stoica[2], Gabriela Creangă[2], Elena Pârvu[3], Sorin Bălașa[4], Robert Alexandru[5], Mihaela Grecu[1,2]

[1]Departament de Cardiologie, "Prof. Dr. George I. M. Georgescu" [2]Departmentul de Electrofiziologie "Institutul de Boli Cardiovasculare Iași "Prof. Dr. George I. M. Georgescu " [3]Hellimed SRL, [4]Johnson & Johnson Company, [5]Medtronic Company.

Abstract

Electrofiziologia reprezintă unul dintre domeniile cele mai rapid evolutive ale cardiologiei, dedicată diagnosticului și tratamentului aritmiilor cardiace, cuprinzând o gamă largă de proceduri efectuate într-un mediu complex. Un laborator de electrofiziologie intervențională implică achiziția unor sisteme tehnologice moderne și prezența unui personal medical specializat și bine antrenat, alcătuit din cel puțin un electrofiziolog, un tehnician și doi asistenți medicali. Pentru a fi în concordanță cu standardele europene actuale, laboratorul de electrofiziologie trebuie să susțină tot spectrumul de intervenții necesare diagnosticului și tratamentului tulburărilor de ritm cardiac. În acest sens, un sistem performant de fluoroscopie, stimulatoare electrice programabile, precum și sisteme avansate de ablație și de mapping 3D al cavităților cordului sunt necesare pentru efectuarea ablațiilor simple, dar și a celor complexe cum ar fi ablația de fibrilație atrială sau de tahicardie ventriculară. Personalul medical trebuie să aibă competența și cunoștințele necesare în domeniul radiațiilor, întrucât atenția s-a concentrat în ultimii ani atât asupra minimizării dozei de radiații, cât și asupra măsurilor de protecție radiologică din laboratoarele de cardiologie intervențională. Educația medicală continuă reprezintă piatra de temelie într-un domeniu inovativ cu o ascensiune tehnologică atât de abruptă cum este domeniul electrofiziologiei intervenționale. Considerăm că este un moment oportun pentru publicarea unui astfel de document, având în vedere că februarie 2018 s-a lansat oficial, prin ordin ministerial, atestatul de formare în electrofiziologie și stimulare cardiacă în România.

1. Introducere

Electrofiziologia reprezintă unul dintre cele mai rapid evolutive domenii ale cardiologiei, dedicată diagnosticului și tratamentului aritmiilor cardiace, cuprinzând o gamă largă de proceduri efectuate într-un mediu complex. Înțelegerea din ce în ce mai profundă a mecanismelor implicate în tulburările cardiace de ritm și continua dezvoltare a noi tehnologii moderne, au făcut ca studiul electrofiziologic și ablația pe cateter să devină în cazuri special selectate prima linie de diagnostic și tratament [1].

Laboratorul de EP

Laboratorul de electrofiziologie reprezintă un spațiu special destinat efectuării în siguranță a procedurilor invazive și trebuie să îndeplinească standarde predefinite în ceea ce privește suprafața și funcționalitatea acestuia, cu scopul de a îmbunătăți condițiile de muncă. Spațiul alocat laboratorului de electrofiziologie trebuie să fie dinamic, să înlesnească deplasarea personalului în acest mediu, dar în același timp să poată acomoda tot echipamentul. Dimensiunile laboratorului de electrofiziologie ar trebui să fie de minim 33 m^2, ideal fiind 47 m^2. De asemenea, între pereți și marginile mesei pe care stă pacientul ar trebui să existe o distanță liberă de minim 2,43 m. Înălțimea încăperii este dependentă de dimensiunile echipamentului fluoroscopic care poate fi montat atât în podea, cât și în tavan, cea din urmă opțiune permițând o curățare mai eficientă a podelei [2].

Există cerințe speciale în ceea ce privește facilitățile și echipamentul necesare unui laborator de electrofiziologie, precum și nevoia unui personal bine antrenat, capabil să deservească nevoilor tuturor pacienților. Printre facilitățile necesare se regăsește spațiul pentru spitalizarea pacientului, dar și cel dedicat monitorizării ambulatorii. Efectuarea în siguranță a procedurilor invazive presupune existența unui mediu steril în laboratorul de electrofiziologie, asigurat prin o bună circulație a aerului, dar și prin o luminozitate, ventilație și încălzire/răcire adecvată a încăperii [3].

2. Personalul medical

O unitate dedicată tratamentului aritmiilor cardiace implică nu numai echipamente și tehnologii avansate, dar și un personal bine antrenat în acest domeniu care trebuie să includă minim un electrofiziolog, doi asistenți medicali și un tehnician. Astfel, este lesne de intuit că personalul care lucrează în laboratorul de electrofiziologie joacă un rol central în funcționarea corectă a acestuia.

În cele mai multe țări din Europa, electrofiziologia nu este inclusă între modulele obligatorii din cadrul programului de rezidențiat. Tinerii medici care doresc să se formeze în acest domeniu trebuie să se pregătească în centre cu experiență, ideal acreditate european, care efectuează o gamă largă și completă de proceduri atât de ablație, cât și de stimulare cardiacă, pentru a putea obține nivelul de competență necesar [1]. Asistenții medicali care lucrează în laboratorul de electrofiziologie au nevoie de cunoștințe suplimentare în ceea ce privește diagnosticul și tratamentul aritmiilor cardiace. Recunoașterea simptomelor și semnelor clinice ale aritmiilor, a diferitelor complicații ce pot apărea intra- sau postprocedural, dar și managementul prompt al acestora reprezintă elementele cheie, indispensabile atât pentru siguranța pacientului, cât și pentru

o mai bună funcționare a laboratorului de electrofiziologie. De asemenea, există un curriculum special de pregatire în electrofiziologie și cursuri de acreditare dedicate asistenților medicali ce activează în acest domeniu.

Formarea în electrofiziologie

Asociația Europeană de Ritmologie (EHRA) promovează și încearcă să asigure o educație și calificare omogenă între specialiștii din Europa, astfel că a organizat un curriculum de bază pentru specialiștii aritmologi care include următoarele: programa de învățământ pentru electrofiziolog (Syllabus), dezvoltarea unor standarde minime și obiective pentru formarea în electrofiziologie (Curriculum), crearea unui model care să certifice specialiștii din acest domeniu și instituțiile de formare (Acreditarea) și dezvoltarea unui registru pentru specialiștii electrofiziologi europeni, a instituțiilor aferente și a activității lor (Registrele) [4]. Complexitatea mecanismelor aritmiilor și înțelegerea ulterioară a acestora fac ca durata formării în electrofiziologie să fie de minim doi ani, după încheierea rezindențiatului în cardiologia generală.

Pe durata acestor doi ani, medicul stagiar electrofiziolog trebuie să participe în programul de pregătire aritmologică pentru cel puțin 80% din orele de lucru (ambulatoriu 10%, urmărirea device-urilor 10%, implantarea de device-uri 10% și electrofiziologie invazivă 40% din perioada de formare) [5].

Programa (Syllabus) de învățământ pentru specialistul aritmolog este împărțită în două componente. Prima componentă este reprezentată de o programă generală ce cuprinde cunoștinte despre anatomia și fiziologia inimii, epidemiologia, genetica și fiziopatologia tulburărilor de ritm, bolile și sindroamele aritmogenice (ex. cardiopatiile ischemice și non-ischemice, canalopatiile, sindroamele ereditare), dar și despre proceduri și tehnici de diagnostic și tratament al aritmiilor cardiace. A doua componentă a programei cuprinde cunoștințe specifice despre electrofiziologia cardiacă invazivă și despre dispozitivele cardiace implantabile (echipamente, principii, tehnici de implantare/extracție și ablație, complicații). Așadar, scopul curriculumului de bază este acela de a stabili ce cunoștințe trebuie să aibă medicul care se formează în acest domeniu la finalul pregătirii sale [4, 5]. Pe lângă dobândirea cunoștințelor necesare, medicul stagiar electrofiziolog trebuie să îndeplinească criteriul unui număr minim de proceduri invazive și non-invazive efectuate. Procedurile invazive cuprind un minim de 200 de proceduri diagnostice invazive endocavitare (50 ca prim operator), 150 de ablații pe cateter (35 ca prim operator), 10 puncții transseptale (5 ca prim operator), 50 de implantări de pacemaker (30 ca prim operator), 30 de implantări de ICD (15 ca

prim operator) și 20 de implantări de CRT (10 ca prim operator). Este important de precizat că un centru de formare trebuie să efectueze anual minim 250 de proceduri diagnostice invazive, 200 de ablații pe cateter, 200 de implantări/înlocuiri de pacemakere, 50 de implantări/înlocuiri de ICD și 20 de implantări/înlocuiri de CRT [4]. Până în prezent, în România există doar câteva centre care au posibilitatea de a îndeplini aceste condiții, întrucât numărul de electrofiziologi prezenți în centre este încă mic.

Obținerea certificării europene în electrofiziologie

Pentru a obține certificarea europeană în electrofiziologie eliberată de Asociația Europeană de Ritmologie, medicul care dorește să se specializeze în tratamentul aritmiilor cardiace trebuie să susțină un examen de competență ce are loc o dată pe an în timpul congresului EHRA. Acesta constă în două părți. Prima parte, cea teoretică, împărțită la rândul ei în două sesiuni cu durată de trei ore despărțite de o oră pauză și care cuprinde 130 de întrebări cu variante multiple de răspuns, bazate pe analiza unor cazuri clinice practice și de decizie terapeutică (60-80%), restul fiind dedicate întrebărilor pur teoretice. Candidații care obțin punctajul necesar trecerii examenului, primesc un certificat de nivel 1, valabil pentru 10 ani. Reînnoirea ulterioară a certificării presupune a da din nou examenul. A doua parte constă în depunerea unui logbook în primii doi ani de la susținerea examenului scris care trebuie să conțină minim 100 de studii electrofiziologice diagnostice (de sine stătătoare sau pre-ablație) și 100 de ablații pe cateter ca prim operator (minim 50 de ablații simple dintre care maxim 5 modulații de nod atrioventricular, minim 15 și maxim 25 de ablații de tahicardii prin reintrare nodală, minim 15 și maxim 25 ablații de tahicardie prin reintrare atrioventriculară, minim 5 și maxim 10 ablații de tahicardii atriale drepte, minim 10 și maxim 25 ablații de fluttere atriale tipice, minim 5 și maxim 10 ablații de tahicardii ventriculare de tract de ejecție ventricul drept și 50 de ablații complexe dintre care minim 30 să fie ablații de fibrilație atrială). Cazurile trebuie să fie colectate pe perioada a doi ani consecutivi [4, 6].

În România există 8 medici acreditați european, dintr-un total de 594 de medici acreditați în toată Europa.

Obținerea certificării naționale în electrofiziologie

În februarie 2018 s-a lansat oficial prin ordin ministerial atestatul de formare în electrofiziologie și stimulare cardiacă în România, deschizând perspectiva acreditării naționale a tinerilor cardiologi care doresc să se dedice domeniului electrofiziologiei. Programele de formare

EP și CP tinerii specialiști cardiologi vor fi lansate, în centrele prevăzute în curicula aprobată de minister, începând cu anul universitar 2018-2019.

În ciuda acestui proces anevoios și a drumului greu și lung de parcurs pentru a ajunge în fața primelor trepte ale carierei ca electrofiziolog, chiar și după obținerea unui atestat național/european de liberă practică, permanenta educație medicală rămâne piatra de temelie în continuarea acestei profesii. Întrucât electrofiziologia reprezintă o subspecialitate care se află într-o continuă și extrem de rapidă dezvoltare, programe educaționale periodice sunt imperios necesare pentru menținerea unui nivel de competență ridicat, în concordanță cu standardele internaționale [1].

Menținerea competenței în electrofiziologie

Educația medicală continuă (EMC) în toate subspecialitățile cardiologiei este esențială, întrucât cunoștințele și abilitățile necesare în aceste domenii se află într-o continuă dezvoltare. Menținerea standardelor se face prin învățare și practică continuă, deoarece modificări importante pot surveni oricând în practica clinică. Astfel, este necesară participarea anuală la minim două seminarii de pregătire și conferințe internaționale de specialitate. Practica medicală continuă presupune minim 16 ore de lucru săptămânal în domeniul electrofiziologiei, iar educația medicală continuă este definită de acumularea a 200 de credite EMC într-o perioadă de 5 ani în acest domeniu. Așadar, acreditarea ca medic electrofiziolog are un termen de valabilitate de 10 ani, după această perioadă fiind necesar un nou proces de reacreditare și recertificare. Reacreditarea presupune prezentarea și validarea dovezii educației medicale continue și a practicii clinice continue în această supraspecializare [4].

3. Echipament

Cerințele standard ale unui laborator de EP includ un sistem fluoroscopic performant ("state-of-art fluoroscopy"), stimulatoare electrice programabile, sisteme de afișare integrată a datelor, sisteme de mapping 3D necesare pentru rezolvarea aritmiilor complexe cum ar fi ablația de fibrilație atrială sau de tahicardie ventriculară, dar și sisteme de ablație și catetere de ablație cu diferite curbe, menite să se muleze pe anatomia fiecărui pacient în parte. Există mai multe sisteme de înregistrare atât a electrocardiogramei de suprafață, cât și a electrogramelor intracardiace, în funcție de prețul de achiziție, de calitatea semnalelor oferite și de costurile de întreținere. Cerințele minime ale unui sistem de monitorizare trebuie să includă electrocardiograma de suprafață în 12 derivații și electrograma intracardiacă, ideal minim 24 de canale, iar pentru laboratoarele avansate

cum sunt cele în care se efectuează ablații complexe există sisteme cu până la 64-128 de canale intracardiace. Electrofiziologul reprezintă factorul decisiv în alegerea unui sistem de lucru, întrucât trebuie să fie familiarizat cu acel sistem și cu ultimele software-uri de lucru [1, 7].

Sistemele electroanatomice de mapping 3D pentru reconstrucția în timp real a anatomiei inimii fiecărui pacient în parte sunt necesare mai ales pentru realizarea ablațiilor complexe, cum ar fi izolarea de vene pulmonare, ablația substratului atrial sau ventricular. Există trei sisteme de mapping disponibile pe piață, inclusv în România: CARTO 3D - Biosense Webster Inc., Ensite NavX - St. Jude Medical Inc și Rhythmia HDx™ - Boston Scientific Corporation. Sistemul CARTO 3D, cel mai folosit, se bazează pe obținerea poziției virtuale a cateterului utilizând un câmp magnetic static, pe când sistemul Ensite NavX depinde de măsurarea constantă a impendanțelor. Sistemele de navigație robotică precum cel magnetic (Stereotaxis™) și cel electromecanic (Sensei™; Hansen Medical) facilitează mappingul și ablația aritmiilor complexe, ambele oferind avantajul de a putea manipula cateterele din interiorul unei camere de control, reducând astfel substanțial expunerea personalului la radiații [8, 9].

Multe dintre laboratoarele care efectuează proceduri complexe de ablație dispun de sisteme digitale fluoroscopice cu capacități avansate de imagistică precum angiografie rotațională, imagistică CT rotațională și modalități de integrare ale imaginilor 3D computertomografice, respectiv IRM. Imaginile reconstruite 3D pe baza CT-ului, respectiv IRM-ului cardiac pot ghida electrofiziologul în ceea ce privește navigarea cateterului și tehnica de ablație, așa cum este în cazul procedurilor de ablație de fibrilație atrială sau tahicardie ventriculară când o imaginea preprocedurală 3D a cavității de interes se poate dovedi extrem de utilă, mai ales când există particularități anatomice prezente de la naștere (atriului stâng și/sau a venelor pulmonare) sau dobândite (dilatare anevrismală ventriculară) [10, 11].

Stimulatoarele electrice programabile reprezintă piatra de temelie în efectuarea unui studiu electrofiziologic, acestea având între două și patru canale de ieșire individual programabile pentru a putea ajusta amplitudinea și durata stimulului. Efectuarea protocoalelor de burst pacing și de introducere de extrastimuli cuplați la diferite lungimi de ciclu reprezintă standard-ul în laboratorul de electrofiziologie, aceștia putând demasca mecanismul unei aritmii, distingerea între diferite potențiale intracardiace, sau pur și simplu pentru a măsura perioadele refractare ale unor structuri [7].

Pentru a putea efectua o procedură de ablație pe cateter, un laborator de electrofiziologie trebuie să dispună și de un sistem performant de ablație. Acesta constă în generatoare, cabluri și catetere conectate la o sursă de energie sub forma ablației prin radiofrecvență, crioablația, ablația prin ultrasunete sau ablația laser. Cele mai folosite surse pe scară largă sunt ablația prin radiofrecvență și crioablația. De-a lungul anilor, ablația prin radiofrecvență s-a dovedit a fi cea mai eficientă și sigură metodă terapeutică pentru tratamentul unei game foarte largi de aritmii cardiace. Cu toate acestea, selecția unei anumite tehnici de ablație depinde de preferința operatorului, de particularitățile anatomice ale pacientului și nu în ultimul rând, de ținta ablației [12, 13].

Radiațiile

Domeniul electrofiziologiei cardiace intervenționale este dependent de imaginile obținute prin fluoroscopie pentru a poziționa catetere/electrozi în interiorul cordului, expunerea personalului medical și a pacientului la radiații fiind aproape inevitabilă. Astfel, măsurile de protecție și de minimizare a dozei de iradiere au devenit priorități în laboratoarele de cardiologie intervențională, iar personalul medical trebuie să aibă permis de lucru în domeniul radiațiilor [7].

Parametrii cei mai importanți înregistrați de către echipamentul fluoroscopic sunt reprezentați de timpul de fluoroscopie, doza de radiație (exprimată în Gy) care măsoară efectele deterministice ale injuriei potențiale și produsul dintre doza de radiații și suprafața iradiată ($cGy \cdot cm^2$) care măsoară efectele stocastice ale injuriei potențiale. Efectele deterministice se referă la reacțiile tisulare determinate de o doză prag de radiații absorbită (ex. arsura pielii), pe când efectele stocastice includ procesele maligne de proliferare datorate alterării ADN-ului și nu sunt determinate în mod direct de doza de radiații, însă o doză mai mare crește probabilitatea efectelor adverse. Important de reținut este că efectele stocastice ale expunerii repetate la radiații sunt cumulative, iar medicul care expune pacientul la fluoroscopie trebuie să ia în calcul antecedentele iradiante ale pacientului [14,15,16].

Este intuitiv faptul că pentru a minimiza expunerea la radiații a pacienților trebuie să reducem cât mai mult posibil doza de radiații. Cei mai eficienți factori care contribuie la reducerea expunerii la radiații sunt reprezentați de minimizarea timpului de fluoroscopie și de scăderea numărului de cadre înregistrate pe secundă (în defavoarea rezoluției temporale a imaginii).

În ceea ce privește reducerea expunerii la radiații a operatorului și a staff-ului medical din laboratorul de electrofiziologie, principalele măsuri de aplicat sunt creșterea distanței de la sursa de radiații, minimizarea radiațiilor dispersate și limitarea dozei utilizate. În acest sens, un ecran de

masă este imperios necesar pentru a reduce radical radiațiile dispersate în mediu. De asemenea, creșterea distanței de la sursa de radiații reduce considerabil doza, întrucât aceasta scade cu pătratul distanței de la sursă [17, 18].

Pregătirea preprocedurală

Pregătirea preprocedurală a pacientului trebuie efectuată de personal medical special calificat, întrucât, înregistrarea corectă a electrocardiogramei de suprafață, poziționarea corectă a tuturor patch-urilor 3D, administrarea medicației necesare, monitorizarea atentă a parametrilor vitali ai pacientului și nu în ultimul rând, obișnuința de a manipula sistemele tehnice în ceea ce privește partea de hardware, dar și cea de software, reprezintă abilitățile necesare, fără de care laboratorul nu poate funcționa [1, 7]. Majoritatea studiilor electrofiziologice se realizează după oprirea medicației antiaritmice. Procedurile care privesc cavitățile cardiace stângi se realizează sub tratament anticoagulant oral și/sau intravenos intraprocedural.

Urmărirea postprocedurală

După procedurile complexe de ablație și cele de implantare de device-uri, pacienții trebuie atent monitorizați electrocardiografic și hemodinamic într-o unitate de recuperare sau de terapie intensivă, după caz. În acest sens, defibrilatoare cardiace externe, pacemakere, dar și ecografia cardiacă transtoracică trebuie să fie disponibile în orice moment. Ecocardiografia imediată, cât și la o zi postprocedural este efectuată la toți pacienții pentru a exclude prezența revărsatului lichidian pericardic. De asemenea, pacienții care au beneficiat de implantarea unui device cardiac efectuează de rutină o radiografie toracică în vederea excluderii pneumotoraxului și a evaluării poziției electrozilor. În cazurile în care se suspectează hematom la locul punctiei, pseudo-anevrisme, sau fistule arterio-venoase, se efectuează ecografie de părți moi. Nu în ultimul rând, este important de precizat că o strânsă colaborare dintre un centru de electrofiziologie de mare volum și o unitate de chirurgie cardiacă reprezintă o treaptă esențială care oferă un backup în cazul urgențelor cardiovasculare [1, 7].

Ambulatorul de electrofiziologie

Ambulatorul de electrofiziologie este format din două componente: o unitate designată tahiaritmiilor cardiace și alta pentru bradiaritmii și implantare de pacemakere. În majoritatea cazurilor, pacienții sunt direcționați către centrul de electrofiziologie de către medicii practicieni din teritoriu, însă există cazuri când aceștia vin pe cont propriu, fiind evaluați pe baza simptomelor și a electrocardiogramei care documentează aritmia, atunci când aceasta există.

Consultul aritmologic presupune explicarea opțiunilor de tratament, inclusiv de tratament intervențional atunci când pacientul are indicație. O parte integrală a consultului include și prezentarea timpului de spitalizare, a riscurilor pe care procedura le implică, dar și a ratei de succes conform experienței proprii a electrofiziologului. Electrocardiograma, ecocardiografia, monitorizarea Holter, precum și testul de efort la cicloergometru sunt puse imediat la dispoziția pacientului. Computer tomografia cardiacă, angiografia coronariană și explorarea prin rezonanță magnetică nucleară ar trebui să fie disponibile în cazuri selectate.

Toți pacienții programați pentru o procedură de ablație sau de implantare de pacemaker sunt consultați în ambulator cu cel puțin o zi înaintea internării, iar consimțîmântul informat este obținut înaintea fiecărei proceduri. De obicei, marea majoritate a pacienților pot fi externați a doua zi postprocedural, aceștia primind o scrisoare cu intervenția efectuată, protocolul operator utilizat, recomandările medicului și o dată de programare în vederea următoarei consultații.

O altă componentă esențială a programului de electrofiziologie este reprezentată de urmărirea postprocedurală a tuturor pacienților pentru a evalua starea curentă, analiza ritmului cardiac, interogarea device-ului sau pentru a discuta eventuale alte opțiuni de tratament. Așadar, spitalele care oferă posibilitatea de monitorizare a pacientului în ambulator au avantajul de a putea urmări pacientul pe termen lung, îmbunatățind astfel calitatea serviciului medical oferit. Noile tehnologii de telemonitorizare câștigă din ce în ce mai mult teren, oferind posibilitatea transmiterii imediate a datelor înregistrate, iar în cazul apariției unui eveniment aritmic amenințător de viață, medicul de gardă din acel moment poate gestiona cazul într-un timp foarte scurt, crescând astfel șansele de supraviețuire ale pacientului. De asemenea, vizitele regulate la doctor ar putea să nu mai fie necesare la pacienții fără evenimente aritmice înregistrate, sau, dimpotrivă, ar putea fi aranjate în mod prompt la pacienții cu simptome și evenimente aritmice acute [1].

Bibliografie

1. Kuck, K., Wissner, E. and Metzner, A. (2012). How to Establish an Arrhythmia Unit in the 21st Century. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 65(1), pp.92-96.
2. Facilities Guidelines Institute. Guidelines for design and construction of health care facilities. http://www.fgiguidelines.org/. Published January 1, 2014.
3. Zipes, D., Calkins, H., Daubert, J., Ellenbogen, K., Field, M., Fisher, J., Fogel, R., Frankel, D., Gupta, A., Indik, J., Kusumoto, F., Lindsay, B., Marine, J., Mehta, L., Mendes, L.,

Miller, J., Munger, T., Sauer, W., Shen, W., Stevenson, W., Su, W., Tracy, C. and Tsiperfal, A. (2015). 2015 ACC/AHA/HRS Advanced Training Statement on Clinical Cardiac Electrophysiology (A Revision of the ACC/AHA 2006 Update of the Clinical Competence Statement on Invasive Electrophysiology Studies, Catheter Ablation, and Cardioversion). *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, p.HAE.0000000000000014

4. Merino JL, Arribas F, Botto GL, Huikuri H, Kraemer LI, Linde C, et al. 2005-2007 Accreditation Committee of the European Heart Rhythm Association. Core curriculum for the heart rhythm specialist. *Europace.* 2009;11(Suppl 3):iii1-iii26.
5. Kearney P, Oktay Ergene A, Escaned J, Flachskmpf F, Griebenow R, Kristesen S et al. Education Committee of the European Society of Cardiology. Core Curriculum for the General Cardiologist. Nice, France: European Society of Cardiology; 2006.
6. Escardio.org. (2018). *Invasive Cardiac Electrophysiology Certification*. [online] Available at: https://www.escardio.org/Education/Career-Development/Certification/Invasive-cardiac-electrophysiology.
7. Haines, D., Beheiry, S., Akar, J., Baker, J., Beinborn, D., Beshai, J., Brysiewicz, N., Chiu-Man, C., Collins, K., Dare, M., Fetterly, K., Fisher, J., Hongo, R., Irefin, S., Lopez, J., Miller, J., Perry, J., Slotwiner, D., Tomassoni, G. and Weiss, E. (2014). Heart Rhythm Society Expert Consensus Statement on Electrophysiology Laboratory Standards: Process, Protocols, Equipment, Personnel, and Safety. *Heart Rhythm*, 11(8), pp.e9-e51.
8. Chun KR, Wissner E, Koektuerk B, Konstantinidou M, Schmidt B, Zerm T, et al. Remote-controlled magnetic pulmonary vein isolation using a new irrigated-tip catheter in patients with atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2010;3:458-64.
9. Schmidt B, Tilz RR, Neven K, Julian Chun KR, Fürnkranz A, Ouyang F. Remote robotic navigation and electroanatomical mapping for ablation of atrial fibrillation: considerations for navigation and impact on procedural outcome. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2009;2:120-8.
10. Gupta S, Desjardins B, Baman T, Ilg K, Good E, Crawford T, Oral H, Pelosi F, Chugh A, Morady F, Bogun F, Delayed-enhanced MR. scar imaging and intraprocedural registration into an electroanatomical mapping system in post- infarction patients. JACC Cardiovasc Imaging 2012;5(2):207–210.

11. Haqqani HM, Tschabrunn CM, Tzou WS, et al. Isolated septal substrate for ventricular tachycardia in nonischemic dilated cardiomyopathy: incidence, characterization, and implications. Heart Rhythm 2011;8(8):1169–1176.
12. Scheinman M, Calkins H, Gillette P, Klein R, Lerman BB, Morady F, Saksena S, Waldo A. NASPE policy statement on catheter ablation: personnel, policy, procedures, and therapeutic recommendations. Pacing Clin Electrophysiol 2003;26(3):789–799.
13. Chanani NK, Chiesa NA, Dubin AM, Avasarala K, Van Hare GF, Collins KK. Cryoablation for atrioventricular nodal reentrant tachycardia in young patients: predictors of recurrence. Pacing Clin Electrophysiol 2008;31(9):1152–1159.
14. Vano E, Rosenstein M, Liniecki J, Rehani MM, Martin CJ, Vetter RJ. ICRP Publication 113. Education and training in radiological protection for diagnostic and interventional procedures. Ann ICRP 2009;39(5):7–68.
15. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovas- cular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. Circulation 2009;119(7):1056–1065.
16. Glazier JJ, Dixon SR. Skin injury following prolonged fluoroscopy: early and late appearances. QJM 2012;105(6):571–573.
17. Hirshfeld JW Jr, Balter S, Brinker JA, et al. ACCF/AHA/HRS/SCAI clinical competence statement on physician knowledge to optimize patient safety and image quality in fluoroscopically guided invasive cardiovascular procedures. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Compe- tence and Training. J Am Coll Cardiol 2004;44(11):2259–2282.
18. Einstein AJ, Moser KW, Thompson RC, et al. Radiation dose to patients from cardiac diagnostic imaging. Circulation 2007;116(11):1290–1305.