

REZUMAT

asupra tezei de doctorat cu titlul

CONTRIBUȚII PRIVIND IMPLEMENTAREA UNOR TEHNICI NONINVAZIVE AVANSATE DE INVESTIGAȚIE A DEFORMAȚIILOR DE COLOANĂ VERTEBRALĂ

elaborate de dna ing. Alis GUGOAȘĂ GĂRĂIMAN

sub conducerea științifică a dlui prof. dr ing. Ioan NICOARĂ

Prezenta teză consideră oportună susținerea unei metode total **neinvazivă** de imagistică medicală, metodă capabilă să furnizeze practic un complex de rezultate, față de care să nu mai fie necesare alte investigații suplimentare.

Obiectul investigației este reprezentat de deformațiile de coloană vertebrală. Studiile prezente asupra acestor grupuri de maladii ale sistemului osos a avut în vedere incidența ridicată în rândul populației, posibilitatea aducerii unor contribuții la prevenirea sau depistarea precoce a simptomelor specifice, privind creșterea globală a nivelului de sănătate în special a populației tinere, precum și diminuare a costurilor sociale și economice semnificative în cazul acestui grup de maladii.

În zilele noastre, cei mai mulți indivizi prezintă în forme mai ușoare sau mai severe deformații de coloană, cum ar fi scolioza, lordoza, cifoza sau combinații ale acestora. Aceste deformații diminuează capacitatea fizică și intelectuală de efort, precum și senzația de confort la nivel individual. Deformațiile severe determină distorsiuni majore ale toraxului și prejudiciază procesul respirator.

Investigarea coloanei vertebrale se face, în mod tradițional, prin radiografie în radiație X. Metode noi, cum ar fi scanarea tomografică sau RMN, topografia Moire și maparea ultrasonică, au intrat în uz doar în ultimii ani. Cu excepția ultimei metode menționate, toate celelalte sunt invazive și furnizează imagini 2D, cu caracter calitativ. Este de subliniat faptul că

informația cantitativă este total absentă. Natura și severitatea deformației sunt apreciate de către medic exclusiv pe baza abilității și experienței acestuia.

La nivel mondial, tendința prezentă este aceea de înlocuire a metodelor clasice invazive cu metode neconvenționale, **noninvazive**, care utilizează camere CCD, ultrasunete sau surse laser.

Lucrarea de doctorat cuprinde 7 capitole.

În capitolul 1 - *Elemente de anatomie și patologie a coloanei vertebrale* - se prezintă o sinteză privind anatomia coloanei vertebrale, cu detalii referitoare la elementele componente ale acesteia, respectiv cu definirea posturii normale și a tipurilor de deformații posibile.

Primele paragrafe ilustrează părțile componente și aspectul normal al coloanei vertebrale cu curburile sale fiziologice, respectiv procesul fiziologic de rotație vertebrală. A doua secțiune a capitolului prezintă tipurile de deformații ale coloanei vertebrale. Datele statistice indică incidența cea mai ridicată pentru scolioză. Sunt redată și discutate elemente de etiologie, simptomatologie, taxonomie pe diverse criterii, diagnosticare prin examen clinic și paraclinic și profilaxie, respectiv tratament. Rezultă o serie de observații rezumative importante, și anume:

- ❑ scoliozele nestructurale (atitudinile scoliotice) nu sunt evolutive și dispar odată cu înlăturarea sau corectarea cauzei care le-a produs
- ❑ scoliozele din perioada creșterii, indiferent de etiologie, sunt cu atât mai grave cu cât vârsta de debut este mai mică. Odată încheiată osificarea scheletului încetează și evoluția scoliozei
- ❑ la femei, scoliozele structurale se pot accentua în perioada de sarcină, alăptare și menopauză, în urma unor eforturi profesionale (insuficiență musculoligamentară) sau în urma degenerescentei discale.

Materialul cuprins în acest capitol evidențiază importanța depistării precoce a deformațiilor de coloană în scopul prevenirii sau/și al tratării din timp prin terapie, pentru a evita stadiul în care sunt necesare intervențiile chirurgicale corectoare. Se fac referiri la combaterea prin terapie igienodietetică a factorilor de risc și de agravare a scoliozelor, atât la copii cât și la persoanele de vârstă medie.

Capitolul 2 - *Echipamente de diagnosticare a deformațiilor de coloană* - prezintă descriptiv și analitic metodele și echipamentele existente la ora actuală în vederea diagnosticării deformațiilor de coloana vertebrală. Se au în vedere atât echipamentele clasice utilizând metode invazive de diagnosticare, cât și echipamentele de ultimă generație care utilizează metode noninvazive, pe baza scanării optice sau utilizării ultrasunetelor.

Principalele aparate considerate ca fiind relevante pentru examenul paraclinic al deformațiilor de coloană sunt:

- ❑ aparatul Roentgen, care utilizează radiațiile X, realizează o imagine 2D prin expunerea pacientului într-un mediu nociv și furnizează informații calitative
- ❑ computer tomografele cu raze Roentgen, ultrasunete și cu rezonanță magnetică nucleară. Acestea realizează vizualizarea unei imaginii 2D tot de factură calitativă, prezintă grade variabile de risc, sunt scumpe și necesită un timp relativ îndelungat de interacțiune cu pacientul
- ❑ echipamentul Zebris, reprezentativ pentru categoria de echipamente care utilizează ultrasunetele și metoda triangulației pentru a furniza, prin prelucrare cu ajutorul calculatorului, un raport grafic și date numerice referitoare la formă, postură și mobilitate a coloanei vertebrale
- ❑ echipamentul InSpeck care are la bază scanarea optică, utilizează camere digitale, care, în timp scurt, cu costuri minime, cu caracter noncontact și total noninvaziv realizează reconstrucția 3D a formei corpului uman.

Analiza unui tabel sintetic privind caracteristicile și performanțele aparatelor de mai sus conduce la următoarele observații:

- ❑ examenul paraclinic al coloanei vertebrale este cu atât mai relevant cu cât aparatul de investigare este orientat prin proiectare spre obținerea unei imagini și a unor parametri numerici specifici coloanei vertebrale. Astfel, deși aparatul Roentgen este foarte răspândit în rețeaua medicală și are utilizare foarte frecventă, nefiind dedicat investigării unui anumit tip de țesut, rezultatele pe care le furnizează au un caracter limitat, preponderent calitativ. Pentru o evaluare mai exactă a unei stări patologice, examenul radiologic este urmat de alte tipuri de investigații, în general, cu un aparat din grupa computerelor tomografe
- ❑ pe măsură ce ingineria medicală a evoluat, aparatele au fost proiectate pentru domenii tot mai înguste de investigare. În detrimentul generalității, s-a urmat criteriul cantității și calității informației furnizate de aparat. În acest sens, echipamentul InSpeck este relevant ilustrativ. Concepția sistemului pornește de la scopul unic de investigare cât mai detaliată a coloanei vertebrale. Din acest motiv prezenta cercetare are la bază utilizarea acestui echipament
- ❑ prezentarea aparatelor în tabelul 2.3 respectă și un criteriu cronologic. Enumerarea aparatelor de investigare pornește de la aparatul Roentgen (care are cea mai îndelungată vechime în uz, ca principiu de imagistică) și evoluează până la sistemul InSpeck, aflat încă în fază experimentală de

cercetare. Se observă că evoluția în timp a condus la specializare, calitate și precizie a informației și, mai ales la satisfacerea cerinței de caracter noninvaziv și noncontact. Și din aceste puncte de vedere, sistemul InSpeck este preferabil tuturor celorlalte aparate.

În capitolul 3 - *Metode de reconstrucție și prelucrare a imaginii* – este prezentată o sinteză a metodelor de reconstrucție și prelucrare a imaginilor digitale. Metodele de preluare a imaginii au la bază impulsuri de radiofrecvență care generează semnale, prelucrate matematic cu ajutorul transformatei Fourier. Metodele de reconstrucție au la bază reprezentarea matematică prin proiecții cu ajutorul transformatei Fourier sau Radon.

Majoritatea metodelor de reconstrucție au ca ieșire fie structuri de date primare de tipul imagini profunzime (sau aglomerare de puncte), fie voxeli. Aceste structuri de stocare a obiectelor pot fi transformate în alte structuri de stocare precum rețele de poligoane sau suprafețe parametrice.

Se poate concluziona ca structurile de date primare sunt generate folosind diverse echipamente de achiziție, în timp ce structurile de date complexe sunt obținute pornind de la structuri primare sau sunt create folosind aplicații de proiectare asistată de calculator.

Pe parcursul capitolelor următoare se vor utiliza metodele de reprezentare și modificare descrise mai sus, pentru prelucrarea obiectelor tridimensionale (vertebre, coloana vertebrală).

În capitolul 4 – *Soluții de configurare și utilizare a echipamentului InSpeck în aplicații de imagistică medicală a coloanei vertebrale* – se prezintă o soluție de configurare a echipamentului InSpeck în scopul preluării imaginilor utile în investigarea deformațiilor de coloană vertebrală. Camerele de scanare optică a obiectelor plasate într-o scenă bine delimitată sunt furnizate de liderul mondial InSpeck, o firmă canadiană specializată în digitizoare de măsurare prin scanare optică 3D prin tehnologii non-laser.

Configurația cu trei camere, denumită Halfbody, poate preleva și reconstrui 3D imaginea unei jumătăți a corpului uman. Cu ajutorul facilităților de montaj s-a realizat un sistem capabil să asigure vizualizarea torsului uman, considerat suficient pentru investigarea coloanei vertebrale. Sunt descrise performanțele tehnice ale camerelor de scanare, modul de amplasare a acestora în scopul alinierii optice și delimitării unui spațiu care să asigure cuprinderea completă a scenei scanate, în limita de profunzime a obiectivelor camerelor.

Modul de operare al prelevării coordonatelor este reprezentat printr-un set de 27 de puncte, care include puncte caracteristice pentru 21 de vertebre, omoplați, umeri și șolduri. Pentru evidențierea acestor puncte s-a propus

utilizarea unor markeri speciali, aplicați de către un cadru medical pe suprafața spatelui pacientului investigat.

Etapele de preluare a imaginii, reconstrucția 3D a formei obiectului de pe scena scanată, identificarea punctelor de interes pe această formă, prelevarea coordonatelor 3D a acestor puncte și stocarea datelor numerice obținute sunt redată pe scurt. Toate aceste etape sunt asigurate de operarea pe soft-urile accesorii echipamentului, FAPS și EM.

Pentru realizarea aplicației medicale, și anume determinarea unui set de parametri numerici de caracterizare a coloanei vertebrale în scopul depistării și evaluării cantitative a deformațiilor de coloană s-au conceput două programe originale, scrise în MS Visual Basic, compatibile cu posibilitățile de export al datelor din FAPS/EM.

Sunt prezentate de calcul a 16 parametri numerici de caracterizare a posturii sau deformațiilor permanente de coloană.

Programul *INBIRE*, este descris detaliat ca o aplicație complexă, cu interfață prietenoasă și cu facilități grafice și numerice multiple. În completarea acestui program, pentru investigarea complementară a deformațiilor severe însoțite de rotații patologice permanente ale vertebrelor, a fost concepută o aplicație soft specială.

Prezentul capitol ilustrează ideea că tehnologia avansată poate fi implementată în medicină prin aportul cercetării în domeniul ingineriei, în beneficiul pacientului și al calității actului medical în sine. Echipamentul de digitizare prin scanare optică 3D, creat fără destinație specială, dar cu diverse posibilități de utilizare, a fost configurat pentru crearea unui post de investigare a coloanei vertebrale și a fost dotat cu soft-uri specializate, care furnizează informații calitative și cantitative, în număr mai mare și cu precizie mai ridicată decât cele obținute prin utilizarea oricăruia dintre celelalte echipamente descrise în capitolele anterioare.

Capitolul 5 – *Modelarea 3D a coloanei vertebrale* – debutează cu o sinteză a principalelor modalități de reprezentare, modificare și stocare a imaginii utilizând aplicații în spațiul tridimensional. De asemenea, conține o prezentare amplă a modalității de realizare a unui model 3D al coloanei vertebrale a pacientului și a unui model de coloană vertebrală normală cu ajutorul aplicației 3dsMax 7.

S-au utilizat coordonatele vertebrelor, prelevate cu echipamentul InSpeck și s-a realizat modelarea acestora. A rezultat un model 3D al coloanei vertebrale standard (pentru pacient sănătos) cât și modele ale coloanei vertebrale personalizate (a pacienților investigați).

Având în vedere faptul că modelele sunt digitale, rezultă că pot fi stocate și utilizate în crearea unei baze de date grafice complementare celei numerice, utile în urmărirea evoluției pacienților.

Capitolul 6 – *Determinări experimentale* – prezintă un studiu clinic realizat pe un lot de 22 de pacienți, elevi, de ambele sexe, cu vârsta cuprinsă între 8 și 10 ani. Lotul de subiecți a fost investigat cu echipamentul InSpeck și a rezultat un set de date primare, conținând coordonatele 3D ale apofizelor vertebrale, umerilor, omoplaților și șoldurilor. Au fost prezentate rezultatele sub forma numerică și grafică, printabilă. Programul experimental, care poate fi privit totodată ca un studiu medical, a validat proiectului teoretic de configurare a sistemului bazat pe scanare optică, precum și funcționalitatea tuturor secvențelor soft originale, dedicate examenului paraclinic al coloanei vertebrale. Informația bogată în parametri numerici și ilustrare grafică a permis o caracterizare completă a pacienților și o diagnosticare exactă privind prezența/absența deformațiilor, natura și severitatea acestora.

În capitolul 7 – Concluzii finale și contribuții personale – sunt prezentate succint realizările de cercetare din lucrare, precum și principalele contribuții teoretice și aplicative ale tezei.

Timișoara,

15.06.2010

ing. Alis Gugoasă Garaiman

Universitatea “Politehnica” din Timișoara