
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Performanța unui ecograf portabil în educația și practica medicală

Doctorand: **Mariam HAJI-HASSAN**

Conducător de doctorat: **Prof. Dr. Sorana D. BOLBOACĂ**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT

INTRODUCERE	1
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	3
1. Utilizarea ecografelor portabile ca metodă diagnostică	5
1.1. Avantaje și dezavantaje	5
1.2. Utilizări ale ecografelor portabile	6
1.2.1. Ecografia abdominală	6
1.2.2. Ecocardiografia și ecografia vasculară	8
1.2.3. Ecografia pulmonară	11
1.2.4. Ecografia musculoscheletală	12
1.2.5. Utilizarea ecografelor portabile în evaluarea pacienților pediatrici	13
2. Ecografii portabile în învățământul medical	14
2.1. Utilizarea ecografiei pentru învățarea anatomiei	15
2.2. Ecografia în curricula universitară	17
2.3. Programe post-universitare	18
2.4. Dezvoltarea aptitudinilor motorii în necesare în examinarea ecografică	19
CONTRIBUȚIA PERSONALĂ	21
3. Scop și obiective	23
4. Studiu 1. Rolul ecografelor ultraportabile în evaluarea patologiei pulmonare: o sinteză sistematică	25
4.1. Introducere	25
4.2. Material și metodă	26
4.2.1. Strategia de căutare	26
4.2.2. Criterii de includere și excludere studiilor	26
4.2.3. Colectarea datelor	27
4.2.4. Evaluarea calității	27
4.2.5. Analiza datelor	27
4.3. Rezultate	27
4.4. Discuții	31
4.4.1. Principalele constatări	31
4.2. Ecografia pulmonară cu ecografe convenționale în sintezele sistematice	34
4.3. Avantaje ale ecografelor ultraportabile pentru examinarea pulmonară	34
4.4. Progresul tehnologic în ecografia pulmonară	35
4.5. Dezavantaje ale ecografelor ultraportabile	35
4.6. Limitele studiului	35
4.5. Concluzii	36
5. Utilizarea unui ecograf ultraportabil în predarea anatomiei: studiu pilot	37
5.1. Introducere	37
5.2. Material și metodă	38
5.3. Considerații etice	38
5.4. Recrutarea participanților și intervenția educațională	38

5.4.1. Evaluarea cunoștințelor și colectarea datelor	38
5.4.2. Analiza statistică	40
5.5. Rezultate	40
5.6. Discuții	44
5.7. Concluzii	46
6. Evaluarea exploratorie a fiabilității măsurătorilor cardiace realizate cu un ecograf ultraportabil	47
6.1. Introducere	47
6.2. Material și metode	50
6.2.1. Designul studiului	50
6.2.2. Examinarea ecocardiografică	50
6.2.3. Analiza statistică	51
6.3. Rezultate	52
6.3.1. Caracteristicile pacienților	52
6.3.2. Măsurători ale structurilor cardiovasculare	52
6.3.3. Stenoză și insuficiență valvulară	55
6.3.4. Aspecte ecografice identificate cu ecograful ultraportabil	57
6.4. Discuții	61
6.5. Concluzii	64
7. Discuții generale	65
8. Concluzii generale	71
9. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei	73
REFERINȚE	75

INTRODUCERE

Teza și-a propus să evalueze rolul ecografelor portabile atât în practica clinică curentă, cât și în educația medicală. Am definit ecograful portabil ca fiind dispozitivul ecografic de dimensiuni mici, de buzunar, cu greutate sub 500 g. O dată cu miniaturizarea ecografelor și apariția dispozitivelor "de buzunar", au apărut într-un timp relativ scurt numeroase companii care produc acest tip de dispozitive. Datorită numărului în creștere al acestora în ultimii ani, performanțele ecografelor portabile în raport cu ecografele convenționale necesită evaluare sistematică. În literatura medicală, ecografele portabile au fost utilizate de către echipele medicale la primul contact cu pacientul, în zonele izolate, unde accesul la aparatura medicală de ultimă generație este limitat, în caz de dezastre naturale sau în medicina militară, dar și în educația medicală. De asemenea, dispozitivele ecografice portabile pot fi utilizate pentru consultații la domiciliu în cazul pacienților cu mobilitate redusă.

Este esențial să se cunoască fiabilitatea măsurătorilor și diagnosticelor stabilite cu ecografele portabile, dar și limitele acestora, pentru a evita riscul unui diagnostic inexact sau incomplet, care să pună în pericol sănătatea pacienților. Până de curând, ecografele portabile funcționau doar în modurile bidimensional și Doppler color, Doppler-ul spectral (pulsat și continuu) fiind indisponibil. Astfel, imposibilitatea de a diagnostica valvulopatiile a dus inițial la utilizării limitată a ecografelor portabile în cazul bolilor cardiovasculare. Din acest motiv, primul ecograf cu adevărat portabil care a avut Doppler spectral (Echonus, Kosmos Torso-One) a fost utilizat în această lucrare, performanța lui fiind comparată cu cea a unui ecograf convențional (Philips).

În educația medicală, trebuie ținut cont atât de posibilitățile financiare ale studenților, cât și de faptul ca o imagine ecografică de calitate scăzută devine o problemă mai ales în cazul unui utilizator fără experiență. Pentru a evalua rolul ecografelor portabile în educația medicală, a fost utilizat un alt ecograf portabil, Butterfly iQ (produs de Butterfly, inc.). Am utilizat acest ecograf deoarece este cel mai ieftin ecograf portabil produs până în acest moment. Mai mult, tehnologia utilizată de Butterfly iQ înlocuiește cristalele piezoelectrice (elementul cel mai costisitor al ecografelor convenționale), care emit ultrasunete cu o frecvență prestabilită, cu microcip-uri de silicon. Acestea emit ultrasunete cu o gama largă de frecvențe, în funcție de presetarea aleasă (cord, abdomen, vascular, părți moi, plămân, ochi, etc.). Astfel, o singură sondă este suficientă pentru examinarea întregului corp, făcând dispozitivul mai potrivit pentru utilizarea în educația medicală. Spre deosebire de cristalele piezoelectrice, în conformitate cu legea lui Moore, tehnologia microcip-urilor de silicon beneficiază de o dezvoltare accelerată. În acest studiu, studenții au participat voluntar la un program de instruire privind identificarea structurilor anatomice pe imaginile ecografice cardiace achiziționate cu ecograful Butterfly iQ, progresul lor fiind evaluat înainte și după parcurgerea programului de instruire.

Cercetarea de față s-a desfășurat în plină pandemie COVID-19, motiv pentru care primul studiu efectuat a fost o sinteză sistematică ce a vizat rolul ecografelor portabile în evaluarea patologiei pulmonare. Au fost luate în considerare mai multe aspecte, printre care posibilitatea dezinfectării mai ușoare a dispozitivelor portabile, efectuarea examinării la patul bolnavului, relativa simplitate de ordin tehnic, având în vedere necesitatea măsurătorilor în cazul ecografiei pulmonare. Ecografia pulmonară poate fi efectuată cu orice ecograf portabil, necesitând doar modul bidimensional. În această lucrare, s-a evaluat rolul ecografelor portabile în identificarea leziunilor pulmonare și stabilirea diagnosticului, comparativ cu alte metode imagistice utilizate în practica curentă.

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

Scopul general al lucrării a fost de a evalua rolul ecografelor portabile atât în educația, cât și în practica medicală.

Studiu 1. Rolul ecografelor ultraportabile în evaluarea patologiei pulmonare: o sinteză sistematică

Scop: Realizarea unei sinteze sistematice a literaturii de specialitate cu privire la performanța examinării ultrasonografice (US) cu ecografe portabile (de buzunar, ultraportabile) ca metodă de diagnostic pentru patologia pulmonară periferică.

Obiectiv: Să evaluăm performanța diagnostică a ecografiei pulmonare realizată cu ecografe portabile în raport cu alte metode de examinare, fiind luate în discuție individual examenul obiectiv, ecografia cu un ecograf convențional, radiografia pulmonară și/sau examinarea CT (computer tomografică).

Metode: Am efectuat o căutare sistematică a literaturii medicale, comparând acuratețea diagnostică a ecografelor cu adevărat portabile cu cea a ecografelor convenționale de ultimă generație, cu radiografia toracică, tomografia computerizată toracică sau examenul obiectiv, pentru a diagnostica leziunile pulmonare periferice. Căutarea s-a efectuat în bazele de date bibliografice ScienceDirect, PubMed și PubMed Central, într-un interval de timp de 15 ani.

Rezultate: Strategia de căutare aplicată a redat 439 de studii după eliminarea duplicatelor; 34 au fost selectate pentru analizarea textului integral, iar 15 articole au îndeplinit toate criteriile de includere și fac parte din sinteza sistematică. Când se compară ecografia pulmonară care utilizează dispozitive portabile cu radiografia toracică, valorile predictive negative au fost peste 90%, în timp ce valorile predictive pozitive au avut tendința să fie mai mici (de la 35% la 75,8%). Ecografele portabile au atins o corelație de 0,99, în comparație cu ecografele convenționale, cu o eroare sistematică Bland-Altman aproape de zero.

Concluzii: Valorile predictive pozitive reduse obținute la compararea ecografiei cu dispozitive portabile cu radiografia toracică au fost interpretate ca datorându-se cel mai

probabil sensibilității crescute a ecografiei pentru evaluarea patologiei pulmonare periferice (peripleurale). Ecografia, atât cea cu ecograf portabil, cât și cea cu ecograf convențional, pare să poată detecta colecții pleurale în cantități mai reduse decât radiografia toracică. În cazul leziunilor pulmonare periferice, examinarea ecografică cu dispozitive portabile poate fi utilizată cu succes ca alternativă pentru examinările radiografice repetate. Având în vedere evoluția centripetă la nivel pulmonar a leziunilor specifice infecției COVID-19, care apar inițial peripleural, ecografia pulmonară poate fi utilizată pentru monitorizarea evoluției afectării parenchimatose. Dimensiunea redusă a echipamentelor portabile face mai ușoară dezinfectarea lor, iar capacitatea efectuării examinărilor repetate non-iradiante la patul bolnavului (fără scoaterea acestuia din salon) contribuie la reducerea contaminării.

Acest studiu a fost publicat în 2021 în revista *Diagnostics*¹.

Studiul 2: Utilizarea unui ecograf ultraportabil în predarea anatomiei: studiu pilot

Scop: Evaluarea progresului studenților în interpretarea imaginilor anatomice ecocardiografice achiziționate cu un ecograf portabil și reținerea pe termen lung a informațiilor.

Obiective: Obiectivul principal a fost să cuantificăm îmbunătățirea capacității studenților de a recunoaște structuri anatomice cardiovasculare pe imaginile ecografice în urma unui program de instruire cu durată scurtă. Obiectivele secundare au fost să comparăm această evoluție cu progresul obținut pentru imaginile de disecție și să urmărim regresul cunoștințelor în timp, atât pentru evaluarea imaginilor ecografice, cât și a celor de disecție.

Metodă: Studenții din anul I la medicină au fost invitați să participe voluntar la patru prelegeri online a câte două ore pe parcursul unei săptămâni. Studenții au fost instruiți să recunoască structurile anatomice cardiovasculare pe imaginile ecografice și cadaverice în timpul intervenției. Abilitățile participanților de a identifica structuri anatomice specifice au fost testate înainte, imediat după și șase luni după antrenament. Un grup de studenți din anul II fără pregătire în ecografie a participat ca grup de control și au completat același test o singură dată.

Rezultate: Nouăzeci și unu de studenți din primul an au fost de acord să participe și patruzeci și nouă au finalizat toate cele trei teste. Performanțele în identificarea corectă a structurilor cardiovasculare pe imaginile ecografice s-au îmbunătățit semnificativ după instruire, dar au scăzut semnificativ după șase luni. În grupul de intervenție, identificarea precisă a structurilor cardiovasculare a fost semnificativ mai bună pe imaginile cadaverice (80% vs. 53%, valoare $p < 0,0001$, $n = 91$ post-program de instruire; 70% vs. 33%, valoare $p < 0,0001$, $n = 49$ la 6 luni după cursurile de instruire). Procentul răspunsurilor corecte în grupul de control a variat de la 6,7% la 66,7% pentru anatomia cardiovasculară ecografică, fără o

¹ Haji-Hassan M, Lenghel LM, Bolboacă SD. [Hand-Held Ultrasound of the Lung: A Systematic Review](#). *Diagnostics* 2021;11(8):1381. doi: 10.3390/diagnostics11081381

diferență semnificativă față de grupul de intervenție anterior programului de instruire (valoarea $p = 0,7651$).

Concluzii: Progresul cunoștințelor studenților din primul an despre anatomia ecografică a inimii nu a atins nivelul atins pe imaginile de disecție, astfel încât identificarea structurilor anatomice pe imagini ecografice nu a fost la fel de eficientă ca cea pe imaginile de disecție. Recunoașterea structurilor anatomice cardiace pe imagini ecografice se îmbunătățește semnificativ după o pregătire scurtă, dar scade în timp, arătând lipsa reținerii informațiilor pe termen lung și necesitatea instruirii continue. Abilitățile de identificare a structurilor anatomice cardiace scad în timp și scăderea este mai accentuată pe imaginile ecografice decât pe imaginile de disecție, subliniind nevoia de formare continuă în ecografie pentru a asigura competențele așteptate. Progrese semnificative pot fi obținute chiar și atunci când este utilizat un ecograf ieftin și care are o sondă care să vizualizeze întregul corp.

Acest studiu a fost publicat în 2022 în revista *International Journal of Environmental Research and Public Health* ².

Studiul 3: Evaluarea exploratorie a fiabilității măsurătorilor cardiace realizate cu un ecograf ultraportabil

Scop: Determinarea fiabilității măsurătorilor structurilor cardiace efectuate cu un ecograf portabil de un rezident cardiolog în comparație cu cele efectuate cu un ecograf clasic de către un examinator cu experiență.

Obiective: Obiectivul principal al studiului a fost de a evalua dacă măsurătorile structurilor cardiovasculare efectuate de un rezident de cardiologie cu un dispozitiv ultraportabil (Kosmos Torso-One) ating performanțele raportate de un examinator cu experiență care a folosit un ecograf clasic de ultimă generație. Obiectivul secundar a fost de a evalua concordanța între un rezident cardiolog și un medic primar cardiolog în ceea ce privește diagnosticul patologiei valvelor aortică, mitrală și tricuspida.

Metodă: Pacienții trimiși pentru examinare cardiologică într-un singur centru terțiar din iunie până în august 2022 au fost eligibili pentru studiu. Pacienții care au acceptat să participe au fost supuși la două examinări ecocardiografice realizate de aceiași doi operatori. Un rezident cardiolog a efectuat examinările cu un ecograf portabil, iar un examinator cu experiență a efectuat examinările ecografice cu un ecograf convențional.

Rezultate: Patruzeci și trei de pacienți consecutivi au fost eligibili și patruzeci și doi au fost incluși în studiu. Un pacient obez a fost exclus deoarece nu s-au putut obține imagini interpretabile cu niciunul dintre aparate. Măsurătorile obținute cu ecograful portabil au fost în general mai mari decât cele obținute cu ecograful convențional, cu cea mai mare diferență

² Haji-Hassan M, Călinici T, Drugan T, Bolboacă SD. [Effectiveness of Ultrasound Cardiovascular Images in Teaching Anatomy: A Pilot Study of an Eight-Hour Training Exposure](#). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022;19(5):3033. doi:10.3390/ijerph19053033

medie de 0,4 mm, dar fără a atinge pragul de semnificație statistică (toate intervalele de încredere de 95% ale diferențelor conțin valoarea 0). Pentru patologia valvulară, cea mai scăzută concordanță a fost observată în cazul insuficienței valvei mitrale (26/42, cu un coeficient de concordanță Kappa de 0,5321), care a fost omisă de examinarea cu ecograf portabil la aproape jumătate dintre pacienții cu regurgitare ușoară și subestimată la jumătate dintre pacienții cu insuficiență mitrală moderată.

Concluzii: Măsurătorile structurilor cardiovasculare efectuate de un rezident cardiolog cu un dispozitiv Kosmos Torso-One au arătat concordanță ridicată cu ecograful convențional de ultimă generație utilizat de un examinator cu experiență. Curba de învățare ar putea explica performanța limitată în identificarea patologiilor valvulare decât rezident cu dispozitivul Kosmos Torso-One. Încorporarea algoritmilor în asistarea măsurătorilor și identificarea constatărilor patologice ar putea face examinările ecocardiografice mai puțin dependente de operator și ar putea ajuta examinatorii mai puțin experimentați în practica zilnică pentru a asigura triajul și/sau diagnosticul pacientului în timp util și cu acuratețe ridicată.

Acest studiu a fost publicat în 2023 în revista *Diagnostics*³.

Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

Sinteza sistematică a fost realizată pentru a evalua rolul diagnostic al ecografiei pulmonare realizată cu ecografe ultraportabile și este prima cercetare de acest fel publicată în literatura de specialitate. Având în vedere debutul pandemiei la momentul publicării acestei lucrări, nu au fost disponibile studii care să vizeze direct infecția cu SARS-COV-2, în schimb au fost vizate leziunile pulmonare care pot fi evidențiate ecografic și care sunt comune atât infecției COVID-19 cât și altor boli pulmonare. Au fost incluse studii care evaluau rolul ecografiei pulmonare cu ecografe ultraportabile pentru evidențierea leziunilor pulmonare de tipul consolidărilor, leziunilor interstițiale, colecțiilor pleurale. Toate studiile incluse au comparat examinarea cu ecograf portabil cu o altă modalitate diagnostică: examen obiectiv, ecografie convențională, radiografie pulmonară, sau CT toracic.

Studiul realizat pe studenți ai Facultății de Medicină, Programul de Studiu Medicină, Universitatea de Medicină și Farmacie a utilizat un ecograf portabil cu caracteristici considerate de noi esențiale pentru a-l face accesibil pe scară largă studenților la medicină: cel mai scăzut preț de pe piață, introducerea conceptului de *“whole-body ultrasound”*, adică scanarea întregului corp utilizând o singură sondă care utilizează ultrasunete emise de cip-uri de silicon (*ultrasound-on-a-chip*). Această sondă este unică prin faptul că poate atinge frecvențe suficient

³ Haji-Hassan M, Duțu B, Bolboacă SD. [Handheld Echocardiography Measurements Concordance and Findings Agreement: An Exploratory Study](#). *Diagnostics* 2023;13(5):853. doi:10.3390/diagnostics13050853

de crescute pentru a permite vizualizarea structurilor superficiale (glob ocular sau tiroidă) și suficient de scăzute pentru a realiza ecografiile ale structurilor profunde (ecografia șoldului, ecografie abdominală), putând fi utilizat de studenți în cadrul tuturor stagiilor clinice. Studiul a demonstrat utilitatea ecografului ultraportabil pentru a obține progrese într-un timp scurt în identificarea structurilor anatomice cardiovasculare. Pe de altă parte, a demonstrat și anumite dificultăți pe care le au studenții în identificarea acestor structuri și necesitatea formării continue pentru reținerea pe termen lung a informațiilor. Din cunoștințele noastre este primul studiu realizat în România în care studenții din anul 1 au interacțiune cu imaginea ecografică în paralel cu imaginea de disecție.

Ecograful Kosmos Torso-One (Echonus) este unul dintre cele mai recent apărute ecografe ultraportabile și este primul care dispune de Doppler spectral (pulsat și continuu). Astfel, este singurul dispozitiv de acest tip care poate fi utilizat pentru evaluarea cantitativă a valvulopatiilor și a funcției diastolice a ventriculului stâng.