

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ
DEPARTAMENTUL DE MECATRONICĂ

ing. Alis GUGOAȘĂ GARAIMAN

TEZĂ DE DOCTORAT

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

Conducător științific:

prof. dr. ing. Ioan NICOARĂ

2010

CUPRINS

OPORTUNITATEA ȘI OBIECTIVELE TEZEI.....	5
1. ELEMENTE DE ANATOMIE ȘI PATOLOGIE A COLOANEI VERTEBRALE.....	14
1.1. INTRODUCERE ÎN ANATOMIA COLOANEI VERTEBRALE.....	14
1.2. TIPURI DE DEFORMAȚII. SCOLIOZA.....	17
1.2.1. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al funcționării:.....	18
1.2.1.1. Scolioze nestructurale.....	18
1.2.1.2. Scolioze structurale sau osoase.....	18
1.2.2. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al curburii.....	21
1.2.3. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al echilibrului.....	22
1.2.4. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al gravitației.....	22
1.3. TERMINOLOGIE.....	22
1.4. ETIOPATOGENIA SCOLIOZELOR.....	24
1.4.1. Etiopatologia scoliozelor nestructurale.....	24
1.4.2. Etiopatologia scoliozelelor structurale.....	24
1.5. DIAGNOSTICUL SCOLIOZEI.....	25
1.5.1. Examenul clinic.....	25
1.5.2. Investigații paraclinice.....	26
1.5.2.1. Examenul radiologic.....	26
1.5.2.2. Rezonanța magnetică nucleară.....	27
1.5.2.3. Computerul tomograf.....	28
1.5.2.4. Topografia Moiré.....	28
1.5.2.5. Rasterstereografia computerizată.....	29
1.5.2.6. Digitizorul Microscribe 3D.....	30
1.6. TRATAMENTUL SCOLIOZEI.....	30
1.6.1. Profilactic.....	30
1.6.2. Igieno-dietetic.....	30
1.6.3. Medicamentos.....	30
1.6.4. Ortopedic.....	31
1.6.5. Chirurgical.....	32
1.6.6. Recuperarea medicală.....	32
1.7. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE.....	32
2. ECHIPAMENTE DE DIAGNOSTICARE A DEFORMAȚIILOR DE COLOANĂ.....	34
2.1. ECHIPAMENTE DE RADIOGRAFIERE.....	34
2.1.1. Bazele teoretice ale radiografierii.....	34
2.1.2. Aparatul Roentgen.....	35

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

2.2. ECHIPAMENTE DE DIAGNOSTIC PRIN TOMOGRAFIE COMPUTERIZATĂ.....	36
2.2.1. Clasificarea tehnicilor și echipamentelor de tomografie computerizată.....	36
2.2.2. Tomografia Roentgen computerizată.....	39
2.2.3. Tomografia computerizată prin rezonanță magnetică nucleară	40
2.2.3.1 Principiile obținerii imaginilor prin RMN	41
2.2.3.2. Echipamentul tomografului cu Rezonanță Magnetică Nucleară	44
2.2.4. Tomografia computerizată cu ultrasunete	48
2.2.4.1. Funcțiile și caracteristicile subsansamblurilor componente	48
2.2.4.2. Modulile fundamentale de reprezentare a informației vizuale ultrasonore	50
2.3. ECHIPAMENTUL DE INVESTIGAȚIE CU ULTRASUNETE ZEBRIS	52
2.3.1. Măsurări ale parametrilor posturali ai coloanei vertebrale	54
2.3.2. Măsurări ale mobilității coloanei vertebrale.....	56
2.4. ECHIPAMENTUL DE INVESTIGAȚIE CU SCANARE OPTICĂ 3D INSPECK.....	57
2.5. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	61
3. METODE DE RECONSTRUCȚIE ȘI PRELUCRARE A IMAGINILOR.....	65
3.1. INTRODUCERE	65
3.2. METODE DE RECONSTRUCȚIE A IMAGINII	65
3.2.1. Reconstrucția din proiecții	65
3.2.2. Principiul transformatei Radon.....	66
3.2.3. Metoda convoluției	67
3.2.4. Metoda transformatei Fourier (TF).....	67
3.2.5. Metode algebrice	69
3.2.6. Reconstrucția obiectelor în mișcare pe baza paradigmei conexiunilor.....	70
3.3. METODE DE PRELUCRARE A IMAGINII.....	73
3.4. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	76
4. SOLUȚII DE CONFIGURARE ȘI UTILIZARE A ECHIPAMENTULUI INSPEK ÎN APLICAȚII DE IMAGISTICĂ MEDICALĂ A COLOANEI VERTEBRALE.....	78
4.1. CONFIGURAȚIA ECHIPAMENTULUI INSPECK ÎN SCOPUL APLICAȚIEI DE IMAGISTICĂ MEDICALĂ.....	78
4.1.1. Elemente de principiu privind prelevarea datelor numerice necesare descrierii coloanei vertebrale	82
4.1.2. Achiziționarea imaginilor.....	83
4.1.3. Prelucrarea primară a imaginilor și obținerea coordonatelor spațiale ale punctelor marcate pe coloana vertebrală.....	84
4.2. PROCESAREA AUTOMATĂ A DATELOR PRELEVATE CU ECHIPAMENTUL INSPECK	86
4.2.1. Parametri geometrice de evaluare a coloanei vertebrale, pe baza datelor furnizate de echipamentul InSpeck	86
4.2.1.1. Parametri măsurați în plan sagital (zy)	88
4.2.1.2. Parametri măsurați în plan frontal (xy).....	89
4.2.1.3. Parametri măsurați în plan transversal (xz).....	91
4.3. SOFTWARE DE PRELUCRARE AVANSATĂ A DATELOR ACHIZIȚIONATE CU ECHIPAMENTUL INSPECK	93

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

4.4. DETERMINAREA UNGHIIULUI DE ROTIRE RELATIVĂ A VERTEBRELOR UTILIZÂND MARCHERI CU GEOMETRIE COMPLEXĂ	104
4.4. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	112
5. MODELAREA 3D A COLOANEI VERTEBRALE.....	115
5.1. NOȚIUNI GENERALE DE PROIECTARE TRIDIMENSIONALĂ	115
5.1.2. <i>Reprezentarea imaginilor 3D a suprafețelor și volumelor</i>	116
5.1.3. <i>Modificări ale geometriei obiectelor 3D</i>	117
5.1.4. <i>Stocarea și reprezentarea imaginilor tridimensionale</i>	119
5.2. MODELAREA 3D A COLOANEI VERTEBRALE CU AJUTORUL PARAMETRILOR GENERAȚI DE ECHIPAMENTUL INSPEK.....	123
5.2.1. <i>Proiectarea vertebrelor, coloanei vertebrale model (standard)</i>	123
5.2.2. <i>Proiectarea coloanei vertebrale personalizate a pacientului</i>	132
5.3. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	140
6. DETERMINĂRI EXPERIMENTALE	141
6.1. INTRODUCERE	141
6.2. DESCRIEREA LOTULUI DE PACIENȚI ȘI SCOPUL STUDIULUI.....	141
6.3. EFECTUAREA MĂSURĂRILOR ȘI PRELUCRAREA DATELOR	142
6.4. REZULTATELE STUDIULUI CLINIC	142
6.5. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	149
7. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	151
ANEXA 1	157
ANEXA 2	178
BIBLIOGRAFIE.....	203

OPORTUNITATEA ȘI OBIECTIVELE TEZEI

În contextul actual, al unor progrese tehnice substanțiale și cu potențial de implementare pe o arie largă de domenii, o dezvoltare continuă și semnificativă în efecte, înregistrează metodele și echipamentele de investigare medicală.

Procedurile actuale de diagnosticare sunt, în mare măsură invazive, și oferă informații specifice, cu caracter limitat. Pentru completarea tabloului necesar stabilirii unui diagnostic, în general, este necesară coroborarea rezultatelor obținute prin investigații bazate pe mai multe metode, vizând sisteme, organe sau țesuturi sugerate prin analiza simptomatologiei pacientului.

Tendința actuală urmărește implementarea unor metode cât mai puțin invazive și cu potențial informațional cât mai larg. Se poate observa o evoluție cu un oarecare decalaj în timp, a bazei teoretice pentru metode noi de investigare și a echipamentelor funcționale în cabinetele medicale.

În prezent, metodele de investigare noninvazive sau cu grad scăzut de risc pentru pacient, se practică pe scară relativ largă. Este necesară creșterea calitativă, atât în privința metodei în sine, cât și a echipamentului care aplică metoda, în scopul obținerii unor rezultate cu grad de certitudine ridicat, pe o arie cât mai largă de parametri.

Efortul de perfecționare a unor metode și echipamente existente, precum și descoperirea și implementarea unor tehnici noi, poate fi încununat de succes numai printr-o foarte largă colaborare transdisciplinară, care include științe ingineresti și medicale.

Prin prezenta teză se 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 prejudicază procesul respirator.

Deformațiile de coloană sunt clasificate de Organizația Mondială a Sănătății (World Health Organization - WHO) ca boli. WHO and DIMDI (German Institute of Documentation and Information) au elaborat un catalog complet al maladiilor, ajuns la a 10 – a revizuire și cunoscut ca International Classification of Diseases (ICD-10). Potrivit acestei clasificări la nivel mondial, deformațiile de coloană se regăsesc, în principal în capitolul XIII (Boli ale sistemului musculoscheletal și ale țesuturilor de susținere). Diversele tipuri de deformații spinale au atribuite coduri, după cum urmează:

- ❑ ICD-10-M 41.* Scolioza (M41.1...M41.9), Q 67.5, Q 76.3, I 27.1, M 96.
- ❑ ICD-10-M 40.* Cifoza și lordoza (M 40.0...M40.5), Q.76.4, M 96.[***].

Deformațiile de coloană se manifestă cel mai frecvent la populația de vârstă școlară, datorită posturii incorecte sau/și mobilierului neergonomic. Mai rar apar la populația adultă, cu precădere la segmentele cu activități sedentare, având ocupații specifice, cum ar fi profesori, cercetători, proiectanți, bibliotecari, funcționari, operatori IT etc. La populația vârstnică, deformațiile sunt severe și ireversibile. Există o serie largă de statistici care descriu incidența (numărul cazurilor înregistrate într-o perioadă de timp la nivelul unei populații) sau/și prevalența (numărul cazurilor manifeste la un moment dat într-o colectivitate) acestor boli, în diverse locuri din lume și luând în considerare o mulțime de criterii cum ar fi vârsta, sexul, profesia, standardul de viață etc. [M3], [B2], [D1]. Studiile subliniază în mod foarte detaliat importanța identificării precoce a deformațiilor de coloană, datorită prognosticului rezervat și costurilor foarte ridicate ale tratamentului.[***]. Cele mai multe date sunt disponibile pentru țări bogate, ca Statele Unite și țările din vestul Europei.

La fel ca în cazul celor mai multe boli, și pentru deformațiile de coloană depistarea precoce este crucială pentru vindecare. Depistarea presupune investigații de masă, organizate la nivelul instituțiilor de sănătate publică și cu caracter obligatoriu, așa cum se întâmplă în țările cu standarde economice avansate.

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 [B2], [L1], [H1], [O1], [Z1], [F2], [M2]. Toate aceste metode sunt asistate de calculator, atât pentru prelevare, cât și pentru stocare și procesare a datelor măsurate. Metodele de investigare asistate de calculator, în general, furnizează nu numai imagini, ci și o serie de parametri numerici (unghiuri sau distanțe), care să caracterizeze în manieră obiectivă caracteristicile geometrice obiective ale coloanei vertebrale.

Totuși, până în prezent, sistemele bazate pe ultrasunete sau prelevare optică de imagine sunt capabile să pună la dispoziția medicului o gamă redusă de parametri numerici [F1].

Având în vedere cele de mai sus și apelând la coroborarea unei palete largi de discipline, printre care ingineria optică și mecanică, medicina și informatica, prezenta teză își propune să dezvolte o metodă total noninvazivă de imagistică [C4],[H2],[M2], [V3], bazată pe prelevare digitală a imaginii 3D, cu furnizare a unei serii complete de parametri cantitativi, destinată investigării coloanei vertebrale.

Concret teza își formulează următoarele obiective:

- *Elaborarea unei metode de reconstrucție 3D a formei torsului uman prin configurarea unui sistem bazat pe scanarea optică și prelevarea digitală a imaginii*
- *Identificarea unor posibilități practice de prelevare a coordonatelor vertebrelor pe imaginea 3D reconstruită*
- *Stabilirea algoritmilor de calcul ai unui set complet de parametri de evaluare a*

deformațiilor de coloană

- ❑ *Realizarea unei aplicații soft originale, destinate creerii unei baze de date conținând fișele pacienților, stocării datelor numerice brute, calculului parametrilor specifici coloanei vertebrale, prezentării rezultatelor grafice și numerice*
- ❑ *Elaborarea unui model grafic 3D al coloanei vertebrale standard, pe baza datelor statistice de manual, cu posibilitatea personalizării modelului în funcție de pacient, în scopul vizualizării deformației și urmării evoluției acesteia*
- ❑ *Realizarea unui program experimental, asimilat unui studiu clinic bazat pe datele obținute prin investigarea unui lot de pacienți, prin metoda și cu aplicația soft elaborată.*

Obiectivele propuse au condus la structurarea lucrării într-un număr de 7 capitole al căror conținut este prezentat în continuare.

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 degenerescenței 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 igieno-dietetică 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 imagini 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 pricipiu 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 marcheri 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 redade 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.

Adresez cele mai alese sentimente de recunoștință și mulțumiri domnului prof.dr.ing.Ioan Nicoară, conducătorul științific al acestei lucrări, pentru îndrumarea constantă, competența și încurajarea permanentă care au făcut posibilă finalizarea acestei teze.

Deosebite mulțumiri se cuvin adresate doamnei conf. dr. ing. Corina Gruescu pentru materialul documentar pus la dispoziție, pentru ajutorul competent și susținerea constantă pe parcursul elaborării acestui material.

De asemenea, doresc să mulțumesc directorului Departamentului de Mecatronică și totodată managerului proiectului CEEX88, domnul conf. dr. ing. Erwin Christian Lovasz, care, cu amabilitate, mi-a pus la dispoziție Laboratorul de măsurări biometrice, dotat cu echipamentul InSpeck, echipament de înaltă tehnicitate, a cărei existență a condiționat în mare măsură realizarea obiectivelor tezei.

1. ELEMENTE DE ANATOMIE ȘI PATOLOGIE A COLOANEI VERTEBRALE

1.1. Introducere în anatomia coloanei vertebrale

Coloana vertebrală reprezintă un organ axial complex, destinat inserției tuturor părților componente ale corpului, precum și protejării măduvei spinării - segment de importanță majoră al sistemului nervos central. Coloana conține 344 de suprafețe articulare, 24 de discuri intervertebrale, 363 de ligamente, 750 de mușchi cu 730 de puncte de inserție. În figura 1.1.[N1] este redat aspectul normal al coloanei vertebrale.

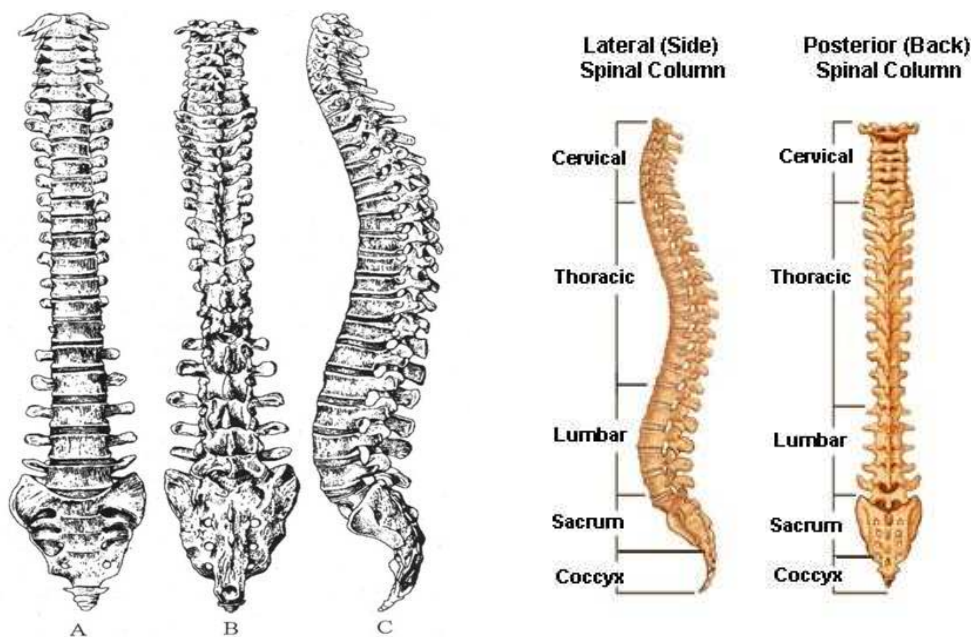


Fig.1.1. Aspectul normal al coloanei vertebrale cu curburile sale fiziologice

În alcatuirea coloanei vertebrale se disting 33 de vertebre suprapuse, care se articulează între ele deosebit de complex. Se pot descrie trei coloane articulare “adevărate” (între corpii vertebrali și între procesele articulare), alternând cu trei

coloane sindesmotice puternice (ligamentele vertebrale anterioare și posterioare, ligamentele galbene și ligamentele interspinoase). În afara acestor elemente pasive, coloana vertebrală este menținută în timpul repausului și mișcărilor, într-un echilibru activ, prin structuri musculare intrinseci (mușchi autohtoni) sau extrinseci (mușchi migrați) ale gâtului, toracelui și abdomenului. Rolul mușchilor este de importanță majoră în menținerea posturii, la nivelul diverselor articulații (iliopsoași, cvadricepși, plantari etc.). Principalul scop al activității lor “în repaus” este acela de a menține poziția dreaptă a corpului, respectiv de a echilibra efectele forței gravitaționale.

Printre elementele pasive se mai poate menționa scheletul cutiei toracice, cu rol deosebit în contracararea rotației și deviației laterale vertebrale (fig. 1.2) [N1].

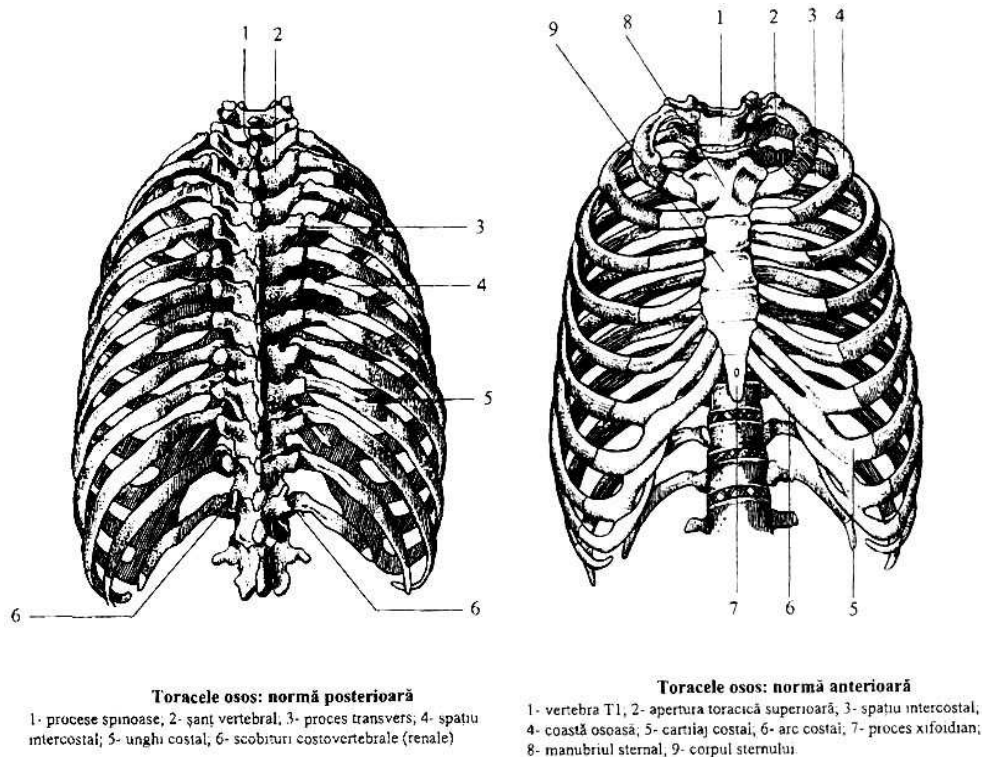


Fig.1.2. Aspectul normal al cutiei toracice

Importanța elementelor pasive este demonstrată de modificările suferite de acestea în cursul evolutiv al unei deformații de coloană vertebrală.

Gabozitatea costală este reacția coastelor la tendința de rotație a vertebrelor.

De asemenea, coloana, în cursul deviației, își ia măsuri de apărare, de fixare a poziției: coastele se lătesc și se sprijină una pe alta în dreptul arcurilor posterioare, micile articulații formează adevărate artrodeze între ele, în dreptul concavității

curburii etc.

Biomecanica coloanei vertebrale poate explica o mare parte din modificările observate la nivelul coloanei vertebrale scoliotice.

În ceea ce privește rotația vertebrală, aceasta se desfășoară, în mod fiziologic, diferit la nivelul coloanei toracale față de coloana lombară. Fațetele articulare ale coloanei toracale sunt orientate anterior, în jos și medial, în timp ce la nivelul coloanei lombare sunt orientate dorsal și medial. Din aceste motive, rotația în regiunea lombară se face cu deplasare laterală mare a vertebrelor (în raport cu coloana dorsală) – fig. 1.3.[N1].

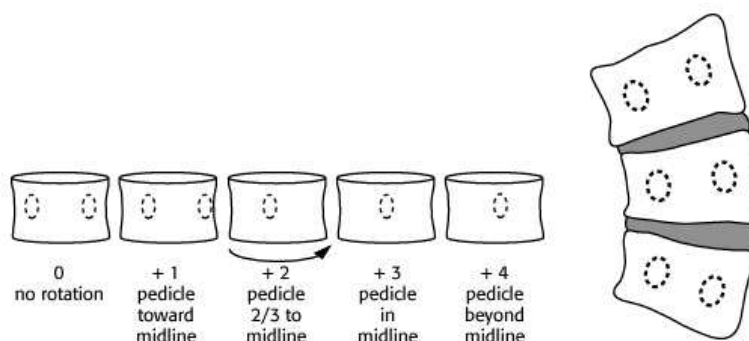


Fig.1.3. Procesul de rotație vertebrală

În regiunea toracală, rotația este mult ajutată de contractia mușchilor transverso-spinoși care sunt inserați orizontal, între procesele transverse și procesul spinos al vertebrei superioare, care coboară la același nivel (fig. 1.4.) [N1]. În regiunea lombară aceste inserții sunt oblice, având o mai mică eficiență.

Echilibrul dintre mișcările de înclinare laterală și rotația vertebrală este menținut de funcționalitatea normală a tuturor elementelor osteoarticulare musculare.

Un rol major în acest sens îl joacă discul intervertebral. Acesta, în md normal, suportă o presiune egală cu greutatea segmentului de trunchi supraiacent, la care se adaugă presiunea dată de forța mușchilor care asigură echilibrul trunchiului. Orice modificare a acestor presiuni conduce la modificări ale discului, iar orice modificare a structurii discului are ca urmare solicitări anormale ale acestuia. În ambele cazuri se rupe echilibrul osteo-musculo-ligamentar al coloanei vertebrale și apar curburi patologice sau se accentuează cele fiziologice.

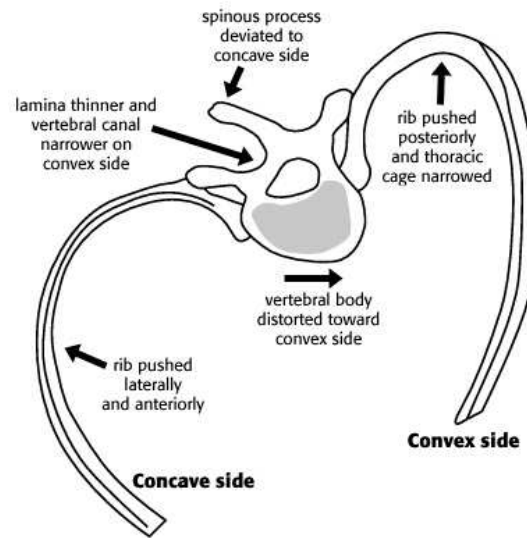


Fig.1.4. Procesul de “dezarmonizare” al cutiei toracice

Problemele de creștere a organismului complică și mai mult o situație anormală. Mușchii din concavitate acționează mai puternic, având pârghie mai bună, vertebrele se turtesc de partea concavă, discul intervertebral își deplasează nucleul pulpos spre convexitate, osificarea vertebrală este mai puternică de partea concavă a vertebrelor, iar cartilajul de creștere se sudează de partea convexă, fiind solicitat de forțe de tracțiune divergente. Etapele osificării vertebrelor sunt redată în figura 1.5.[N1]



Fig.1.5. Procesul de osificare vertebrală la nivelul coloanei scoliotice

1.2. Tipuri de deformații. Scolioza.

Scolioza este o boală evolutivă caracterizată prin una sau mai multe curburi laterale ale coloanei vertebrale, vizibile în plan frontal, însoțite sau nu de rotația vertebrelor, cu tendință la compensarea superioară și inferioară a curburilor, dar fără tendința de reducere completă a acestora prin suspendare sau decubit și cu răsunet asupra morfologiei întregului trunchi.

Este caracterizată ca o deviație laterală (fig. 1.6) [N1], deviație incomplet

reductibilă a rahisului, cu evoluție progresivă și cu consecințe asupra morfologiei și funcționalității acestuia ca și asupra funcției cardio-respiratorii. În timp apar importante repercusiuni asupra întregului organism.

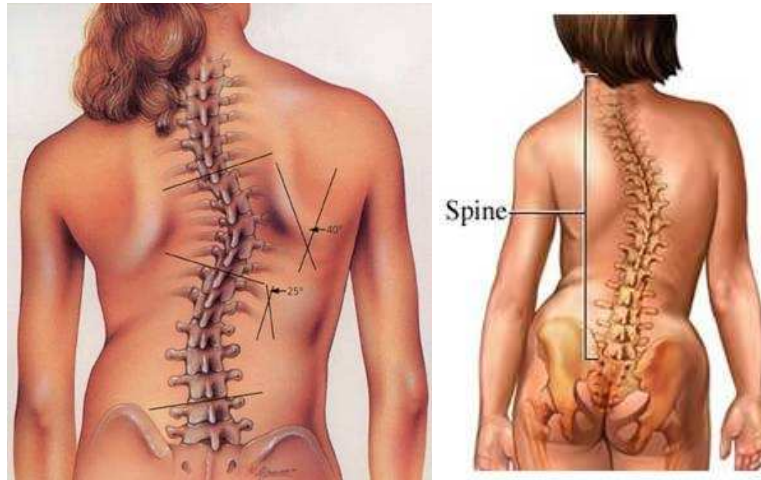


Fig.1.6. Deviații ale coloanei vertebrale

Scoliozele sunt clasificate în două grupe principale: scolioze funcționale (nestructurale) și scolioze structurale sau osoase.

1.2.1. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al funcționării:

1.2.1.1. Scolioze nestructurale

Scoliozele nestructurale denumesc generic următorul grup de manifestări:

- atitudinea scoliotică
- scolioza profesională și din tulburările de auz și vedere
- scolioza statică (prin asimetrie de bazin, redoare a soldului, prin ascensionarea congenitală a omoplatului, prin inegalitatea membrilor inferioare)
- scolioza antalgică (sindromul vertebral din discopatia vertebrală).

1.2.1.2. Scolioze structurale sau osoase

Scoliozele osoase au o serie largă de forme de manifestare, printre care pot fi identificate și următoarele:

- scolioza congenitală cu malformații vertebrale asimetrice - hemivertebre, blocuri vertebrale, sacralizare, condrodistrofii (nanism)
- scolioza idiopatică a nou-nascutului (fără malformații vertebrale)
- scolioza apărută în cursul creșterii, asociată unor afecțiuni:

- genetice (sindromul Marfan, boala Ehlers-Danlos, boala Recklinghausen, boala Lobstein, boala Marquio)
 - musculare (miopatii): distrofii musculare, sindroame miotonice, miopatii congenitale, miopatii metabolice
 - neurologice: boala Friedreich, poliomielita, paralizia cerebrală infantilă, rahitismul
- ☐ scolioza idiopatică (esențială), având cea mai mare frecvență (75%), de tipurile:
- scolioză infantilă (0-3 ani) benignă, progresivă
 - scolioză juvenilă (4-10 ani)
 - scolioză a adolescenților (cea mai frecventă după 11 - 12 ani)
 - scolioză idiopatică a adultului (cu posibil debut în adolescență)
- ☐ scolioza secundară unor afecțiuni dobândite de natură:
- osoasă: traumatisme (fracturi-luxații), costectomii, toracoplastie, laminectomie
 - neurologică: neurofibromatoză, siringomielita, tumori vertebro-medulare, poliomielită, scolioze tetanice
 - epidem toracic cu retracție fibroasă
- Se deosebesc diferite tipuri de malformații :
- ☐ scolioza osteopatică, cu etiologii variate:
- fragilități osoase de diferite cauze
 - osteoporoze (senile sau de alte cauze)
 - anomalii vertebrale congenitale (scoliozele congenitale)
 - boala Scheuermann
- ☐ scolioza neuropatică, în cadrul căreia cea secundară poliomielitei (scolioza paralică) ocupă locul cel mai important. Alte cauze neuropatice:
- neurofibromatoza
 - boala Friedreich
 - boala Charcot-Marie
 - infirmitatea motorie cerebrală
 - siringomelia

- mielomeningocelul
- anestezia dureroasă congenitală
- sechele după meningite purulente
- ☐ scolioza miopatică, care apare mai frecvent în:
 - artrogripoza congenitală
 - distrofiile musculare
 - amiotonia congenitală
 - miopatii
- ☐ scolioza dismetabolică asociată cu
 - boala Marfan
 - scolioza rahitică
- ☐ scolioza toracogenă, care apare ca urmare a unei deformări a cutiei toracice, deformare congenitală sau câștigată (traumatism, toracoplastie)
- ☐ scolioza de cauză extrinsecă:
 - scolioza “de aparat”, care se instalează în urma portului unor aparate ortopedice necorespunzătoare
 - scolioza radioterapică
 - scolioza secundară inegalității membrelor inferioare sau dezechilibrării pelvisului osos
- ☐ cifoscolioza, mai des întâlnită ca boală congenitală sau secundară neurofibromatozei.
- ☐ scolioza paralică, apărută după lezarea neuronilor columnei anterioare a măduvei de către virusul poliomielitei acute anterioare, cauzată de paralizia de tip periferic a musculaturii autohtone sau migrate a spatelui.

Scolioza spastică are etiologie central-nervoasă (IMC). Ea apare ca urmare a unei hipertonii musculare asimetrice. La tineri și adulți, scleroza în plăci poate conduce la o scolioză structurală, deși nu se observă modificări de formă ale vertebrelor pe radiografii.

Osteogeneza imperfectă - boală transmisă dominant ereditar poate da scolioze din cauza viciului de metabolism care alterează maturația colagenului.

Neurofibromatoza prezintă, în simptomatologia sa clasică și scolioză. Este o

boală ereditară, caracterizată prin prezența unor gene anormale, generatoare de dezordini metabolice.

Boli degenerative medulare, ca maladia Friedreich sau sirigomielia, prin lezarea căilor aferente, pot determina devieri ale coloanei vertebrale.

Tulburări degenerative rahidiene, ca diferitele osteoporoze și osteomalcii sau displazii fibroase, pot fi cauze de scolioză.

Scoliozele “reflexe” se pot întâlni în schelele dureroase ale fracturilor vertebrale, tumori medulare, hernii de disc. Cu cât aceste cauze apar la o vârstă mai tânără și cu cât evoluția lor este mai îndelungată, cu atât elementele de “structuralitate” devin mai evidente, deși cel mai adesea, nu sunt însoțite de curburi secundare sau rotații vertebrale marcate.

Cauzele extrarahidiene ale unor scolioze sunt numeroase, cel mai frecvent menționate fiind sinechiile pleurale, toracoplastiile, cicatricile retractile mari ale părților moi.

În figura 1.7. [N1] sunt redată câteva tipuri de scolioze datorate unor malformații osoase.

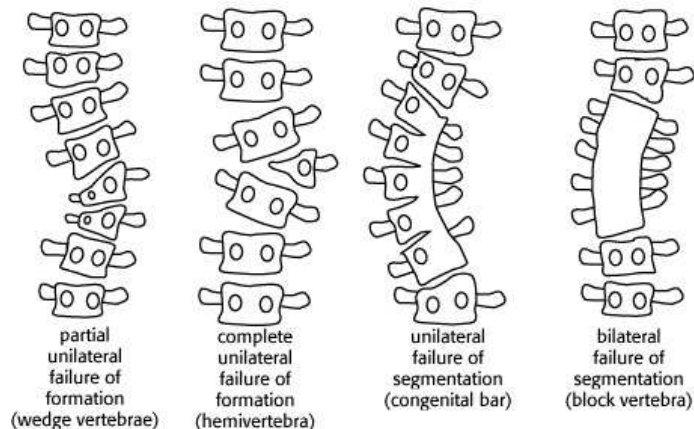


Fig.1.7. Malformații osoase ale coloanei vertebrale

1.2.2. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al curburii

Din punct de vedere al curburii scoliozele pot fi:

- ❑ cu curbura dorsală de obicei dreapta (D4_6-D11_12, L1) și caracteristici specifice: gâbozitate, curburi minore cu caracter compensator deasupra și dedesubt, potențial evolutiv mare, prejudicii cardio-vasculare
- ❑ cu curbura dorso-lombară fie dreapta, fie stânga (D4_6-L2_4), însoțite de

curburi minore, distorsiuni costale mai puțin dizgrațioase și periculoase cardio-pulmonar

- cu curbură lombară de obicei stânga (T11_12-L5), care nu dau diformitate prea mare
- cu dublă curbură majoră în diverse combinații, care dau diformitate scăzută.

1.2.3. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al echilibrului

Se disting scolioze de tip:

- echilibrat (fir de plumb occiput-sanț interfesier)
- dezechilibrat (fir de plumb occiput-lateral de sanț interfesier).

1.2.4. Clasificarea scoliozelor din punct de vedere al gravității

În mod tradițional, scolioza este apreciată din punct de vedere al severității prin valoarea unghiului Cobb. Se acceptă următoarea clasificare:

- scolioze ușoare la unghi Cobb < (20-30)°
- scolioze medii la unghi Cobb = (25-50)°
- scolioze severe la unghi Cobb > 50°

1.3. Terminologie

- Prin scolioză posturală trebuie înțeleasă o curbură corectabilă complet în flexie, decubit sau prin suspendare și la care nu se observă, clinic sau radiologic, anomalii structurale ale vertabrelor sau toracelui
- Scolioza secundară trebuie identificată cu scolioza de compensare a unui dezechilibru pricinuit coloanei vertebrale de către asimetria pelvisului osos, inegalitatea membrelor inferioare, anchiloze articulare în poziții vicioase ale articulației cocofemorale etc.
- Scoliozele structurale se caracterizează prin persistența rotației vertebrale și a deformărilor costale la flexia anterioară a coloanei vertebrale. Aceste elemente, odată instalate, sunt permanente și corijabile doar chirurgical. Radiologic, corpii vertebrali apar rotați spre convexitatea curburii, iar procesele spinoase, spre concavitate. Dapă un timp, se pot observa și modificări structurale ale vertebrelor (vertebre trapezoidale, oblice) sau vertebre modificate chiar la început (cuneiforme, hemivertebre)

- ❑ Cifoscolioza reprezintă combinarea unei curburi a coloanei vertebrale în două planuri: frontal și sagital. Cel mai adesea se confundă componenta cifotică cu gaboziitatea costală posterioară din scolioze. Cifozele adevărate (cu excepția celor însoțite de anomalii congenitale) au rareori devieri laterale
- ❑ Curbura primară a unei scolioze este reprezentată de segmentul de coloană vertebrală prezentând o curbură în plan frontal, structurală, cu rotația vertebrelor componente
- ❑ Caracteristică pentru curbura primară este persistența rotației vertebrale și a unui grad de curbură laterală, chiar în flexia coloanei, în timp ce curburile de compensație se pot corecta complet. Dacă persistența acestor două elemente este evidentă la două curbură, atunci este vorba despre o scolioză combinată sau dublă
- ❑ Curburile compensatorii sunt curburile supra- și subiacente celei sau celor primare, cu orientare în sens contrar acestora. Scopul instalării acestor curbură este alinierea capului la verticala pelvisului, sub efectul reflexelor de orientare a capului (redresarea orizontală a ochilor, reflexele urechii interne)
- ❑ Suma unghiurilor curburilor compensatorii trebuie să fie egală cu unghiul curburii primare. Dacă acesta din urmă rămâne mai mare, coloana vertebrală va rămâne dezechilibrată (verticala coborâtă din vârful procesului spinos al vertebrei C7 nu va cădea pe procesul spinos S1)
- ❑ În scoliozele combinate, curburile compensatorii vor fi scurte și situate la extremități. Mica lor dezvoltare este explicată de compensarea parțială reciprocă a celor două curbură primare. În fine, curburile compensatorii nu duc la formarea de gaboziități
- ❑ Unghiul curburii este un element primordial de apreciere a gravității scoliozei și de urmărire a evoluției și tratamentului acesteia. Metoda lui Ferguson este mai simplă și mai veche, în timp ce metoda lui Cobb, de dată mai recentă (1948), rămâne mai fidelă. Important este, însă, ca măsurarea unghiului să se facă întotdeauna pe parcursul urmăririi bolnavului, la nivelul acelorași vertebre și liniile sale să treacă prin platoul superior și, respectiv, inferior al vertebrelor extreme ale curburii
- ❑ Vertebra neutră există doar în cazul scoliozelor combinate (duble) și marchează trecerea de la o curbură la cealaltă. Vertebra neutră nu trebuie

confundată cu vertebra extremă a unei curburi. Această vertebra va fi considerată extremă inferioară pentru curbura superioară și extremă superioară pentru curbura inferioară, fiind inclusă deci, în măsurătoarea unghiurilor ambelor curburi

□ Echilibrarea și dezechilibrarea unei scolioze sunt de o importanță fundamentală. Pentru majoritatea scoliozelor, o cercetare amănunțită a echilibrării este mai importantă decât mărimea curburii primare sau forma curburilor compensatorii

□ În orice scolioză, dar mai ales la cea idiopatică, curburile compensatorii apar destul de precoce și joacă rolul principal în echilibrarea coloanei vertebrale

□ În scoliozele congenitale, existența unor malformații la nivelul vertebrelor curburilor compensatorii poate afecta compensarea, care devine astfel insuficientă și coloana vertebrală se va dezechilibra.

1.4. Etiopatogenia scoliozelor

1.4.1. Etiopatologia scoliozelor nestructurale

Scoliozele nestructurale se mai numesc și scolioze funcționale. Cauzele lor constau în inegalități ale membrilor inferioare, anchiloze ale șoldului în poziții vicioase, contracturi musculare paravertebrale antalgice (ca în hernia de disc) etc. Aceste atitudini scoliotice nu sunt evolutive și dispar odată cu dispariția sau corectarea cauzei care le-a produs.

Scoliozele nestructurale, funcționale sau atitudinile scoliotice se caracterizează prin faptul că deviația laterală a coloanei este complet reductibilă clinic și radiologic în poziția culcat. Acest tip de scolioze nu sunt însoțite de modificări de structură vertebrală sau gabozitate și se reduc spontan sau prin intervenție minimă. Atitudinea scoliotică nu presupune și o rotație a vertebrelor, dar se combină frecvent cu atitudinea cifolordotică. Aceasta situație se întâlnește în cazul unei creșteri rapide, a insuficienței musculoligamentară, igienei vertebrale deficitare sau, uneori, inegalității membrilor inferioare, cu dezechilibru al bazinului (dezechilibru mecanic redresabil prin aplicarea unui talonet).

1.4.2. Etiopatologia scoliozelelor structurale

Cauzele care conduc la apariția scoliozelor structurale pot fi neurologice,

musculare, genetice, congenitale, metabolice, dar marea majoritate a scoliozelor au cauză necunoscută (de exemplu scoliozele idiopatice, care includ aproximativ 75% din cazuri).

Scoliozele structurale constau într-o inflexiune laterală a rahisului cu rază mare de curbură, care antrenează un aspect discret asimetric al ansamblului spatelui: un număr mai ascensionat, omoplatul mai proeminent, asimetria discretă a triunghiului taliei, un șold ușor ascensionat și chiar un ușor dezechilibru lateral al trunchiului. În scoliozele structurale, coloana vertebrală prezintă modificări care se accentuează în perioada de creștere sau de-a lungul evoluției bolii de bază, modificări care conduc la deformări ale corpurilor vertebrale și sunt însoțite de gabozitate laterală prin rotația vertebrelor în jurul axului lor vertical și prezintă un aspect rigid. Gabozitatea este situată de partea convexității curburii.

1.5. Diagnosticul scoliozei

1.5.1. Examenul clinic

Pentru diagnosticare este necesară realizarea unui tablou clinic al evoluției bolii. Debutul este greu de precizat. Este posibil ca acesta să aibă loc chiar în perioada copilăriei sub forma unei scolioze infantile cu o cuneiformizare vertebrală care evoluează în perioada de creștere, defectul devenind evident clinic. De multe ori instalarea scoliozei coincide cu creșterea rapidă în înălțime în perioada pubertară. Rareori, instalarea deviației rahisului este precedată de dureri vagi însoțite sau nu de mialgii sau radiculite care cedează la repaus, precum și de contractura mușchilor spatelui de partea convexității, fibrilații musculare și dureri la presiunea inserțiilor acestora.

Din punct de vedere clinic se descriu trei grade de scolioză:

- scolioza de gradul I, care este mobilă și reductibilă (nefixată) și poate fi confundată cu atitudinile scoliotice funcționale. Curbura poate fi dorsală, însoțită sau nu de curburi compensatorii, ori lombară, când creasta iliacă și spina iliacă proemină de partea concavității. Pot să apară curburi laterale compensatorii, lombosacrată sau dorsală inferioară. Curburile compuse realizează scolioza în „S” inversat. Scolioza se reduce prin flexia trunchiului la 90°
- scolioza de gradul II (scolioza fixată), care poate să fie încă reductibilă. Contractura paravertebrală percepută pe partea concavă a deviației este însoțită

de dezechilibrul și prăbușirea (colapsul) rahisului și de rotația vertebrelor cu modificările toracelui caracteristice. Anteflexia rahisului pune și mai bine în evidență tulburarea de statică. Toracele devine asimetric (plat de partea convexității și proeminent de partea opusă), iar copilul scade în înălțime. Coastele de partea concavității se ating, în timp ce de partea convexității se îndepartează între ele

□ scolioza de gradul III, care este ireductibilă (retracția musculoligamentară asociază modificări osoase avansate), are consecințe estetice și funcționale majore și afectează organele toracale și abdominale. În afară de deformarea toracelui, starea generală se alterează progresiv ca urmare a disfuncțiilor organice și a durerilor. În stadiile foarte avansate cu înfundarea toracelui și expansiunea coastelor spre oasele coxale (torace mic) apar tulburări grave ale organelor interne.

Examenul clinic include investigații statice și dinamice ale coloanei vertebrale. La inspecție (copilul în ortostatism) se stabilește sediul și mărimea curburii, prezența unui umăr ascensionat sau a unui șold proeminent.

Examenul cu firul de plumb aplicat pe vertebra C7 apreciază dezechilibrarea scoliozei (daca firul trece în afara șantului interfesier), iar înălțimea gibusului cu bolnavul în anteflexie și lungimea săgeților (distanța dintre apex și fir) se măsoară cu rigla.

Important în diagnosticul scoliozelor este aprecierea egalității membrilor inferioare.

Supletea curburilor se apreciază prin înclinarea coloanei (anteflexia reduce o curbă posturală sau statică și exagerează o scolioză structurală) sau prin suspendarea pacientului prin intermediul cadrului Glisson.

1.5.2. Investigații paraclinice

1.5.2.1. Examenul radiologic

Examenul radiologic este cea mai la îndemână și rămâne cea mai uzitată metodă de investigație a coloanei vertebrale. Radiografia se realizează din ortostatism și incidență de față și profil, permițând măsurarea unghiului/unghiurilor curburii/curburilor scolioțice. Pe baza citirii radiografiei, se pot realiza:

□ determinarea numărului de curburi

- clasarea diferitelor tipuri de curburi
- măsurarea angulației curburii
- precizarea gradului de înclinare și rotație a coloanei
- compararea varstei osoase cu cea cronologică
- urmărirea evoluției sub tratament.

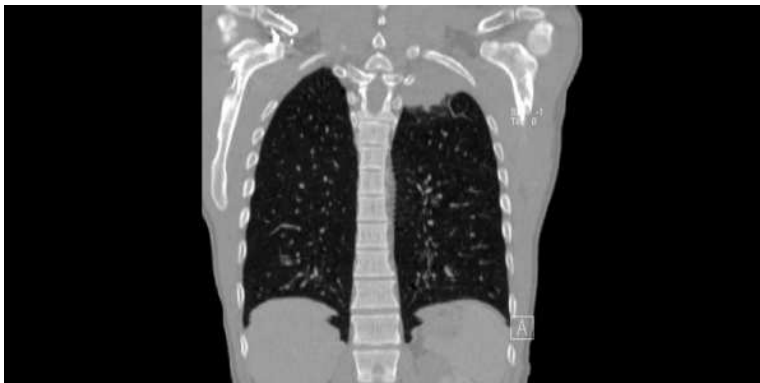


Fig.1.8. Radiografie coloana vertebrală

Se practică radiografia coloanei din față în ortostatism, dacă se poate în întregime, inclusiv crestele iliace. Radiografia de profil este necesară doar la prima examinare, știind că evoluția unei scolioze conduce oricum spre o scolocifoză sau scoliolordoză. În figura 1.8[***] este prezentată o radiografie din față a coloanei vertebrale.

Pentru aprecierea reductibilității curburilor patologice se utilizează radiografiile în inflexiune laterală maximă, bolnavul fiind în clinostatism, cu bazinul fixat în poziție de echilibru, sau prin suspendare cu ajutorul colierului Sayre pentru aprecierea reductibilității spontane globale (radiografie în suspensie).

1.5.2.2. Rezonanța magnetică nucleară

Rezonanța magnetică nucleară stă la baza unei metode de diagnosticare care utilizează o combinație de magneți de dimensiuni foarte mari și un computer, pentru a obține imagini detaliate ale organelor și structurilor corpului. Un exemplu de imagine a coloanei vertebrale realizat cu rezonanță magnetică nucleară este redat în figura 1.9.[***].



Fig.1.9. Imagine coloana vertebrală realizată cu rezonanță magnetică nucleară

1.5.2.3. Computerul tomograf

Se bazează tot pe radiații X utilizate pentru obținerea unor imagini în secțiune („felii”) ale corpului, atât pe orizontală cât și pe verticală. Tomografia este utilizată pentru a detalia mai clar anomaliile cu privire la dimensiunea, forma și numărul vertebrelor. În figura 1.10. [***].este prezentată imaginea coloanei vertebrale obținută cu ajutorul computerului tomograf.



Fig.1.10. Tomografie coloană vertebrală

1.5.2.4. Topografia Moiré

Topografia Moiré este o metodă redusă ca și cost, simplă, neinvazivă, non-contact, optică, ce furnizează o hartă 3D a subiectului studiat. Există trei tipuri de sisteme Moiré: sistemul "umbră", sistemul proiecție și sistemul hologramă. Topografia Moiré este bazată pe fotografiile ale părților corpului care sunt studiate pe un ecran special construit (fig. 1.11)[N1].

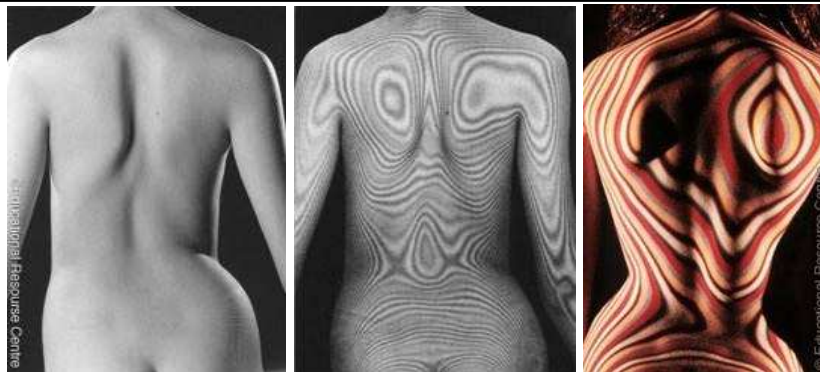


Fig.1.11. Imagini realizate cu scanner-ul optic ISIS (Integrated Shape Imaging System)

Metoda permite studiul dinamic al deformărilor coloanei vertebrale și permite o descripție osoasă, prin analiza deformărilor cutanate corporale. Sistemul Moiré utilizează raze de lumină care baleiază spatele subiectului, fiind plasate pe puncte bine precizate (C7, D8, D12, cele două SIPS). Distorsiunile detectate au reprezentare tridimensională a suprafeței cutanate. Cele trei plane spațiale sunt:

- ❑ planul transversal, analizat prin rotația corpurilor vertebrale
- ❑ planul frontal prin determinarea unghiului Cobb-ISIS
- ❑ planul sagital, printr-un profil median și două laterale.

1.5.2.5. Rasterstereografia computerizată

Principiul de bază al rasterstereografiei constă în proiectarea pe o suprafață curbată a unei grile formate din două seturi de linii perpendiculare. Grila proiectată pe spatele subiectului este distorsionată de curbura suprafeței acestuia (fig. 1.12). [N1] Studiul distorsiunilor furnizează informații despre forma suprafeței studiate. Avantajele metodei sunt natura non-invazivă și utilizarea simplă, eficientă. Este indicată în special ca metodă de screening la copii.

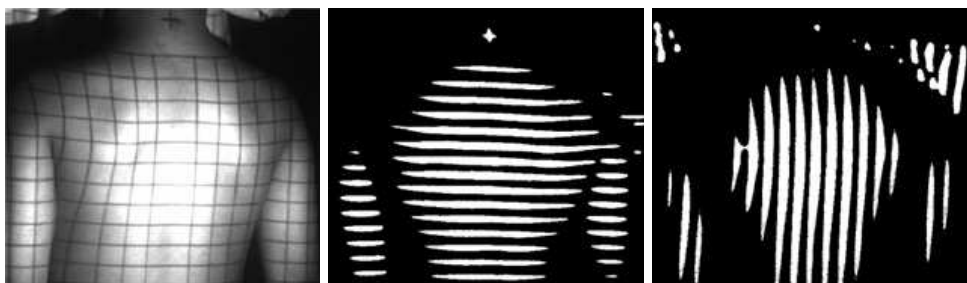


Fig.1.12. Imagini realizate cu rasterstereografia computerizată

1.5.2.6. Digitizorul Microscribe 3D

Digitizorul prezentat în figura 1.13 [N1]., este un dispozitiv portabil, conectat la calculator, utilizat pentru crearea de modele computerizate 3D. Cu ajutorul lui sunt măsurate coordonatele anumitor puncte de pe spatele pacientului, coordonate care sunt comparate cu un model anatomic de referință pentru a diagnostica scolioza.



Fig.1.13. Digitizor Microscribe 3D

1.6. Tratamentul scoliozei

1.6.1. Profilactic

Tratamentul profilactic se bazează pe combaterea unor deprinderi care pot favoriza sau accentua deviația vertebrală, ca de exemplu, „atitudinea soldie”, de sprijin pe un singur picior, pe care o iau adeseori copiii și adolescenții (mai ales fetele). Purtarea ghiozdanului cu cărți este recomandabil să se facă pe spate, iar dacă se face în mână, să se alterneze dintr-una în cealaltă. De o importanță deosebită este menținerea poziției corecte la masa de lucru de la școală și de la domiciliu. Este necesar să se încerce combaterea pozițiilor vicioase pe care unii copii și le însușesc în timpul somnului, ca de exemplu în flexie accentuată, sau în decubit lateral mereu pe aceeași parte.

1.6.2. Igieno-dietetic

Tratamentul igienico – dietetic recomandă pacienților cu scolioză o dietă adecvată astfel încât greutatea lor corporală să fie optimă în raport cu înălțimea și vârsta. Acest lucru este necesar mai ales la pacienții supraponderali, deoarece greutatea poate accentua deviațiile coloanei vertebrale.

1.6.3. Medicamentos

Tratamentul medicamentos se bazează pe antiinflamatoare (ibuprofen, fenilbutazonă, aminofenazină, aspirină), analgice și decontracturante, acestea din

urmă având rol de relaxare a musculaturii ale cărei contracții pot genera deformări ale coloanei. Administrarea de cortizon joacă un rol foarte important dar trebuie avut în vedere dozajul și stadiul evolutiv.

1.6.4. Ortopedic

Tratamentul ortopedic își propune corectarea și menținerea deviației vertebrale pentru a neutraliza riscul de agravare reprezentat de puseul pubertar de creștere. Un tratament ortopedic poate fi apreciat ca eficient dacă la sfârșitul creșterii el reușește să mențină deviația vertebrală la o valoare cel mult egală cu aceea de la începutul tratamentului. Tratamentul ortopedic dispune de aparate corectoare active și pasive.

Aparatele ortopedice pasive realizează corecția deviației folosind forța de presiune, de obicei la nivelul părții convexe a curburii și forța de tracțiune care tinde să elongheze coloana și astfel să reducă curbura. Corectarea este în general realizată prin aparate gipsate succesive. Când se obține corecția maximă, menținerea ei este încredințată unor corsete ortopedice. Pentru scolioză, corecția se obține cu ajutorul unui cadru care realizează atât elongarea cât și derotarea coloanei și presiunea pe convexitate. Indiferent de tipul de cadru (Abbot, Risser, Cotrel etc) principiul este același. În cadru se aplică aparatul gipsat. După o perioadă de 1-2 luni aparatul gipsat se schimbă, obținându-se o nouă corecție. Uneori gipsul poate realiza o elongație progresivă (aparatul de elongație tip Stagnara).

Aparatele ortopedice active caută să obțină o corecție printr-o autorecoresare activă a coloanei. Aparatul clasic activ este corsetul rigid Milwaukee. Acesta este purtat permanent sau intermitent, în funcție de gravitatea curburii. Există actualmente tendința de a aplica corsetul Milwaukee noaptea în cazurile de deviații mici (scolioza sub 30°), dar care la controale repetate fac dovada agravării lor. Un alt aparat activ este corsetul cu trei puncte de sprijin care caută să redreseze scoliozele lombare. În figura 1.14^[***] respectiv, 1.15 ^[***] sunt redate câteva tipuri de corsete utilizate pentru corectarea deviațiilor coloanei vertebrale.



Fig.1.14. Corsete semirigide



Fig.1.15. Corsete rigide

1.6.5. Chirurgical

Tratamentul chirurgical se recomandă pentru deviațiile vertebrale grave, evolutive, care se agravează lent, dar continuu, și după terminarea creșterii. Soluția corecției în aceste cazuri o constituie rigidizarea (cu tije) a unui important segment al coloanei vertebrale.

1.6.6. Recuperarea medicală

Recuperarea medicală poate include una sau mai multe terapii combinate dintr-un set larg, care include electroterapia, fototerapia, termoterapia, masajul, kinetoterapia, băile kinetice, climatoterapia și sportul terapeutic.

1.7. Concluzii și contribuții personale

În acest capitol este prezentată o sinteză privind anatomia coloanei vertebrale, elementele componente ale acesteia, respectiv postura fiziologic normală și tipurile de deformații posibile.

Primele paragrafe descriu părțile componente și aspectul normal al coloanei vertebrale cu curburile sale fiziologice, respectiv procesul de rotație vertebrală.

A doua secțiune a capitolului este dedicată prezentării tipurilor de deformații ale coloanei vertebrale. Cele mai frecvente sunt scoliozele.

Scoliozele nestructurale (atitudinile scoliotice) nu sunt evolutive și dispar odată cu dispariția sau corectarea cauzei care le-a produs.

Scoliozele în perioada creșterii, indiferent de etiologie (unele scolioze infantile se pot corecta spontan), 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.

Ultima parte a capitolului descrie pe scurt examenul clinic și paraclinic, cu accent pe metodele de diagnosticare utilizate în mod curent, precum și modelul de tratament adecvat tipului și stadiului scoliozei.

Materialul cuprins în prezentul capitol are rolul de a evidenția importanța depistării precoce a deformațiilor de coloană cât și diagnosticarea corectă în scopul prevenirii sau tratării din timp a deformației, pentru evitarea atingerii stadiului în care devin necesare intervenții chirurgicale corectoare. S-a urmărit, de asemenea, sublinierea importanței profilaxiei, în special în cazul existenței factorilor de risc și a tratamentului în scopul stopării evoluției scoliozelor, atât la copii, cât și la persoanele de vârstă medie.

Pe parcursul capitolului pot fi identificate următoarele contribuții personale:

- ❑ sinteza materialului bibliografic în domeniul fundamental al medicinei, cu referire centrată pe anatomia și patologia coloanei vertebrale
- ❑ descrierea principalelor tipuri de deformații ale coloanei vertebrale, cu detalierea etiologiei, simptomatologiei și tratamentului scoliozelor
- ❑ sinteza metodelor de diagnosticare utilizate în examenul paraclinic al coloanei vertebrale.

Bibliografie

[M1, [N1], [P1], [Z2], [X1], [Z1], [V3], [***].

2. ECHIPAMENTE DE DIAGNOSTICARE A DEFORMAȚIILOR DE COLOANĂ

2.1. Echipamente de radiografieri

2.1.1. Bazele teoretice ale radiografierii

Radiația X este o radiație electromagnetică cu lungime de undă cuprinsă între (0.1 – 200) Å. Generarea radiației X se obține prin frânarea electronilor emiși de cadod de către atomii anodului, într-un tub vidat.

Radiația X este caracterizată printr-o penetrabilitate accentuată, datorată lungimii de undă mici, care, conform legii lui Planck

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \quad (2.1)$$

asigură o energie foarte ridicată. În relația (2.1) s-au utilizat notațiile:

h – constanta lui Planck ($h = 6.26 \cdot 10^{-34}$ Js), c – viteza radiației în vid ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s), E – energia [J].

Radiografia reprezintă cea mai uzitată metodă de investigare și constă în preluarea unei imagini plane, care, pe o scară nuanțată a griurilor, pune în evidență structura sistemului osos și țesuturile moi din vecinătate.

Principial, o placă fotografică este impresionată de radiația în domeniul X, care este selectiv absorbită/ transmisă de fiecare tip de țesut, funcție de compoziția sa chimică. Zonele cu absorbantă mai ridicată vor permite trecerea unei cantități de radiație mai mici decât cele mai transparente, astfel încât, după dezvoltare, fixare și spălare, vor apărea în nuanțe de gri mai deschise, aproape de marginea albă a scării acromatice. Diferențele de absorbantă/transmitanță ale diverselor țesuturi permit obținerea unei imagini compuse din zone contrastante, de formă și nuanță care pot fi interpretate de către medic.

Din punct de vedere radiometric, legea conservării energiei se poate exprima sub forma:

$$\tau(\lambda) + \rho(\lambda) + \alpha(\lambda) = 1, \quad (2.2)$$

unde $\tau(\lambda)$, $\rho(\lambda)$ și $\alpha(\lambda)$ reprezintă coeficienții spectrali de transmisie, reflexie, respectiv absorbție.

Reflexia este, practic, neglijabilă, importante fiind transmitanța și absorbanta spectral selectivă. Atenuarea intensității radiației în țesut are o variație exponențială, conform legii lui Lambert:

$$I(\lambda)_x = I(\lambda)_0 \cdot e^{-\alpha(\lambda) \cdot x}, \quad (2.3)$$

unde x reprezintă adâncimea de pătrundere în țesut.

Radiografia clasică furnizează informații privind forma și poziția vertebrelor, oferă posibilitatea prelucrării ulterioare în vederea determinării indirecte (și cu grad mare de aproximație) a unghiului Cobb, necesită timp de preluare și interpretare scurt și are preț relativ scăzut. Dezavantajele radiografiei constau în caracterul bidimensional al imaginilor și, mai ales, în nocivitatea radiațiilor asupra structurilor vii, ceea ce clasifică metoda în categoria celor invazive.

2.1.2. Aparatul Roentgen

Un aparat Roentgen tradițional este realizat dintr-un tub radiogen (tub generator de radiații sau tub Roentgen), un transformator de înaltă tensiune pentru crearea unei diferențe de potențial între electrozii tubului, un transformator de joasă tensiune pentru încălzirea filamentului (respectiv catodului) tubului radiogen. De asemenea, aparatul Roentgen este prevăzut cu organe de reglaj și măsură a tensiunii de accelerare, a curentului anodic, a timpului de expunere la radiații etc.

Tubul generator de raze X este format dintr-un filament (catod), un disc metalic rotativ sau fix (anodul) și cupola tubului (înveliș din plumb care nu permite trecerea radiației decât printr-o diafragmă de deschidere mică). În jurul tubului se găsește ulei pentru răcire și izolare electrică.

Aparatele noi sunt dotate cu detectori de radiație cu sensibilitate spectrală adecvată, cu rol în evidențierea imaginii radiologice pe un ecran fluoroscopic, pe lângă filmul radiografic tradițional, menținut în casete speciale.

În figura 2.1 este prezentat un traseul unui fascicul de raze X, de la tubul

generator la senzorul liniar care convertește semnalul radiant analogic în semnal digital.

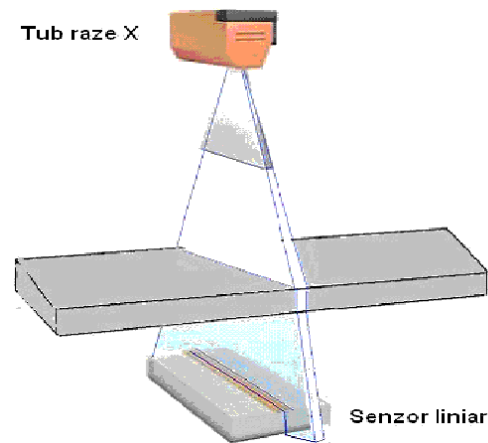


Fig. 2.1. Traseul fascicului de raze X

Amplificatorul de imagine pentru fluoroscopia televizată conține un sistem optic propriu-zis, un set de diafragme și ecrane pentru atenuarea radiației secundare, îmbunătățirea contrastului imaginii și a radioprotecției.

În figura 2.2. [***] este prezentată schematic o instalație radiografică, dotată cu placă fotografică tradițională, cameră de preluare digitală a imaginii și monitor de vizualizare imediată a zonei investigate.

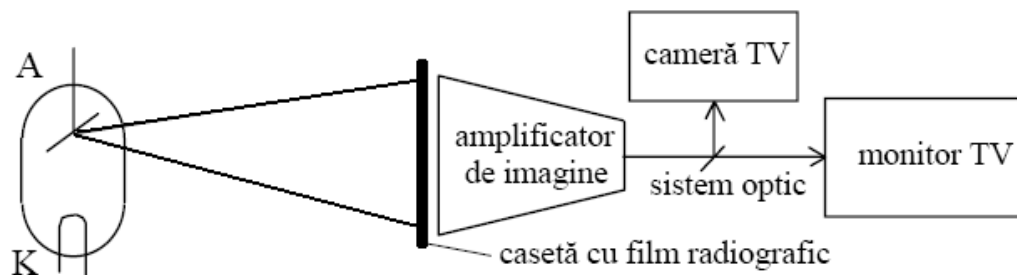


Fig. 2.2. Schema bloc a instalației radiografice cu posibilități multiple de redare a imaginii

2.2. Echipamente de diagnostic prin tomografie computerizată

2.2.1. Clasificarea tehnicilor și echipamentelor de tomografie computerizată

Prin tomografie se înțelege vizualizarea unui strat subțire dintr-un corp tridimensional. Printr-o dispunere adecvată a emițătorului și detectorului în jurul

obiectului investigat se obțin semnale doar din stratul dorit și printr-o prelucrare numerică cu ajutorul calculatorului acestea se combină într-o imagine. Zonele din afara stratului de vizualizat nu dau semnale și nu introduc nici paraziți în imagine. În opoziție cu acestea, la tehnica Roentgen clasică, se obține o proiecție la care zone (părți) din diferite adâncimi apar în aceeași imagine. Ele se pot suprapune și prin aceasta se pot pierde informații importante.

Tomografia Roentgen computerizată a fost primul sistem de vizualizare a tehnicii medicale la care toate mărimile măsurate se digitizează și apoi sunt prelucrate pur digital. Printr-un baleiaj corespunzător și reconstrucție numerică, se obțin secțiuni cu rezoluție bună.

Pentru redarea imaginilor cu ultrasunete se folosesc impulsuri de ultrasunete strâns colimate cu care se explorează suprafețele de discontinuitate ale organelor corpului. Metoda se folosește în primul rând în cazul organelor abdominale și în ginecologie. Se obțin imagini, chiar și fără reconstrucție numerică, care sunt comparabile cu cele obținute prin tomografie Roentgen computerizată sau cu cea cu rezonanță magnetică. În cazul acestei metode, digitizarea și prelucrarea numerică a semnalelor de măsurat oferă o rezoluție mai bună și o calitate superioară a imaginii. Cercetările actuale se referă la perfecționarea algoritmilor de reconstrucție a imaginii, mărirea rezoluției și înlăturarea paraziților.

Tomografia cu rezonanță magnetică nucleară (RMN), ca metodă total nouă de vizualizare a stârnit un mare interes. Prin testarea cu impulsuri de înaltă frecvență, utilizând un câmp magnetic foarte intens, se măsoară repartiția protonilor și reacția lor la interacțiunea cu mediul, obținându-se o imagine. Prin aceasta pot fi caracterizate țesuturile și organele corpului, prin proprietățile lor, ceea ce nu se putea realiza cu sistemele prezentate mai sus. Metoda se aplică în principal la vizualizarea părților moi ale corpului. Și această metodă poate fi perfecționată prin prelucrarea digitală a semnalelor măsurate, reconstrucția numerică și înregistrarea mărimilor.

Razele Roentgen, ultrasunetele și rezonanță magnetică nucleară facilitează deci trei metode de tomografie computerizată, care în principiu, se poate afirma că nu concurează între ele din punct de vedere medical, ci se completează reciproc. Caracteristicile principale ale acestor trei metode și ale echipamentelor de tomografie computerizată corespunzătoare sunt prezentate în tabele 2.1 și 2.2.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

Tabelul 2.1. Caracteristicile metodelor de tomografie computerizată

Metoda Caracteristici	Roentgen	Rezonanta magnetică nucleară	Ultrasunete
Radiatia	Raza Roentgen (transmisie) 50-150 keV	Inalta frecventa (IF) 10-80 MHz	Ultrasunete, 2-10 MHz
Emitator	Tub cu anod circular, putere in impuls 40kW	Emitator de IF cu bobina	Traductor piezoelectric
Detector	Cristal de scintilatii sau detector cu gaz	Receptor de IF cu bobina	Traductor piezoelectric
Ațiunea radiației	Absorbție și dispersie în țesuturi	Inducție electromagnetică	Reflexie de pe suprafața de discontinuitate cu măsurarea timpului parcurs de radiație
Mărimea reprezentată	Coeficientul de absorbție Roentgen	Densitate de protoni și timp de relaxare (inducție nucleară liberă)	Impedanța acustică
Reconstrucția imaginii	Convoluție și retroproiecție	Transformare Fourier (eventual cu retroproiecție)	Testare pe rând cu măsurarea timpului parcurs, convoluție cu retroproiecție în dezvoltare
Utilizare tipică	Diagnosticarea părților moi din creier, abdomenul superior, torace, extremități	Diagnosticarea părților moi din întregul corp	Parți moi din abdomenul superior, ginecologie, mamografie
Probleme	Rezoluție limitată prin doza de radiație și mărimea detectorilor	Sensibilitatea limitează rezoluția; timp mare de măsură, sensibil la câmpuri parazite; probleme de ecranare	Perturbații de fază, focalizare, umbriri
Stadiu	Măsurări de rutină	Primele sisteme comerciale în 1985	Măsurări de rutină

Tabelul 2.2. Caracteristicile echipamentelor de tomografie computerizată

Echipamentul Caracteristici	Roentgen	Rezonanța magnetică nucleară	Ultrasunete
Rezoluția	0,5 mm	1 mm (la secțiune în tot corpul)	2 mm lateral 1 mm longitudinal
Grosime strat	1 mm	Circa 5 mm	5 mm
Durata de măsură/timp de explorare	> 1 s	0.5/20 min	1/100 s
Matricea imagine	512 x 512	256 x 256	128 x 128
Rezoluția semnalului	14 biti	< 16 biti	4/8 biti
Reconstrucție, nr. operații /s (OPS)	200 MOPS	Circa 10 MOPS	Posibil și fără reconstrucție numerică
Mărimea programului de reconstrucție	Câțiva kocteți	Cațiva kocteți	
Mărimea întregului program	Câțiva mocteți	Câțiva mocteți	
Preț (EURO)	14.000-27.000	100.000-150.000	5.000-10.000

2.2.2. Tomografia Roentgen computerizată

Tomografia Roentgen computerizată nu poate fi efectuată fără participarea unui calculator programat să prelucreze informațiile culese și să vizualizeze imaginea secțiunii explorate. Metoda se bazează pe măsurarea coeficientului de absorbție global pe diferite trasee cuprinse în planul secțiunii investigate. Fasciculul îngust explorează secțiunea prin corpul omenesc făcând translații și rotații. "Raza" îngustă X este generată de o sursă Roentgen și colimată corespunzător. Secțiunea fasciculului este de numai câțiva milimetri pătrați. După ce a străpuns organismul și a fost parțial atenuată, raza este captată de un detector, care măsoară intensitatea fasciculului emergent. Fasciculul îngust de radiații produs de sursa X, traversează corpul în planul secțiunii analizate, suferind o atenuare. Detectorul X captează fasciculul și furnizează un semnal electric proporțional cu fluxul energetic al fasciculului. Cu cât atenuarea prin corp este mai mare, cu atât semnalul obținut rezultă mai mic.

Ansamblul sursă X-detector execută explorări pe traseele paralele incluse în planul secțiunii. Secțiunea investigată din corp se încadrează într-o matrice cu elemente pătratice de câțiva milimetri pătrați fiecare. Pe laturi, matricea conține un număr de elemente $N=128$ sau chiar $N=320$. Pacientul imobilizat expune în instalație secțiunea S. Matricea de reprezentare $N \times N$ localizează conturul și detaliile semnificative ale secțiunii S în coordonatele (x,y) , cu originea în centrul 0. Pe traiectoria sa, fasciculul traversează un număr de elemente din matricea $N \times N$. Fiecare element $E(x,y)$, intersectat în secțiunea investigată, este caracterizat de un

coeficient de absorbție a radiației Roentgen. De exemplu, pe scara EMI, cuprinsă între -500 și +500, aerul are coeficientul de absorbție -500, apa 0, sângele +6, țesutul osos +500. În esență, tomografia Roentgen computerizată furnizează pe baza explorărilor, coeficienții de absorbție locală pentru totalitatea elementelor cuprinse în conturul S. De fapt, tabelul valorilor nu este analizabil prin observație și de aceea informația conținută în matricea coeficienților de atenuare se transformă, cu ajutorul unor convertoare analog-numerice, într-un semnal de imagine afișabil pe ecranul unui monitor TV. În analogie cu o radiografie obișnuită, elementele puternic absorbante vor fi luminoase, iar cele penetrante vor fi închise. Pentru ca imaginea afișată să fie optimă, instalația poate fi reglată la un contrast al reprezentării, la care gama coeficienților de absorbție să se extindă între alb și negru. Imaginea tomografică obținută din calculator poate fi redată și în culori. Pentru aceasta, se alocă în mod convențional culori distincte fiecărei gradații de valori ale coeficienților, astfel alese încât diversele organe și structuri vizualizate să fie reprezentate omogen. Numărul maxim de elemente analizate fiind $N \times N$, numărul coeficienților necunoscuți este foarte mare. Pentru a explicita coeficienții este nevoie de un sistem larg de ecuații ($N \times N$). Pentru rezolvarea sistemului de ecuații au fost propuse mai multe metode. Unele dintre acestea au fost preluate și în cadrul tomografiei computerizate cu rezonanță magnetică nucleară pentru reconstrucția imaginilor. În ultimul timp s-a pus la punct o cale de obținere a imaginii tomografice prin metoda filtrării proiecțiilor. Echipamentul ACTA, de exemplu, necesită un volum mic de calcule, ce se efectuează în timpul explorării. Imaginea se construiește imediat după încheierea măsurărilor pe ecranul unui monitor TV color. Lista culorilor folosite se asociază intervalelor de valori ale coeficienților de absorbție. Timpul de culegere a datelor a fost redus substanțial prin conectarea simultană a unui număr mare de detectoare semiconductoare. Explorarea simultană paralelă cu 256 de detectoare dispuse pe un arc circular și tot atâtea fascicule colimate de la o singură sursă de radiații X, permite reducerea timpului total pentru obținerea imaginii la numai 10-20 de secunde.

2.2.3. Tomografia computerizată prin rezonanță magnetică nucleară

Tomograful cu RMN s-a impus în principal datorită calității sale de a oferi o tehnică de diagnostic medical complet neinvazivă, lipsită de orice risc, datorită absenței radiațiilor dăunătoare organismului, inerente tehnicilor de tomografie computerizată deja cunoscute.

2.2.3.1 Principiile obținerii imaginilor prin RMN

Baza fizică a RMN este magnetismul nuclear. Nucleele atomilor care conțin un număr impar de nucleoni posedă moment unghiular intrinsec (de spin). Aceste nuclee posedă deci dipoli magnetici, caracterizați prin moment magnetic, putând fi asemănați cu bare magnetice microscopice cu poli nord și sud. Deci nucleele magnetice se comportă ca niște bare magnetice microscopice. Momentele magnetice nucleare sunt cu câteva ordine de mărime mai mici decât cele asociate mișcării electronice din atom sau ion.

Prin metoda de rezonanță magnetică nucleară se poate pune în evidență magnetismul nuclear. În absența unui câmp magnetic extern, vectorii moment magnetici sunt orientați întâmplător, astfel încât efectele lor se anulează. La acțiunea unui câmp magnetic extern static, vectorii moment magnetic răspund, încercând să se alinieze direcției câmpului. Pentru proton, principalul izotop al hidrogenului, care se găsește din abundență în corpul uman, sunt presupuse două stări energetice de bază: paralel (spin-sus) și antiparalel (spin-jos) corespunzând stării de joasă, respectiv înaltă energie. Diferența de energie este proporțională cu valoarea câmpului magnetic.

În realitate, momentele magnetice nu se aliniază exact după axa câmpului extern, ci sunt numai înclinate. Există o analogie între mișcarea unui proton într-un câmp magnetic extern și a unui titirez (giromagnet) în câmp gravitațional. De menționat că titirezul se învârtă în jurul axei sale de simetrie datorită momentului său cinetic. Gravitația exercită un cuplu și astfel forțează partea de sus într-o mișcare de precesie. Protonul ce posedă un moment de spin cuantificat va avea și el o mișcare de precesie datorită cuplului creat de interacțiunea dintre momentul magnetic de spin și câmpul magnetic exterior. Dacă forța de gravitație ar putea fi mărită, ritmul mișcărilor de precesie ar crește. În precesia nucleară, o intensificare a intensității câmpului magnetic conduce la creșterea cuplului și deci a frecvenței de precesie. Frecvența de precesie este de asemenea funcție de tipul nucleelor în studiu. Protonii, de exemplu, au o mișcare de precesie mult mai rapidă decât nucleele de fosfor.

Pentru obținerea de imagini ale țesuturilor umane protonul se pretează cel mai bine din cauza abundenței lui chimice, izotopice și a momentului magnetic favorabil. După cum este cunoscut, hidrogenul, cu nucleul având un singur proton, se găsește

în organismul uman care conține 50-75% apă. Lipidele și proteinele conțin și ele, de asemenea, atomi de hidrogen.

Magnetizația macroscopică se manifestă prin aceea că la 0K toate momentele magnetice sunt aliniată în direcția câmpului magnetic exterior, pe când la temperatura camerei, energia termică favorizează trecerea nucleelor pe nivelul cu energie înaltă. Ca urmare, la scara microscopică, numai un număr mic de nuclee sunt în plus pe nivelul energetic scăzut, față de cele de pe nivelul energetic ridicat. Magnetizația longitudinală este orientată în lungul direcției vectorului câmp magnetic extern. Această magnetizație longitudinală este folosită pentru inducerea semnalului de RMN în bobina receptorului instalației de tomografie.

Rezonanța magnetică nucleară se stabilește printr-un echilibru determinat de câmpul magnetic și temperatură. Nucleele sunt în echilibru termic când numărul tranzițiilor de pe nivelul energetic scăzut pe nivelul energetic ridicat (tranziții directe) este egal cu numărul tranzițiilor inverse. Fără a crea rezonanța, aceste tranziții nu generează un semnal detectabil. Tranzițiile directe pot fi generate și prin absorbție de radiație electromagnetică, sub formă de impulsuri.

RMN apare când se aplică o energie electromagnetică de radiofrecvență, având frecvența egală cu cea de precesie, determinând trecerea momentelor magnetice din stare de orientare paralelă (energie scăzută) în cea antiparalelă (energie înaltă). Câmpuri magnetice alternative de frecvențe radio se produc ușor cu ajutorul bobinelor. Proba se introduce în interiorul bobinei unui circuit oscilant, iar un câmp rezonant de RF va genera tranzițiile momentelor magnetice. Direcția câmpului magnetic de RF care se aplică sub formă de impulsuri trebuie să fie perpendicular pe direcția câmpului magnetic. Când pe cele două niveluri energetice există un număr egal de momente magnetice, acestea se vor compensa magnetic, iar magnetizația longitudinală dispare.

Magnetizația transversală este produsă de un câmp magnetic de RF care este reprezentată printr-un vector care se rotește sincron cu mișcarea de precesie a momentelor magnetice. Dacă frecvența câmpului de RF este egală cu frecvența de precesie a protonului, acesta, în mișcarea sa de precesie, va absorbi energie. Creșterea energiei înseamnă de fapt trecerea momentelor magnetice din starea paralelă (energie scăzută) în cea antiparalelă (energie înaltă). În figura 2.3 [R1] se prezintă simplificat instalația pentru experiența de RMN: producerea precesiei printr-

un impuls de RF și recepționarea semnalului de rezonanță nucleară corespunzător indus în bobină.

Un impuls al câmpului magnetic de RF care a rotit magnetizația cu 90° se numește impuls de 90° . Această rotire determină o mișcare de precesie în fază a momentelor magnetice individuale .

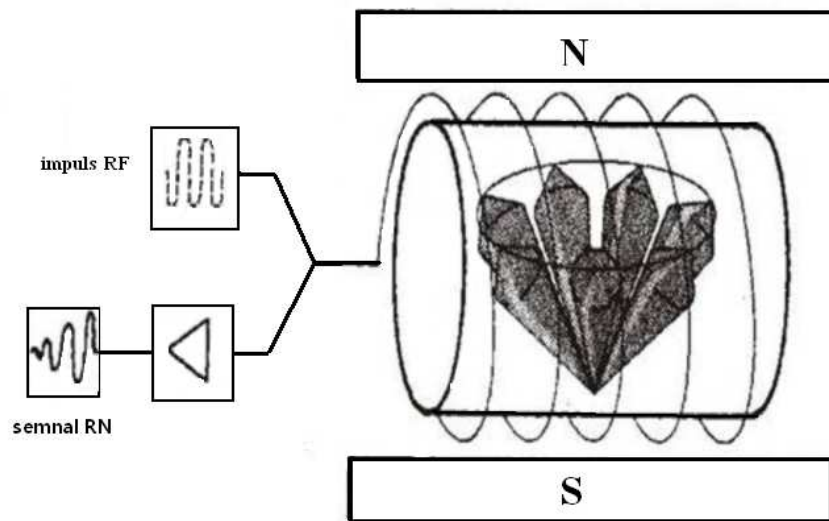


Fig.2.3. Reprezentarea simplificată a unei instalații pentru realizarea experienței de rezonanță magnetică nucleară

Dacă se suprapun gradientii câmpului liniar pe câmpul magnetic principal, acest câmp magnetic este modificat de-a lungul direcției selectate, realizându-se o variație spațială a intensității câmpului magnetic. În practică, semnalele sunt culese de la o mulțime de elemente spațiale, deci inducția nucleară liberă (INL) este un semnal conținând multe frecvențe diferite care pot fi extrase. În asemenea situații, pentru a determina frecvențele individuale (spectrul) se folosește transformata Fourier. Astfel, o formă complexă de semnal este analizată în funcție de frecvențele care o compun. Frecvențele individuale și amplitudinile asociate lor (proporționale cu densitatea nucleară la o localizare spațială particulară) vor putea fi extrase. Simbolul TF implică faptul că cele două domenii sunt legate prin transformata Fourier. Frecvențele celor două semnale definesc localizarea probei în direcția gradientului x. Într-o situație mai generală, localizarea probelor poate diferi atât după coordonata x cât și după y. Transformata Fourier a semnalelor INL rezultate, produce proiecții ale

densității nucleare pe axa x și pe axa y. Din aceste proiecții o imagine poate fi reconstruită prin metoda reproiecției. O reproducere fidelă a obiectului necesită mai multe proiecții diferite. Acestea pot fi obținute prin rotirea gradientului cu creșteri unghiulare mici, fiecare proiecție dând astfel o vedere specifică a obiectului.

Pentru a obține o imagine în secțiune trebuie excitată o secțiune subțire. Aceasta se obține de obicei făcând ca excitația de RF să fie selectivă spațial. Lărgimea benzii de frecvență a impulsului de excitație împreună cu gradientul de câmp restrâng excitația la nucleele din secțiune.

2.2.3.2. Echipamentul tomografului cu Rezonanță Magnetică Nucleară

Nucleul de hidrogen, protonul, este cel mai simplu și mai abundent element din organismul uman. Țesuturile omenești sunt formate în mare parte din protoni, iar densitatea de protoni este o caracteristică a fiecărui țesut. Imaginea reconstruită în RMN arată împrăștierea protonilor într-o secțiune, dar ea poate să conțină și alți parametri (timpii de relaxare) care dau informații despre structura chimică a țesuturilor și cu ajutorul cărora se pot discerne țesuturi cvasidense, dar de structuri diferite, cum sunt de exemplu creierul și lichidul cerebrospinal. Tomografia cu RMN furnizează imagini ale densităților spinilor nucleari, ale vitezelor de relaxare ale magnetizării nucleare, ale vitezelor de curgere a fluidelor și ale deplasărilor chimice. Nucleul cu cea mai mare sensibilitate în detecția RMN este cel al atomului de H_2 . În compoziția substanțelor biologice există și alți izotopi care posedă spini nucleari, dar care au abundență naturală sau o concentrație relativ scăzută în țesuturile umane și ca atare pot fi foarte greu detectate prin RMN.

Structura tomografului computerizat cu RMN diferă de la un constructor la altul, funcție de metoda de reconstrucție a imaginilor adoptată, modul de excitație, sistemul de magneți. În general se pot pune în evidență blocurile prezentate în schema bloc din figura 2.4.[R1].

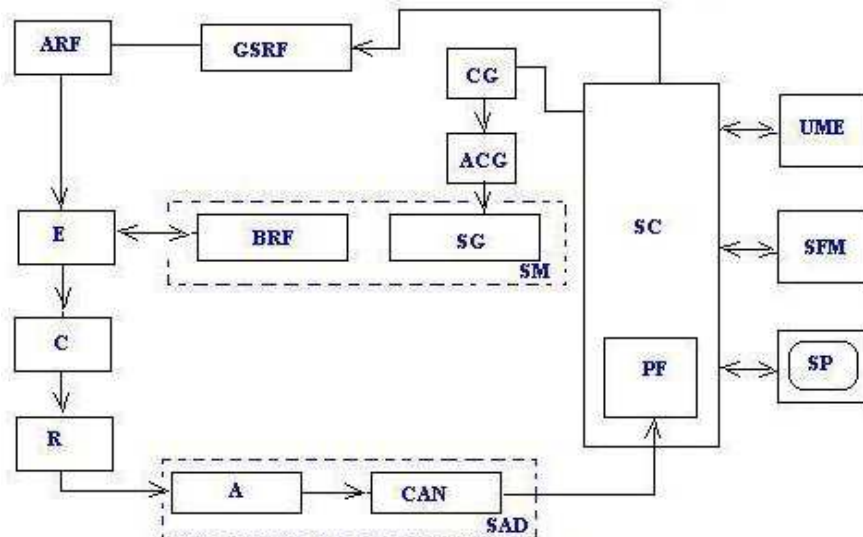


Fig 2.4. Schema bloc a tomografului computerizat cu RMN

SM-sistem de magneți; BRF-bobine de radiofrecvență; SG-Sistem de gradienti; SC-sistem de calcul; PF-procesor Fourier; CG-comandă gradienti; ACG-amplificare și control gradienti; GSRF-generare selectare RF; ARF-amplificator RF; E-emițător; C-comutator; R-receptor; A-adaptor; CAN-Covertor analog-numeric; SP-sistem periferic; SFM-sistem fotografic multiformat; UME-unitate de memorie externă.

Una din caracteristicile tomografiei computerizate cu RMN este absența aproape în totalitate a părților mecanice în mișcare. Spre deosebire de tomografia computerizată cu raze X, tomografia computerizată cu RMN nu este o tehnică a transmisiei, adică nu este nevoie să se rotească sau să se deplaseze o sursă în planul tomografiei. Deschiderea sursei de excitație este în frecvență nu în spațiu. Selecția spațială este realizată transformând frecvența semnalului într-o funcție unică a coordonatelor spațiale. Aceasta se obține prin suprapunerea gradientilor câmpului magnetic peste câmpul magnetic principal.

Sursa de excitație este un emițător de RF, care cedează un câmp magnetic variabil, perpendicular pe câmpul magnetic static. Răspunsul nucleelor din țesuturi la excitația de RF induce un semnal de RF în bobina receptorului. Analiza acestui semnal în funcție de frecvență și amplitudine permite reconstrucția imaginii.

Deoarece parametrul cheie în RMN este inducția magnetică a câmpului, aceasta face ca sistemul de magneți (SM) să fie elementul cel mai critic. El generează câmpul static de inducție, intens, riguros omogen, stabil în timp și cât mai extins în spațiu. Trebuie ca la un diametru al probei de 0.5m, tălpile polare să

menține o omogenitate de 1-10 ppm sub aspectul variațiilor temporale și spațiale. Se utilizează câmpuri magnetice cu inducții de 0.15-2T. În creșterea inducției, semnalul detectat este mai puternic, dar se înrăutățește raportul semnal/zgomot, cresc pierderile prin curenți turbionari și se atenuază frecvențele înalte. Inducția magnetică optimă a câmpului pentru obținerea imaginilor cu RMN este încă un subiect controversat. În timp ce adâncimea de pătrundere a câmpului de RF scade cu creșterea inducției magnetice, există o creștere foarte mare a sensibilității detecției odată cu creșterea inducției magnetice. În practica medicală este importantă reducerea duratei de explorare și îmbunătățirea rezoluției spațiale. Rezultate bune pentru imagini ale întregului corp sau obținut cu inducții de 35T. Pentru a produce câmpul magnetic static necesar magnetizării nucleelor există patru tipuri de magneți :

- permanent (miez feromagnetic premagnetizat)
- rezistiv (miez feromagnetic excitat electric)
- rezistiv(conductor de cupru au aluminiu, excitat electric)
- supraconductor (conductor de niobium-titan la temperatură criogenică).

Magneții permanenți sunt cei mai economici, realizează inducții magnetice maxime de 0.3T, au nevoie de temperaturi foarte stabile pentru a realiza omogenitatea campului și au o greutate mare (10 tone).

Magneții rezistivi realizează o inducție maximă a campului de 0.2T, au un consum foarte mare de energie electrică, dar și o fiabilitate mărită.

Magneții supraconductori permit producerea de câmpuri magnetice foarte puternice (pana la 2T la un diametru de 100 cm), sunt foarte scumpi, au nevoie de heliu și azot ca lichide de răcire, au un câmp magnetic foarte stabil. Cele mai multe CT-uri cu RMN utilizează magneții de tipul rezistiv cu miez feromagnetic excitat electric sau supraconductor.

Sistemul de gradienti (SG) este elementul important care permite obținerea de informații separabile despre probe. Prin suprapunerea unui gradient-câmp liniar variabil în spațiu și constant în timp peste câmpul static (realizat de obicei prin construcția tălpilor polare oblice) la o anumită frecvență, numai o anumită suprafață în volumul studiat va rezona. Valoarea gradientului de câmp magnetic determină rezoluția imaginii. Datorită micilor neomogenități ale câmpului magnetic din interiorul corpului, lucru care se explică prin susceptibilitățile magnetice diferite ale moleculelor care alcătuiesc organismul, apar gradienti locali de câmp magnetic numiți gradienti

de fond. Gradientul aplicat întregului corp trebuie să aibă în zona investigată o valoare mult mai mare decât gradientul local de fond pentru a obține rezoluție bună și din această cauză valoarea gradientului aplicat întregului corp crește spre valori de 10 T/m. Astfel de valori fiind greu realizabile, s-a elaborat o secvență de aplicare a unor impulsuri de gradient și impulsuri de radiofrecvență care să diminueze mult efectul gradientului de fond. Secvența de impulsuri începe cu un impuls de radiofrecvență de 90° la momentul $t=0$. Acest impuls este urmat de alte cinci impulsuri de radiofrecvență de 180° . Recepționarea semnalului util se face la momentul $t=10 \cdot 3.14$, unde π (3.14) este o bază de timp pentru aplicarea secvenței de impulsuri și valoarea lui se alege experimental pentru a obține atenuarea maximă a gradientului de fond (100-300 microsec). În intervalul dintre primul și al doilea impuls de 180° se aplică un gradient pozitiv de amplitudine A. În următoarele două intervale se aplică un gradient negativ, de aceeași amplitudine, după care în ultimul interval din nou se aplică un gradient pozitiv. Cu această tehnică, valoarea gradientului aplicat întregului corp se reduce de aproximativ 10 ori față de metoda directă (impuls de 90° urmat de aplicarea gradientului și detecția semnalului) la aceeași rezoluție.

Bobina de RF (BRF) generează câmpul magnetic de excitație (curenți mari) și culege semnalele INL purtătoare de informații (curenți mici). Câmpul generat de bobinele de RF acționează perpendicular pe câmpul magnetic static principal. Recepția se poate face și cu altă bobină specială adaptată ortogonal. Așa cum omogenitatea câmpului magnetic static este o calitate a unui magnet, având implicații asupra calității imaginii și omogenitatea câmpului de RF este un parametru important.

Emițătorul (E) produce un semnal de RF foarte stabil, care este transmis bobinelor de radiofrecvență. Semnalul este amplificat până la nivelul corespunzător excitației prin impulsuri. Puterea emițătorului este de 1-10kW, dar pacientul primește doar câțiva wați.

Receptorul (R) captează din bobinele de RF semnalul de inducție nucleară liberă (INL) care este de ordinul microvolților (semnal de circa 10 ori mai mic decât cel emis), îl amplifică într-un etaj de preamplificare, după care îl mixează într-o bandă de audiofrecvență cu una sau două etaje de amplificare.

Sistemul de achiziții de date (SAD) recepționează, amplifică, filtrează și

mixează semnalul de INL cu un semnal de la un oscilator local pentru reducerea frecvenței în domeniul audio, îl prelucrează în scopul reducerii zgomotului prin mediere în blocul adaptor (A) și cuantifică printr-un convertor analog numeric (CAD) semnalul rezultat, transpunând apoi datele obținute într-o memorie sau la procesorul Fourier.

Sistemul de calcul (SC) reconstituie imaginea din datele obținute, realizează prin sistemul periferic (SP) dialogul cu operatorul, comandă, controlează și supraveghează funcționarea celorlalte subsisteme. Semnificația semnalelor INL și deci natura prelucrării la care acestea sunt supuse în cadrul sistemelor de achiziție și de prelucrare diferă funcție de tehnicile de excitație, detecție și reconstrucție folosite. La instalarea CT cu RMN trebuie avut în vedere faptul că materialele feromagnetice din vecinătate pot produce distorsiuni ale câmpului magnetic al sistemului, degradând astfel calitatea imaginii, iar câmpul magnetic al sistemului poate interfera cu cel al altor aparate electromedicale.

2.2.4. Tomografia computerizată cu ultrasunete

2.2.4.1. Funcțiile și caracteristicile subsansamblurilor componente

Procedeele de măsurare și eșantionare permit obținerea de imagini în secțiune a căror reprezentare poate fi echivalentă cu cea a CT-ului Roentgen și cu RMN, dar nu necesită reconstrucție numerică a imaginii bazată pe considerente matematice. La echipamentele de astăzi se poate utiliza reconstrucția numerică a imaginii, obținându-se în acest fel o creștere a rezoluției și o îmbunătățire a calității imaginii. Toate procedeele de diagnostic medical cu ultrasunete se bazează pe tehnica impulsurilor reflectate (impulsuri-ecou).

Un emițător de înaltă frecvență excită cu oscilații electrice de durată scurtă (impulsuri) un traductor piezoelectric, care le convertește în oscilații mecanice sub formă de ultrasunete. Acestea se propagă cu viteza ultrasonică în mediul de investigat. Frontul de undă rezultat este direcționat într-un fascicul îngust de traductorul ultrasonic către organismul care trebuie investigat. Când fasciculul ultrasonic atinge o suprafață de discontinuitate dintre două țesuturi care au impedanțe acustice (Z) diferite, se produc reflexii ale undei incidente. O parte a energiei ultrasonice se reflectă în unda reflectată (impuls-ecou) reîntorcându-se la traductor, unde este transformată în semnal electric utilizat la reconstrucția imaginii. O altă parte din unda ultrasonică incidentă se va refracta (transmite) pe suprafața de

discontinuitate avansând spre zone mai îndepărtate (profunde).

Traductoarele de ultrasunete sunt cuplate cu pielea pacientului printr-un gel special sau un mediu apos, care determină un drum fără aer pentru undele sonore și care au impedanțele acustice de valori apropiate cu cele ale țesuturilor umane moi. Datorită valorilor apropiate ale impedanțelor acustice a diverselor țesuturi moi din corp, coeficientul de reflexie acustică poate fi mai mic de 1% pe suprafețele de separație ale acestor țesuturi. Dimpotrivă, valorile impedanțelor acustice ale oaselor și ale aerului diferă mult de ale țesuturilor moi, încât la suprafață are loc o reflexie aproape totală a unei ultrasunice incidente. Astfel, accesul la organele sau țesuturile din spatele oaselor este îngreunat. Trebuie menționate și atenuarea suferită de ultrasunete în țesuturi care este de circa 2dB/cm la o frecvență a ultrasunetelor de 2MHz. Aceasta pretinde calitate corespunzătoare electronicii de recepție.

US sunt emise și recepționate de traductorul ultraacustic piezoelectric, care are rolul de a transforma tensiunea electrică în US și reciproc.

Cerințele tehnice necesare unui bun traductor de US sunt: putere acustică de 10...100 Mw/cm², pentru tensiune de alimentare sub 100 V_{ef}; randament cât mai bun; raport semnal/zgomot maxim; ecouri false minime (amortizarea unei spate); să oscileze doar pe frecvența de rezonanță; manevrabilitate crescută.

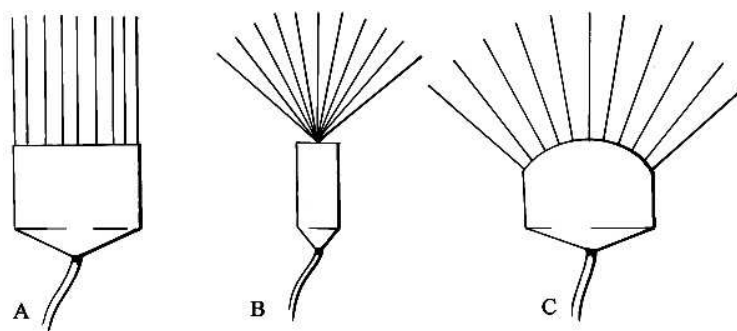


Fig.2.5. Tipuri de traductoare si fascicul ultrasonor:A) linear;B)sectorial;C)convex

După deplasarea fasciculului US în planul analizat, există două metode de obținere a imaginilor ecografice în timp real: metoda mecanică și cea electronică.

În cazul metodei mecanice sunt utilizate traductoare mecanice pentru scanare în timp real.

Cateva exemple de traductoare mecanice ar fi (fig. 2.5)[***] :

- traductorul cu explorare paralelă, care este mare dar incomod
- traductorul sectorial care are avantajul unei suprafețe mici de contact cu pacientul, în schimb rezoluția scade cu adâncimea de pătrundere
- traductorul cu tambur rotativ, la care fiecare cristal din cele n existente este activ cel mult a n -a parte din perioada de rotație a tamburului.

În cazul metodei electronice forma fasciculului US poate fi modificată prin fragmentarea traductorului în mai multe elemente (până la 400 pe cca. 150 mm) și prin excitarea adecvată, cu linii de întârziere, a fiecărui element.

2.2.4.2. Modurile fundamentale de reprezentare a informației vizuale ultrasonore

Informația vizuală ultrasonoră este reprezentată prin modul A, modul M (numit anterior TM – “time-motion”), modul B (“brightness”) și modul timp real.

Pentru modul A (cel mai vechi procedeu de scanare) se folosește un traductor static care emite un impuls spre țesut. Pe ordonata display-ului (osciloscop sau înregistrator) se afișează amplitudinea ecoului iar axa orizontală reprezintă timpul sau distanța. Blocul de control comandă generatoarele de impulsuri - de rampă pentru deflexia orizontală și de marcăre pentru etalonarea pe orizontală. Generatorul de rampă realizează și compensarea în timp (distanță) a câștigului amplificatorului. Avantajul este cel al simplității și al afișajului în timp real. Ca limitare principală, semnalul este monodimensional, utilizarea fiind restrânsă.

Modul TM este folosit mai ales în cardiologie și sistem circulator, este util vizualizării părților în mișcare. Prezența și intensitatea ecourilor sunt redată prin modularea intensității spotului tubului de afișare pe o rampă aplicată deflexiei pe verticală, în puncte care corespund poziției surselor ecourilor. În mod analog, rampa T, aplicată deflexiei pe orizontală, poziționează următoarea rampă D. Pe afișaj, care poate fi un tub cu remanență mare sau un monitor cuplat la o memorie digitală, se poate urmări evoluția surselor de ecou aflate pe direcția (fixă) examinată. Semnalul monodimensional astfel format poate fi înregistrat prin filmare sau cu un videorecorder.

Modul B este modul de reprezentare în timp real și este de fapt modul la care viteza de scanare este suficient de mare pentru a urmări mișcarea țesutului vizualizat. Reprezentarea în timp real este cel mai des folosită, deoarece permite obținerea imaginilor bidimensionale și chiar tridimensionale ale țesutului examinat.

La vizualizarea în modul B are loc o mișcare de explorare a fasciculului ultrasonic în planul secțiunii corpului investigat, ecurile obținute vor fi vizualizate prin modificarea instantanee a strălucirii spotului pe ecran (modulație Z). Dacă poziția și direcția momentană a traductorului de ultrasunete mobil este corelată cu poziția și direcția de deplasare a spotului luminos pe ecran se obține o imagine bidimensională la scară a secțiunii corpului cercetat. În acest fel se produce o imagine din puncte modulate în intensitate luminoasă (strălucire) numită imagine B (B de la "Brightness") care este conformă cu secțiunea explorată. Deoarece se obține o imagine bidimensională a secțiunii corpului, metoda de vizualizare B este o metodă de tomografie ultrasonică.

În modul de vizualizare B s-au realizat diverse mecanisme de explorare: explorare paralelă (cu traductor multielement constând din 120 elemente piezoelectrice excitate succesiv), explorare sector (cu traductor ultrasonic rotit automat, fasciculul ultrasonic baleind o zonă de forma unui sector de cerc, explorare compusă în care sunt posibile diferite mișcări de explorare cu ajutorul unui sistem mecano-electronic).

La instalațiile de diagnostic prin imagini cu ultrasunete, rezoluția în direcția de baleiere este limitată de lungimea fasciculului ultrasonic care variază între 2 și 6 mm. Totodată, rezoluția este limitată și de numărul rândurilor de imagine la circa 180, care se pot reprezenta pe ecran cu 256 sau 512 rânduri. În schimb, rezoluția de-a lungul rândului, în direcția de intrare, la o durată a impulsului ultrasonic de 1microsec, crește până la 1mm.

Un aparat de explorare cu ultrasunete este compact, ușor transportabil, mult utilizat în practica medicală. Traductorul multielement este compus din 120 elemente piezoelectrice individuale de 2x4 mm pătrați care emit impulsuri ultrasonice la o frecvență de bază cuprinsă între 2 și 10MHz. Semnalele recepționate sunt amplificate logaritmice în funcție de atenuarea în țesut a ultrasunetelor, apoi sunt filtrate și vizualizate pe ecran. Frecvența impulsurilor este de 2 până la 5 KHz și nu poate fi mărită mai mult din cauza timpului necesar pentru propagarea ecurilor prin țesut spre traductor. Oricum, această frecvență este suficient de înaltă pentru a se obține 15-30 imagini/s.

Mai recent, în instalațiile de diagnostic prin vizualizare, se folosește prelucrarea numerică. În acest scop se utilizează memorii numerice pentru imagini,

iar semnalele de ultrasunete reflectate sunt digitizate cu 4 până la 8 biți și apoi sunt memorate. Prin prelucrare digitală și prelucrări speciale se poate îmbunătăți calitatea imaginii și crește rezoluția.

În cercetările care se întreprind la echipamente pentru diagnosticul prin vizualizare cu ultrasunete, se urmăresc variante în care să se folosească algoritmi de reconstrucție a imaginii de la CT Roentgen. Aceste variante permit obținerea unor rezoluții mai bune în toate direcțiile și o îmbunătățire a calității imaginii. La aceste variante pacientul este explorat din diferite direcții și imaginea se reconstruiește din proiecții, care se obțin cu ajutorul ultrasunetelor propagate prin țesuturi. În comparație cu modul B convențional, CT permite obținerea unor imagini superioare și creșterea rezoluției.

2.3. Echipamentul de investigație cu ultrasunete Zebris

Echipamentul Zebris este un sistem performant de analiză tridimensională a coloanei vertebrale, care utilizează ultrasunetele pentru măsurarea coordonatelor 3D ale fiecărei vertebre, permițând determinarea unor parametri în plan frontal, sagital și transversal ai coloanei vertebrale. Echipamentul furnizează proiecții schematice în cele trei plane biologice și o serie de parametri numerici specifici fiecărui plan. Analiza buletinelor de analiză permite identificarea și clasificarea deviațiilor coloanei investigate.

Sistemul constă din trei părți: o sursă de semnal (transmitator de ultrasunete), microfoane care vor fi aplicate pe corp pentru a recepția ultrasunetele și o unitate centrală. În baza semnalului detectat și prelucrat de calculator, acesta poate determina poziția microfoanelor cu erori de mai puțin de o zecime de milimetru prin metoda triangulației.

În figura 2.6 [***] este prezentată o imagine de ansamblu a echipamentului Zebris.

Un indicator "pointer" poate fi utilizat pentru asocierea microfoanelor cu puncte anatomice de pe suprafața corpului uman, care este necesar să aibă poziții specificate.

Prelevarea coordonatelor și utilizarea metodei triangulației, care presupune stabilirea unui sistem de referință, asigură calculul aproximativ al unor distanțe.



Fig.2.6. Structura echipamentului Zebris

Figura 2.7 prezintă schema principală de măsurare a echipamentului. Sistemului de microfoane formează și se atașează sistemul de axe x, y, z . Punctele corespunzătoare microfoanelor împreună cu sursa $S_2(x_d, y_d, z_d)$ un tetraedru oarecare. Din figură se pot deduce:

$$x_d = \frac{d_2^2 - d_1^2 + a^2}{2a}, \quad (2.4)$$

$$h_d = \frac{d_2^2 - d_3^2 + b^2}{2b}, \quad (2.5)$$

$$z_d = \sqrt{d_2^2 - x_d^2 - y_d^2}. \quad (2.6)$$

Formulele generale pentru coordonatele punctului sunt:

$$x_d = \frac{a}{2}, \quad y_d = \frac{b}{2}, \quad z_d = \sqrt{d^2 - (a^2 + b^2)/4}. \quad (2.7)$$

Distanțele vor fi de forma :

$$Y = \frac{d_1^2 - d_2^2}{4a}, \quad (2.8)$$

$$Z = \frac{d_3^2 - 0,5(d_1^2 + d_2^2) + a^2 - b^2}{2b}, \quad (2.9)$$

$$X = \sqrt{(d_1^2 - (y + a^2) - z^2)}. \quad (2.10)$$

$$\underline{R}_p = R_{S1} + \frac{a+b}{a}(R_{S2} - R_{S1}). \quad (2.11)$$

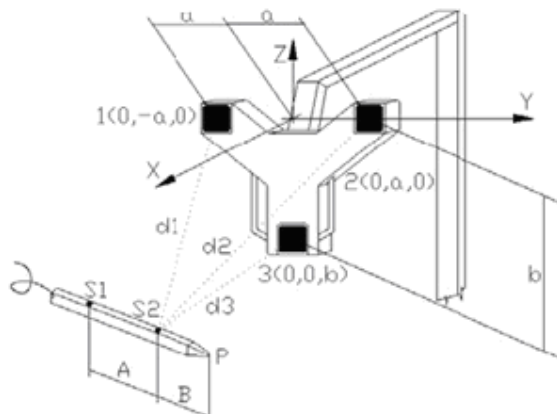


Fig.2.7. Metoda de detecție a punctelor anatomice prin metoda triangulației

Măsurătorile efectuate de echipamentul Zebris permit aprecieri privind forma, postura și mobilitatea coloanei vertebrale.

2.3.1. Măsurări ale parametrilor posturali ai coloanei vertebrale

În cadrul unei măsurători, pacientul este situat în partea din față a dispozitivului și va avea aplicate trei microfoane fixate rigid pe talie. Medicul care efectuează măsurătoarea utilizează indicatorul de test (pointerul) pentru a detecta linia coloanei vertebrale în funcție de pozițiile proceselor spinose ale vertebrelor.

Metoda constă în palparea locației punctelor anatomice, proceselor spinose ale apofizelor vertebrelor, aplicarea pointerului pe acestea și apăsarea butonului pentru confirmarea poziției acestora către calculator. Fiecare punct anatomic va fi redat în coordonate spațiale 3D prin metoda triangulației. În figurile 2.8 și 2.9 sunt redate modalitățile de efectuare a măsurătorilor, cât și confirmarea achiziției datelor de către calculator .

Aceast sistem se poate utiliza și pentru măsurarea în diferite poziții ortostatice ale coordonatelor anatomice a pacientului.

După efectuarea măsurătorilor, calculatorul generează un raport care redă forma grafică a coloanei vertebrale și coordonatele numerice ale fiecărui punct anatomic măsurat în cele trei planuri (sagital, frontal, transversal) – fig. 2.10.



Fig.2.8. Efectuarea măsurătorilor cu echipamentul Zebris

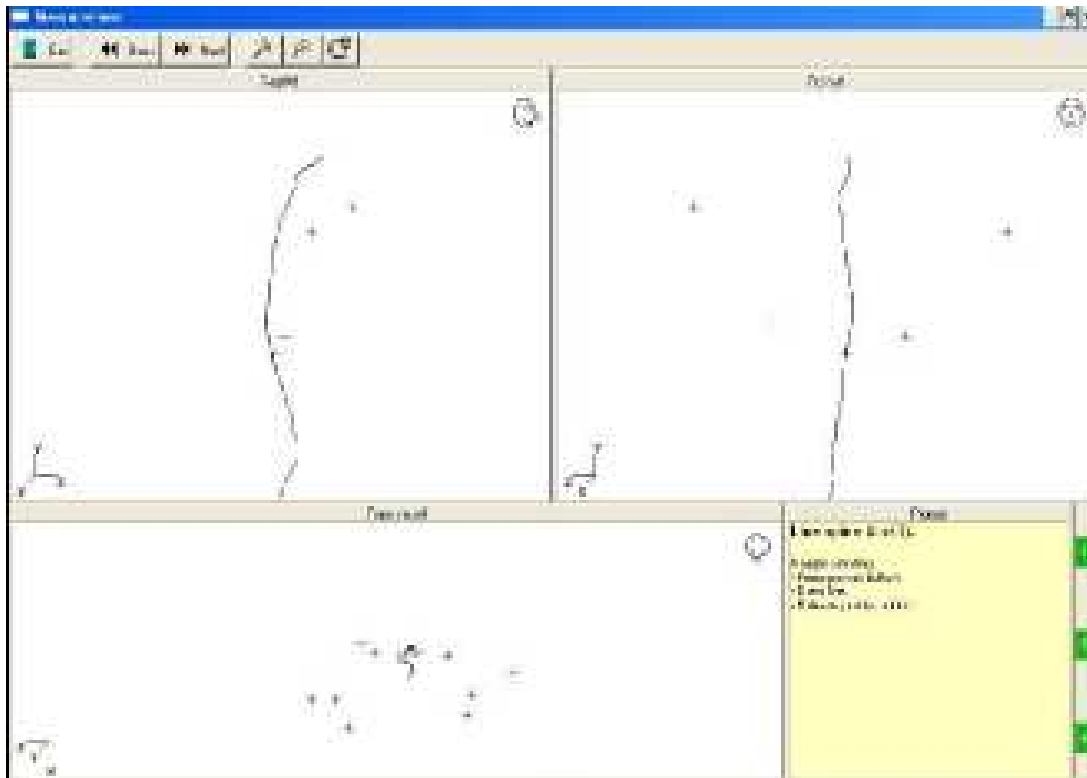


Fig.2.9. Achiziția punctelor prelevate de către medic

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

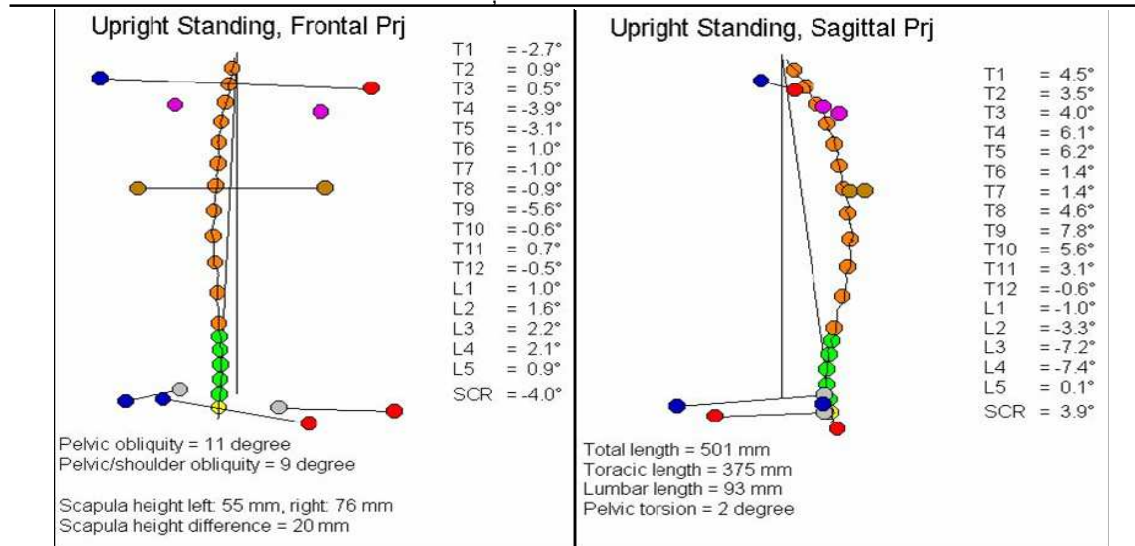


Fig.2.10. Raport generat de echipamentul Zebris

2.3.2. Măsurări ale mobilității coloanei vertebrale

Aceste măsurări au ca scop analiza mișcărilor, mobilității coloanei vertebrale, determinarea variației angulare și basculării trunchiului în diferite momente. Procesul de măsurare este identic cu cel al măsurării posturale necesitând în plus o serie de mișcări ale pacientului: balansul trunchiului înainte și înapoi, lateral, rotația trunchiului.

Sistemul generează un raport care conține diagrame ale mișcărilor, și unghiurilor rezultate (fig. 2.11 și 2.12).

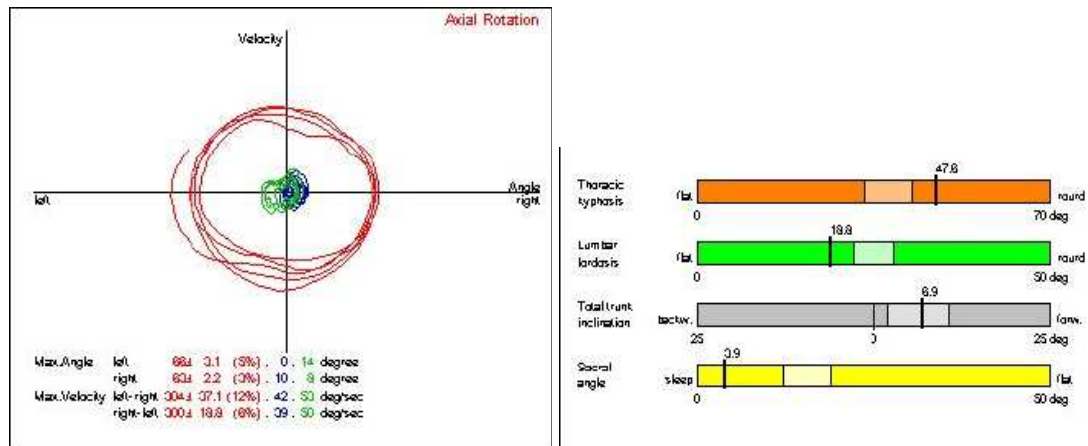


Fig. 2.11. Raport generat de echipamentul Zebris privind mobilitatea coloanei vertebrale

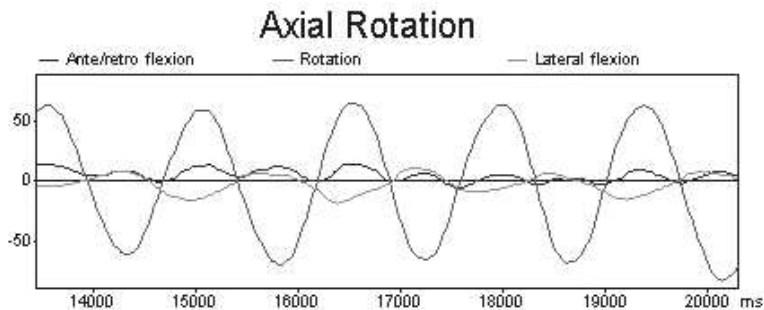


Fig. 2.12. Diagrama mișcărilor

Avantajele acestei metode constau în faptul ca determină atât forma și postura coloanei vertebrale, cât și mobilitatea mișcărilor acesteia. Este o metodă noninvazivă.

2.4. Echipamentul de investigație cu scanare optică 3D InSpeck

Sistemele optice InSpeck sunt o ultimă noutate pe piața scanării 3D a corpului uman care utilizează o tehnică noninvazivă, noncontact, pentru diverse măsurări în domeniul medicinei și modelării corpului uman fără a utiliza scanarea cu laserul.

Tehnologia InSpeck utilizează camere digitale Capturor, care, în diverse configurații, sunt capabile sa redea geometria 3D (forma) a corpului uman, culorile și texturile foarte fine în mai puțin de o secundă, mult mai rapid față de tehnicile care utilizează laserul.

Procesul de scanare are la baza 3 până la 6 camere digitale de preluare a imaginilor dispuse astfel încât să focalizeze pe o distanță bine stabilită și să asigure intersecția cu axelor optice într-un punct.

Camera digitală este alcătuită dintr-un dispozitiv de iluminare, un senzor de lumină și un obiectiv de preluare a imaginii. Camerele sunt montate pe dispozitive de susținere și fixare (fig. 2.13 a,b).

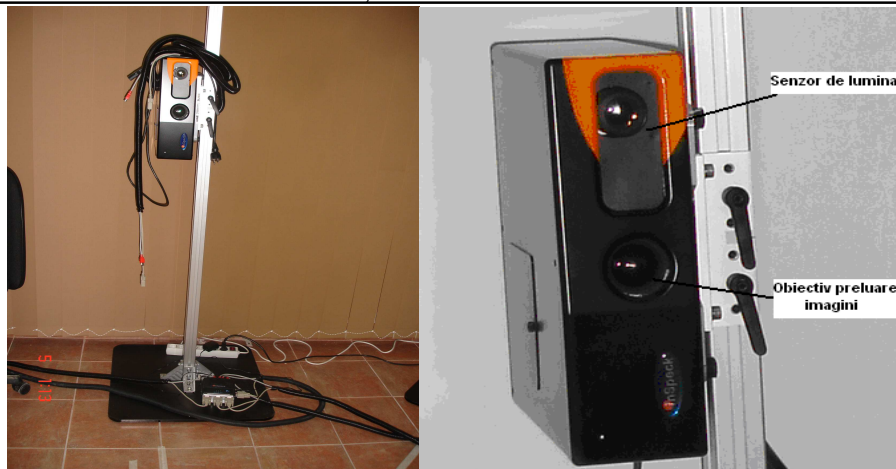


Fig.2.13 a) Dispozitiv de susținere și fixare b) Camera digitala Inspek

Multe sisteme complexe utilizează doi sau trei senzori de lumină. Procesul de măsurare este similar metodei de scanare cu laser, dungile proiectate pe suprafață fiind măsurate utilizând metoda triangulației. Măsurarea are loc într-un singur pas, și întreaga suprafață poate fi cifrată printr-o singură achiziție. Totul se întâmplă în mai puțin de o secundă, astfel că orice mișcare necontrolată a pacientului nu constituie o problemă. Câmpurile de măsurare pentru asemenea dispozitive de măsurare sunt limitate (nu pot măsura întregul corp). Pentru a măsura suprafețe mai mari este necesar să se utilizeze camere digitale multiple. Pentru a crește rezoluția dungile proiectate pe suprafață sunt schimbate și sunt obținute scene multiple. Este o metodă ușor de folosit, cu viteză de capturare mare, capacitate de a măsura texturi și forme în mod simultan. Pentru capturarea 3D a imaginii corpului uman în întregime, sunt necesare 6 camere, iar pentru vizualizarea unei jumătăți a imaginii corpului uman, în general torsul, sunt suficiente numai 3. Poziționarea pacientului este încadrată într-o formă triunghiulară iar camerele sunt montate la extremitățile triunghiului. Acestea sunt dispuse câte 3 sau câte 6 conform figurilor 2.14 și 2.15[***].

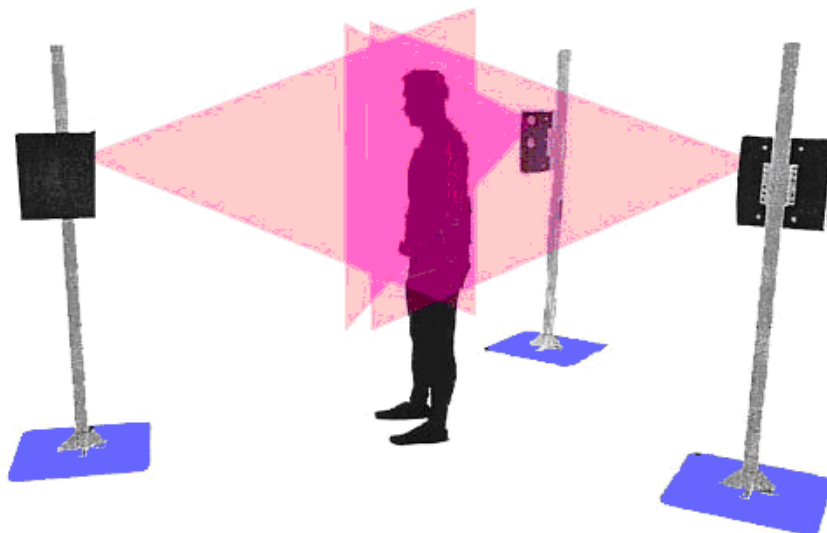


Fig.2.14. Aranjamentul camerelor și poziția pacientului utilizând 3 digitizeri (sistemul Halfbody)

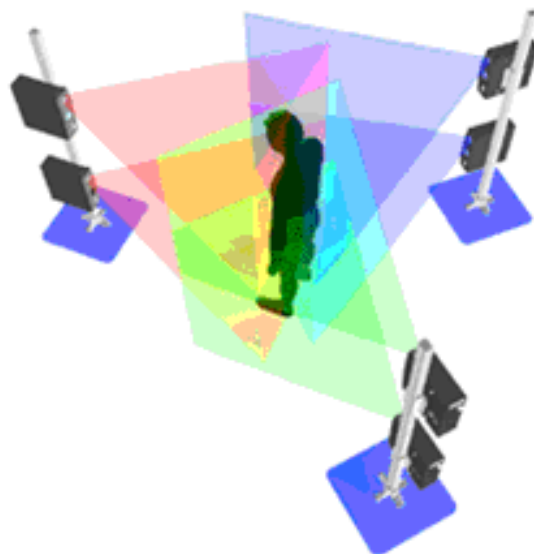


Fig.2.15. Aranjamentul camerelor și poziția pacientului utilizând 6 digitizeri

Echipamentul InSpeck necesită și un calculator pentru achiziția imaginilor (fig. 2.16). Sistemul achiziționează trei imagini care vor fi salvate separat (fig. 2.17.)

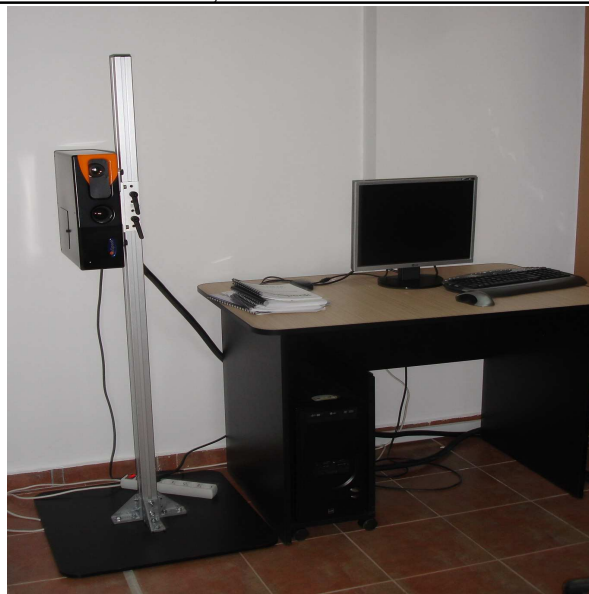


Fig.2.16. Echipamentul de investigație Inspek



Fig.2.17. Imagini furnizate de camerele 1, 2 și 3

În procesarea imaginii și modelarea 3D se utilizează software-ul InSpeck FAPS. Informația 3D este generată și extrasă 2D. Imaginile achiziționate, în număr de 3 (două din față și una din spatele pacientului), vor fi prelucrate cu ajutorul softului EM inclus în echipament. Cu ajutorul acestuia, imaginile sunt unite și puse în simetrie formând silueta 3D a corpului uman (fig. 2.18).

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

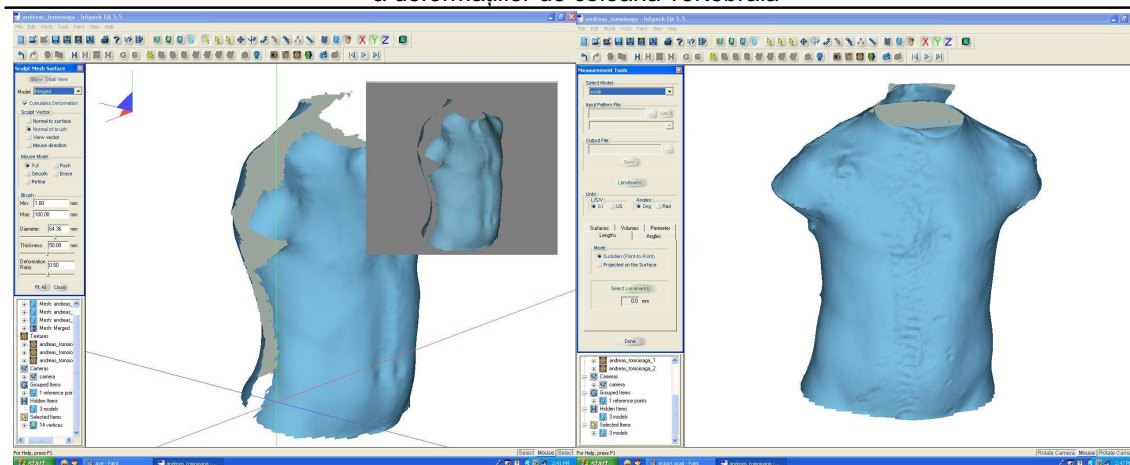


Fig.2.18. Procesarea și prelucrarea imaginilor cu echipamentul inspek

Procedura are și un dezavantaj și anume acela că multiplele unități de scanare nu pot fi utilizate simultan atâta timp cât interferează cu proiecțiile de lumină ale celorlalte unități de scanare. Practic, ar trebui să fie utilizate în mod serial, ceea ce implică un timp de achiziție mai mare.

2.5. Concluzii și contribuții personale

Capitolul al doilea 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 noninvasive, 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 radițiile 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 imagini 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,

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

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.

Sunt prezentate principiile de funcționare, performanțele, avantajele și dezavantajele fiecărei clase de echipamente. În sinteză, se prezintă un tablou comparativ al diverselor echipamente de investigare, în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3. Tablou comparativ al echipamentelor utilizate în investigarea coloanei vertebrale

Echipament Criteriu	Aparat Roentgen	Tomograf Roentgen	Tomograf RMN	Tomograf cu US	Zebris cu US	InSpeck cu scanare optică
Element activ de interacțiune cu corpul uman	radiație X	radiație X	câmp magnetic	unde ultrasonice	unde ultrasonice	lumina albă
Existența contactului fizic al echipamentului cu corpul pacientului	contact	contact	contact	contact	noncontact	noncontact
Caracterul plan/spațial al imaginii	2D	2D	2D	2D	3D	3D
Numărul imaginilor prelevate	unică	multiplă cu factor ridicat	multiplă cu factor ridicat	multiplă cu factor ridicat	multiplă (în 3 plane - frontal, sagital, transversal)	multiplă (în 3 plane - frontal, sagital, transversal)
Caracterul informațiilor furnizate de imagine	calitativ	calitativ	calitativ	calitativ	calitativ și cantitativ	calitativ și cantitativ
Caracter analogic/digital al imaginii	analogic sau/și digital	digital	digital	digital	digital	digital
Cost/investigație	scăzut	ridicat	ridicat	ridicat	scăzut	scăzut
Durata investigației	câteva minute	câteva minute... câteva zeci de minute	câteva minute... câteva zeci de minute	câteva minute... câteva zeci de minute	~10 min	~10 min
Disponibilitatea echipamentelor	echipament tradițional existent în majoritatea clinicilor	prezent în clinici mari și unele cabinețe private de specialitate	prezent în clinici mari și unele cabinețe private de specialitate	rare întâlnit	rare întâlnit	în fază de cercetare experimentală
Măsura în care aparatură este adekvat investigației coloanei	mică (aparatură cu uz de maximă generalitate)	mică (aparatură de uz general, cu adekvare maximă în alte examene paraclinice)	mică (aparatură de uz general, cu adekvare maximă în alte examene paraclinice))	mică (aparatură de uz general, cu adekvare maximă în alte examene paraclinice)	mare (utilizare indicată)	exclusivitate (echipament dedicat)

Analiza tabelului 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.

Contribuțiile personale în prezentul capitol pot fi formulate astfel:

- identificarea și clasificarea metodelor și tehnologiilor utilizate pentru diagnosticarea coloanei vertebrale
- descrierea principiilor de funcționare, a unor caracteristici constructive, a performanțelor și limitelor de utilizare pentru aparatele Roentgen, Computer – Tomograf Roentgen, Computer – Tomograf cu rezonanță magnetică nucleară, Computer – Tomograf cu ultrasunete, Echipamentul Zebris cu ultrasunete și sistemul InSpeck cu scanare optică
- evaluarea comparativă a performanțelor echipamentelor utilizate în diagnosticarea coloanei vertebrale. Sunt vizate, în principal, criteriile: caracter invaziv/noninvaziv, informație calitativă/cantitativă, durată și cost al investigației,

oportunitate în examenul paraclinic al coloanei vertebrale.

Bibliografie

[B2],[B4],[B5], [C1], [C2], [C3],[G1], [G2],[G3],[G4],[N2], [N3], [N4], [N5], [N6], [P2],
[R1], [S1], [S3],[T1],[T3], [V1], [V2] [V5],[V6], [***] .

3. METODE DE RECONSTRUCȚIE ȘI PRELUCRARE A IMAGINILOR

3.1. Introducere

Majoritatea aparatelor actuale de imagistică medicală furnizează imagini digitale. Metodele de preluare pot fi diverse, dar toate furnizează, în final, un semnal, care trebuie procesat astfel încât să reconstruiască imaginea asemenea obiectului vizat. Se prezintă, în continuare, o sinteză a conceptelor care stau la baza reconstrucției imaginii, din punct de vedere matematic, precum și câteva observații privind necesitatea și posibilitățile de prelucrare ulterioară a imaginii.

3.2. Metode de reconstrucție a imaginii

3.2.1. Reconstrucția din proiecții

În cazul reconstrucției din proiecții a imaginii, transformatele Fourier ale semnalelor INL sunt interpretate ca proiecții ale unor funcții care reprezintă fie densități de nuclee de un anumit tip, fie valori ale timpilor de relaxare T1 și T2, fie combinații ale acestor mărimi. Transformatele Fourier ale SINL reprezintă proiecții ale densității protonilor, fie valori ale timpilor de relaxare, fie combinații ale acestor mărimi. Pentru cazul bidimensional (2D) problema reconstrucției se formulează în cele ce urmează.

Fie $f(x, y)$ o funcție reală, $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ și fie uov un sistem ortogonal rotit față de sistemul xoy cu unghiul θ variabil. Proiecția după unghiul θ a lui f este dată de formula

$$P_{\theta}(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) dv = \int_{L_u} f(x, y) dl, \quad (3.1)$$

unde L_u este o dreaptă paralelă cu axa ov (formează unghiul θ cu axa oy). Problema

reconstrucției este de a afla valorile lui $f(x, y)$ știind proiecțiile $P\theta(u)$. Pentru cazul discret se află valorile lui f într-un număr finit de puncte, cunoscând valorile lui P pentru diferiți θ și u . În general, trebuie rezolvat un sistem de ecuații integrale, lucru aproximat prin metode numerice adecvate. În cazul tridimensional funcția f se poate obține fie dintr-un set de proiecții 2D, paralele cu planul xoy și apropiate între ele sau din secțiuni plane rotite în jurul unei axe (oy), având deci simetrie radială cilindrică. Metodele de reconstrucție directă 3D pot folosi atât proiecții 2D cât și mulțimi de proiecții 1D Fig.3.1.[C3].

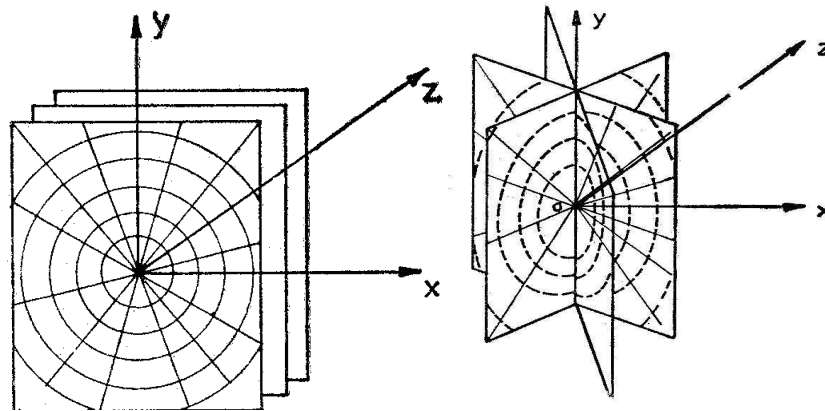


Fig.3.1. Reconstrucția 3D

3.2.2. Principiul transformatei Radon

Problema reconstrucției din proiecții a fost formulată și rezolvată pentru prima dată de către Radon în 1917. Soluția simplă și directă dată de Radon are la baza observația că proiecțiile unei funcții nu sunt altceva decât rezultatul unei transformări integrale liniare aplicate funcției. Transformarea inversă aplicată proiecțiilor va avea ca rezultat chiar funcția originală.

Fie $f(x, y, z) = f(r)$ o funcție reală 3D, $f: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ (în particular o funcție-imagină). Fie un vector oarecare unitar ω și $\forall s \in \mathbb{R}$. Transformata Radon a funcției f , $R(f)$ se definește astfel încât

$$R(f)(s, \omega) = \int f(\mathbf{r}) \delta(s - \mathbf{r}\omega) d^3\mathbf{r}, \quad (3.2)$$

unde integrala se ia peste planul definit de ecuația $\mathbf{r}\omega = s$ iar δ este funcția Dirac. Se observă respectarea definiției proiecției unei funcții. Inversa transformatei furnizează valorile funcției inițiale:

$$f(\mathbf{r}) = R^{-1} \left\{ \int f(\mathbf{r}) \delta(s - \mathbf{r}\boldsymbol{\omega}) d^3\mathbf{r} \right\} = -\frac{1}{8\pi^2} \int_{\boldsymbol{\omega} \in \text{sferă unitate}} d^2\boldsymbol{\omega} \left[\frac{d^2}{ds^2} R(f)(s, \boldsymbol{\omega}) \right]_{s=\mathbf{r}\boldsymbol{\omega}} \quad (3.3)$$

Volumul de calcul fiind foarte mare, transformata Radon are mai mult importanță teoretică.

3.2.3. Metoda convoluției

Principiul metodei convoluției poate fi obținut fie din formula transformatei inverse a lui Radon, fie pe baza proprietăților transformatelor Fourier ale proiecțiilor și ale funcției originale. În ambele cazuri se ajunge la exprimarea funcției imagine sub forma integralei convoluției dintre funcțiile proiecției și o funcție filtru.

Pornind de la transformata Radon, funcția imagine se exprimă ca integrală de convoluție dintre proiecții și o funcție filtru. În cazul discret, pretabil calculului numeric, se obține formula

$$f(x, y) = \frac{a}{K} \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \varphi(x \cos \varphi_k + y \sin \varphi_k - m a) P_{\varphi_k}(m a), \quad (3.4)$$

în care φ este funcția filtru, P_{φ_k} - proiecția funcției imagine f după unghiul φ_k , a - pasul de eșantionare a proiecției, M - numărul de eșantioane ale unei proiecții, K - numărul de proiecții.

$$\varphi_k = \frac{2k+1}{K} \pi, \quad 0 \leq k < K. \quad (3.5)$$

Efortul de calcul necesar este relativ redus, însă alegerea funcției filtru este delicată, criteriile de alegere fiind adesea contradictorii. În principiu trebuie folosit un filtru trece-jos cu rol de a minimiza efectul eșantionării asupra proiecțiilor. Astfel de filtre sunt filtrul Ram-Lak și filtrul Shepp-Logan. Primul oferă rezoluție bună, contraste mari dar este sensibil la zgomot. O altă variantă de filtre se bazează pe metode de cuadratură (Simpson, metoda trapezului etc.), ce calculează aproximativ integralele din formula convoluției. De exemplu, filtrul Horn reduce zgomotul dar și contrastul și taie frecvențele înalte. Practic se pot folosi combinații de filtre diferite, ajungându-se la compromisuri calitative acceptabile.

3.2.4. Metoda transformatei Fourier (TF)

Această metodă de reconstrucție din proiecții se bazează pe faptul că

transformata Fourier a unei proiecții dimensionale a unui obiect dimensional este egală cu secțiunea centrală a transformatei Fourier a obiectului. Rotind proiecțiile și deci secțiunea transformatei Fourier, se poate construi inițial întregul spațiu al transformatei Fourier și apoi obiectul reconstituit, aplicând transformata Fourier inversă. Se menționează ca transformatele Fourier discrete ale proiecțiilor generează o rețea polară de puncte care aproximează transformata Fourier bidimensională a imaginii. De aceea, pentru a obține imaginea în coordonate carteziane este necesară o interpolare bidimensională în planul Fourier, prin care se determină valorile transformatei în nodurile rețelei carteziane.

Cheia metodei este că TF a unei proiecții (n-1)-dimensionale a unei funcții n-dimensionale este egală cu secțiunea centrală a TF a funcției. Rotind proiecțiile, deci secțiunea TF, se poate reface TF completă și apoi, prin TF inversă, se poate reconstitui funcția originală. Se exemplifică metoda pentru cazul 2D, trecerea la n dimensiuni fiind directă.

Fie $f(x, y)$ funcția imagine. TF a ei este

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-2\pi j(ux+vy)} dx dy. \quad (3.6)$$

Proiecția lui f pe axa ox se obține cu formula

$$g_y(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dy. \quad (3.7)$$

TF a proiecției,

$$G_y(u) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-2\pi j ux} dx dy, \quad (3.8)$$

este egală cu secțiunea centrală a TF 2D a lui f :

$$F(u, 0) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-2\pi j ux} dx dy, \quad (3.9)$$

adică

$$G_y(u) = F(u, 0). \quad (3.10)$$

TF a proiecției lui f pe o axa rotită cu un unghi θ este egală cu secțiunea după θ a TF a imaginii. TF discrete ale proiecțiilor produc rețele polare de puncte. Pentru

obținerea imaginii în coordonate carteziene este necesară o interpolare 2D în planul Fourier prin care se calculează valorile TF în nodurile rețelei carteziene.

Algoritmul TF rapide și procesoarele specializate reduc considerabil timpul de calcul, chiar pentru rezoluții spațiale de sute de puncte – fig. 3.2.[C3].

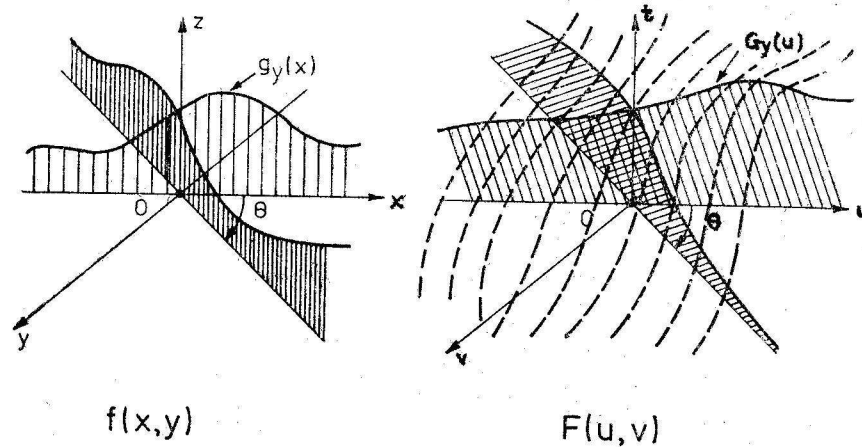


Fig.3.2. Reconstrucția transformatei Fourier a imaginii

3.2.5. Metode algebrice

Fie $f(x,y)$ o funcție imagine de bandă limitată în care, în fiecare element funcția imagine se consideră constantă având valoarea egală cu media valorilor funcției $f(x,y)$ din interiorul elementului:

$$F(u, v) = 0, \quad |u| \geq \frac{1}{2l_x}, \quad |v| \geq \frac{1}{2l_y}, \quad (3.11)$$

și o rețea rectangulară de $(I \times J)$ pixeli, definită de punctele (ml_x, nl_y) , cu $m, n \in \mathbb{Z}$. Proiecția lui f pe o axă oarecare este dată de formula

$$g_k = \sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=0}^{J-1} f_{ij} w_{ijk}, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad (3.12)$$

unde w_{ijk} sunt ponderi ce indică dacă dreapta de proiecție intersectează elementul (i, j) . Rezultă un sistem de ecuații cu necunoscutele f_{ij} , valoarea lui f în punctul (i, j) . Sistemul de K ecuații cu $I \times J$ necunoscute de mai sus este, în general nedeterminat, căci mare parte din w_{ij} sunt nuli. În plus, s-ar opera cu matrici de mari dimensiuni, lucru total neeconomic. Din aceste motive s-au elaborat metode iterative care

determină soluții aproximative ale sistemului de mai sus. Una din metode pleacă de la valori inițiale f_{ij} și determină valori analoage, f_{ij}^q , la iterația q :

$$\begin{aligned} f_{ij}^{q+1} &= f_{ij}^q + \Delta f_{ij}^q, \\ \Delta f_{ij}^q &= \frac{1}{M_{ij}} \sum_{k=1}^K \Delta f_{ijk}^q, \quad M_{ij} \neq 0, \\ \Delta f_{ijk}^q &= \frac{g_k}{L_k} - \frac{1}{N_k} \sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=0}^{J-1} f_{ij}^q, \end{aligned} \quad (3.13)$$

unde L_k este lungimea razei de proiecție k , N_k este numărul de celule intersectate de raza k iar M_{ij} este numărul de raze ce intersectează pixelul (i,j) . Condiția de oprire este ca mărimea

$$\begin{aligned} r &= \sum_{k=1}^K (\Delta g_k)^2, \\ \Delta g_k &= \sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=0}^{J-1} \Delta f_{ijk}^q w_{ijk} \end{aligned} \quad (3.14)$$

să fie de același ordin de mărime cu energia zgomotului aleator.

3.2.6. Reconstrucția obiectelor în mișcare pe baza paradigmei conexioniste

Metodele de reconstrucție prezentate sunt eficiente pentru probe fixe, statice. În cazul unor organe în mișcare (inimă, plămân) mulțimea proiecțiilor nu este consistentă în raport cu distribuția absorbantei probei (proiecțiile nu aparțin aceleiași faze a variației în timp) și imaginea obținută va avea artefacte de mișcare. Reducerea timpului de scanare și folosirea unor metode speciale de eșantionare nu rezolvă complet problema. Folosirea rețelelor neuronale artificiale (RN) pentru reconstrucția dintr-o secvență de proiecții eșantionate liniar în timp se dovedește foarte eficientă. Formularea problemei este următoarea:

Având o funcție de două variabile $s(x,y)$, transformata Radon a lui s este

$$p(\rho, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} s(s_1, s_2) \delta(\rho - (s_1 \cos \theta + s_2 \sin \theta)) ds_1 ds_2, \quad (3.15)$$

în care $\rho \in \mathbb{R}^m$, $\theta \in \mathbb{S}^0$, π și $\delta(\cdot)$ este funcția delta a lui Dirac. Secvența de proiecții a obiectului variabil poate fi calculată pentru o mulțime finită de raze de proiecții, adică

$$p(i, j, k) = p\left(\theta = i \frac{\pi}{N_1}, \rho = 2j \frac{R_m}{N_2 - 1} - R_m, t = kT\right), \quad (3.16)$$

pentru $i = 0, 1, \dots, N_1-1$, $j = 0, 1, \dots, N_2-1$, $k = 0, 1, \dots, N_3-1$, T fiind intervalul dintre două proiecții consecutive. Definind $x_k \in \mathbf{R}^{N_1 \times N_2}$ proiecția completă la momentul kT , încât elementul (i, j) al lui x_k este $p(i, j, k)$, mulțimea proiecțiilor poate fi scrisă ca

$$\mathbf{X} = \left[\mathbf{x}_0^T, \mathbf{x}_1^T, \dots, \mathbf{x}_{N_3-1}^T \right]^T \in \mathbf{R}^{N_1 N_3 \times N_2}. \quad (3.17)$$

Transformata Fourier se scrie sub formă matriceală complexă ca

$$\mathbf{F}_{kn} = \frac{1}{\sqrt{N_i}} \exp\left(-\frac{2\pi j(k-1)(n-1)}{N_i}\right). \quad (3.18)$$

Se obține un sistem de ecuații liniare având ca necunoscute proiecțiile obiectului variabil în timp.

Înfășurătoarea spectrală a proiecțiilor trebuie să aibă forma de arc. Definim $\mathbf{U} \in \mathbf{Z}^{N_1 N_3 \times N_2}$ și $\mathbf{u} \in \mathbf{Z}^{N_1 \times N_2}$, încât $\mathbf{U} = \mathbf{1}_{N_3 \times 1} \otimes \mathbf{u}$ (\otimes denota produsul Kronecker) iar $u(i, j) = 1$ în afara spectrului și nul în interiorul său. Rezultă expresia :

$$\left[(\mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{F}_1) \mathbf{X} \mathbf{F}_2^T \right] * \mathbf{U} \approx \mathbf{0}_{N_1 N_3 \times N_2}, \quad (3.19)$$

în care $(*)$ este produsul matriceal Schur – Hadamard și \mathbf{I}_i este matricea identică de dimensiune $N_i \times N_i$.

Spectrul temporal al proiecțiilor trebuie să fie de bandă limitată. Se definesc $\mathbf{W} \in \mathbf{Z}^{N_1 N_3 \times N_2}$ și $w_{ij} \in \mathbf{Z}^{N_3}$, încât $\mathbf{W}(k+1, j) = w_{ij} \left(\left[\frac{k}{N_3} \right] + 1 \right)$, pentru $i = k \bmod N + 3$, $j = 0, 1, \dots, N_2-1$, $k = 0, 1, \dots, N_1 \times N_3 - 1$ și $w_{ij} = \text{ș}1 \dots 1 \ 0 \dots 0 \ 1 \dots 1 \text{ș}^T$. Numarul de 0 în $w_{ij}(i, j)$ determină lățimea benzii variațiilor temporale ale obiectului. Avem deci

$$\left[(\mathbf{F}_3 \otimes \mathbf{I}_1) \mathbf{X} \mathbf{I}_2 \right] * \mathbf{W} \approx \mathbf{0}_{N_1 N_3 \times N_2}. \quad (3.20)$$

Valorile proiecțiilor reconstruite, pentru unghiul măsurat, trebuie să fie aceleași cu valorile proiecțiilor măsurate, adică \mathbf{X} trebuie să se apropie de datele disponibile, \mathbf{D} :

$$\left[(\mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{I}_1) \mathbf{X} \mathbf{I}_2 \right] * \mathbf{V} - \mathbf{D} \approx \mathbf{0}_{N_1 N_3 \times N_2}, \quad (3.21)$$

unde $\mathbf{V} \in \mathbf{Z}^{N_1 N_3 \times N_2}$, $V(l, m) = 0$ dacă $X(l, m)$ nu este disponibil și $V(l, m) = 1$ dacă $X(l, m)$ este disponibil, $l = 0, 1, \dots, N_1 \times N_3 - 1$ și $m = 0, 1, \dots, N_2 - 1$.

Ecuțiile (3.19), (3.20), (3.21) formează un sistem de ecuații liniare supradeterminat. În locul calculării exacte a lui X se poate folosi modelul conexiunilor pentru a minimiza eroarea pătratică medie totală (MSE) pentru sistemul de mai sus. Se rezolvă deci

$$\min_X \left\{ \left\| [(I_3 \otimes F_1) X F_2^T] * U \right\|_F^2 + \left\| [(F_3 \otimes I_1) X I_2] * W \right\|_F^2 + \left\| [(I_3 \otimes I_1) X I_2] * V - D \right\|_F^2 \right\}. \quad (3.22)$$

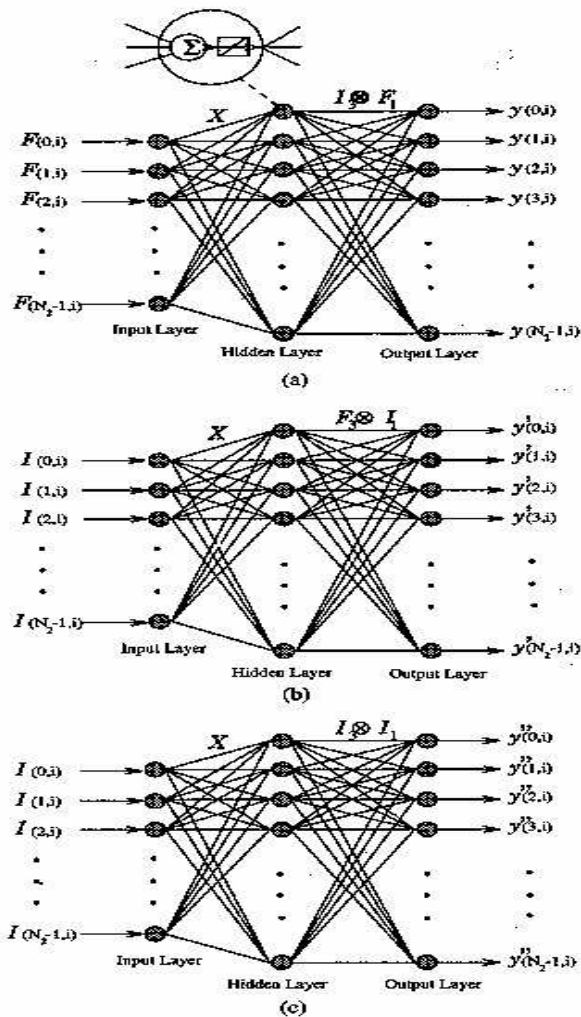


Fig.3.3. Topologia rețelei neuronale pentru reconstrucție TC

RN a carei antrenare supervizată implementează problema (3.23) este formată din trei subrețele, ca în figura 3.3. [C3]. Vectorii de intrare $F(0,i)$, $F(1,i)$, ..., $F(N_2-1,i)$ și $I(0,i)$, $I(1,i)$, ..., $I(N_2-1,i)$ sunt respectiv coloanele i ale lui F_2^T și I_2 .

Vectorul Y de la ieșirea RN este:

$$Y = \begin{bmatrix} y \\ y' \\ y'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I_3 \otimes F_1) X F_2^T \\ (F_3 \otimes I_1) X I_2 \\ (I_3 \otimes I_1) X I_2 \end{bmatrix}. \quad (3.23)$$

Prin antrenare se vor determina valorile ponderilor X (celelalte ponderi sunt fixe), astfel încât ieșirea să aproximeze valorile dorite, conform criteriului de minimizare

$$\min_X \left\| \begin{pmatrix} Y - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ D \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix} \right\|_F^2. \quad (2.24)$$

Cele trei subrețele pot fi antrenate în paralel în timpul fiecărui ciclu de instruire, iar la o iterație se prezintă RN câte o coloană a vectorilor indicați. Rezultatele raportate indică o eroare de reconstrucție foarte bună, de cca. 2%.

3.3. Metode de prelucrare a imaginii

Perfecționarea, ieftinirea tehnicii de calcul și progresele în redarea imaginilor prin mijloace moderne de televiziune au condus la rezultate remarcabile în tratarea numerică a imaginilor.

Funcția bidimensională a unei imagini statice este în general o funcție analogică, $s(x,y)$, exprimând de exemplu valoarea luminanței în orice punct al spațiului continuu (x,y) . Pentru tratarea numerică a semnalului, acesta se prefiltrează și se convertește în semnal digital, în conformitate cu teorema eșantionării bidimensionale. Funcția de eșantionare bidimensională este nulă în multimea punctelor ordonate prin rețeaua spațială numita grilă.

Pe măsura perfecționării sistemelor de prelucrare numerică a imaginilor, produsul $M \times N$ a evoluat de 64×64 către 1024×1024 . Pentru a obține calitatea unei fotografii de dimensiunea cărții poștale, este necesară o matrice de 600×900 puncte.

Cuantizarea funcției de luminanță se efectuează în raport cu exigențele impuse. În cazul cel mai simplu, imaginea se poate forma în alb-negru pe două niveluri, decizia făcându-se cu un discriminator de nivel ajustabil. Unele particularități ale imaginii analizate și capacitatea subiectivă de analiză a vederii, conduc la posibilitatea cuantizării neliniare a luminanței. Matematic, funcția corespunzătoare

este cea logaritmică. Dacă imaginea nu este destinată vederii, se adopta criteriul cuantizării optimale, bazat pe statistica funcției de luminanță, minimizând eroarea medie pătratică.

Reconstituirea imaginii după operațiile de prelucrare numerică presupune și o filtrare de interpolare. Dacă însă pașii de eșantionare sunt suficient de mici, interpolarea se realizează datorită proprietății integratoare a vederii. O problemă deosebită în tratarea numerică a imaginilor este reducerea volumului de date, fără ca să fie afectată calitatea imaginii. O imagine cu $N \times N$ puncte conține un volum foarte mare de biți. Pentru reducerea formei canonice se iau în considerare caracteristicile semnalului imaginii. Metodele de reducere a redundanței au fost elaborate după diverse criterii: psihovizuale, codare diferențială, transformari liniare, metode predictive. În cele ce urmează va fi prezentată metoda luminanțelor artificiale, adecvată imaginilor destinate vederii cu dezavantajul unui volum de operații în prelucrare ridicat. În figura 3.4 [C3] se arată schema bloc a instalației.

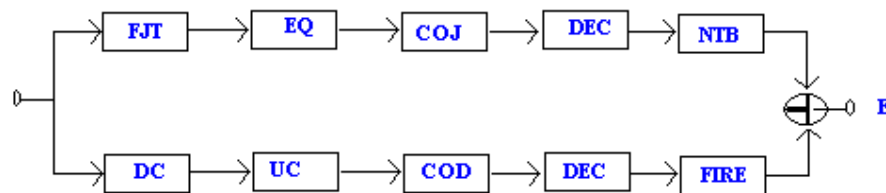


Fig.3.4. Micșorarea redundanței semnalului de imagine cu metoda luminanțelor artificiale

Semnalul $s(k,l)$ este divizat pe două căi. Un filtru trece-jos separă componentele cu frecvențe spațiale joase, pe canalul superior, reprezentând luminanța de fond. Calea inferioară din figură preia componentele de frecvență spațială ridicată ce reprezintă contururile și schimbările bruște de luminanță. Conform teoremei de eșantionare, componentele de joasă frecvență necesită un număr redus de eșantioane pe unitatea spațială. Matricea punctelor de eșantionare se poate micșora și de zece ori pe fiecare dimensiune; de asemenea, se poate reduce și numărul nivelelor de cuantizare. Imaginea componentelor de frecvență spațială se obține prin filtrare spațială trece-sus; se preconizează un sistem operator de gradient discret. Urmărirea gradientului pe cele două axe de desfășurare a funcției $s(k,l)$ și trecerea eventual în coordonate polare conduce la detecția liniilor de tranziție maximă, ce reprezintă de fapt curbele de contur.

Urmărind în figură, semnificația blocurilor se prezintă mai jos. Filtrarea componentelor de joasă frecvență (FTJ) este urmată de blocul de eșantionare și cuantizare (EQ), după care se efectuează codarea semnalului (COD). Pe cealaltă cale, detectorul de contur (DC) este urmat de blocul de urmărire a conturului (UC) în coordonate ortogonale sau polare. După obținerea semnalului de reprezentare a conturilor se face codare în (COD). Cele două semnale numerice rezultate din codare pot fi prelucrate, stocate sau transmise. În partea de restituire, după decodarea celor două semnale se efectuează filtrările prin interpolare bidimensională (INTB) respectiv prin reconstrucție (FIRE). Insumarea celor două semnale furnizează imaginea reconstruită pe cale numerică. Metoda asigură o reducere a volumului de date operate, de circa 10 ori față de tratarea canonică.

Compresia volumului de date fără generare de distorsiuni semnificative se mai realizează prin metoda planurilor de biți. O imagine cuantizată pe 256 nivele se descompune în 8 planuri de biți. Fiecare plan este analizat independent pentru reducerea redundanței pe căi statistice. Imaginile rezultă încă acceptabile la o reducere a volumului de 5 ori. Dispunând de funcția numerică a imaginii bidimensionale, se inițiază procesele de restaurare sau de optimizare numerică. Deteriorarea imaginii produsă în mod frecvent se poate reprezenta prin modulul unui sistem liniar invariant prin translație. Condițiile minimale de îmbunătățire a semnalului degradat și încărcat cu zgomot, rezidă în cunoașterea fenomenelor fizice care au provocat degradarea sau, cunoașterea apriorică a punctelor, segmentelor sau zonelor din imagine care corespund imaginii ideale.

Unele procedee indicate în literatură sunt abordabile cu echipamente de calcul mai puțin costisitoare. Se amintesc următoarele prelucrări:

- filtrare numerică prin convoluție bidimensională discretă
- filtrări statistice
- detectarea elementelor de contur
- substracția elementelor nesemnificative
- trasarea liniilor de echiluminanță
- lupa de gri
- prelucrarea contrastului
- modificarea luminanței medii

-binarizarea imaginii

-pseudocromatizarea imaginilor.

Disponând de funcția numerică a imaginii, prelucrările de restaurare sau optimizare se efectuează cu unități de calcul mici sau medii pe bază de programe de calcul.

Conceput într-o arhitectură modulară, sistemul asigură orice combinație între următoarele posibilități de prelucrare: convoluție, amplificarea sau reducerea dimensiunilor, transfocare, decupare, o matrice de 1024x1024 puncte, memorii de funcții, tabele de pseudocromatizare, digitizare video cu mediere pe cadre, diverse tipuri de grafică și de adăugare alfanumerică, mijloace de intervenție pe monitor.

3.4. Concluzii și contribuții personale

Prezentul capitol conține o sinteză a metodelor de reconstrucție și prelucrare a imaginilor. Metodele de preluare a imaginii au la bază impulsuri de radiofrecvență care generează semnale care pot fi 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 voxelii. 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 acest capitol pot fi identificate următoarele contribuții personale:

- identificarea principalelor metode de reconstrucție a imaginilor, respectiv reprezentarea principiilor de calcul matematic.

Bibliografie

[C3],[D3], [P3], [S1], [V1], [V2],[Z1], [***].

4. SOLUȚII DE CONFIGURARE ȘI UTILIZARE A ECHIPAMENTULUI INSPEK ÎN APLICAȚII DE IMAGISTICĂ MEDICALĂ A COLOANEI VERTEBRALE

4.1. Configurația echipamentului InSpeck în scopul aplicației de imagistică medicală

Echipamentul InSpeck furnizează imagini 3D ale obiectelor situate în câmpul camerelor componente, imagini care permit diverse prelucrări ulterioare, printre care una dintre cele mai importante este prelevarea 3D ale unor puncte situate pe imaginea reconstruită a obiectului vizat. Camerele și softurile aferente unui uz general sunt furnizate de către unul dintre liderii de piață, compania canadiană InSpeck, specializată în furnizarea echipamentelor de digitizare în vederea măsurării prin scanare optică 3D și cu tehnologie non-laser.

Sistemul InSpeck, în configurații diverse (1 până la 6 camere), principial, este destinat digitizării 3D. Tehnica de digitizare 3D permite obținerea unei imaginii tridimensionale a unei suprafețe fizice oarecare. În procesul de digitizare optică fiecare cameră preia o imagine formată dintr-un set de suprafețe, văzute din unghiuri diferite. Imaginile separate sunt conectate în puncte prestabilite, astfel încât să fie asigurat un unghi de câmp total de 360°, prin prelucrare soft. Imaginile preluate se suprapun parțial. Tehnica InSpeck permite, pe lângă reconstrucția formei obiectului fizic și redarea unor caracteristici specifice cum ar fi culoarea și textura.

Preluarea imaginilor în scopul reconstrucției 3D a suprafeței de interes, necesită un spațiu care să îndeplinească o serie de condiții în ceea ce privește dimensiunile, caracteristicile de iluminare, facilitățile privind alimentarea cu energie electrică.

Pentru aplicația medicală de investigație a coloanei vertebrale se propune utilizarea echipamentului InSpeck în configurația Halfbody. Această configurație, destinată fotografierii jumătății superioare a corpului uman (torsului), necesită 3 camere de achiziție a imaginii (fig. 4.1reluată 2.14), un dispozitiv de transmitere al datelor - head controler - și un PC.

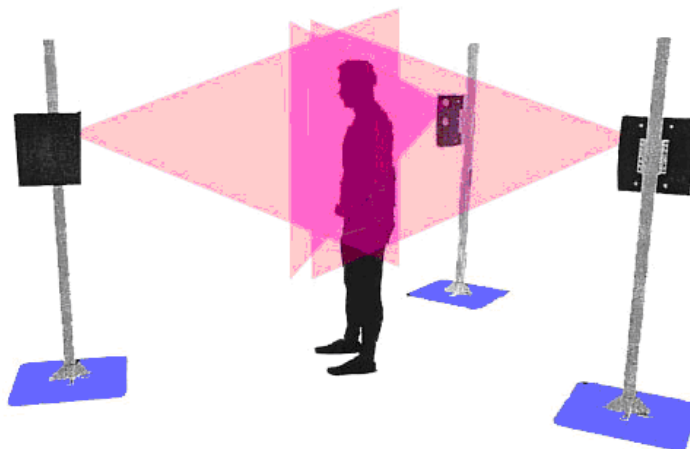


Fig. 4.1. Schema de preluare a imaginii în sistemul InSpeck 3D Halfbody

În figura 4.2. sunt prezentate direcțiile de amplasare a celor trei camere în cabinetul de investigații. Pacientul va fi poziționat aproximativ la intersecția axelor optice ale celor trei camere, pe o arie delimitată de cele două repere liniare orizontale. Plasarea subiectului în acest spațiu asigură încadrarea acestuia în câmpul obiect al camerelor și claritatea imaginii prin respectarea limitelor de profunzime a obiectivelor.

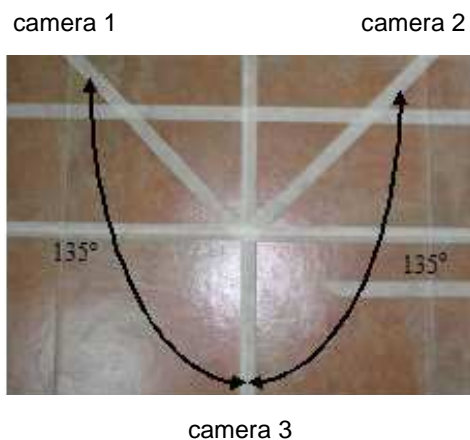


Fig. 4.2. Spațiul de poziționare a pacientului

Camerele trebuie să fie aliniat optic (axele optice să se situeze la aceeași cotă și să fie concurente, teoretic, într-un punct). Conform prescripțiilor de instalare ale producătorului dinstanța dintre fiecare cameră și punctul central al scenei trebuie să fie (150...160) cm.

Camerele utilizate sunt de tipul 3D Mega Capturor II și sunt alcătuite dintr-un dispozitiv de iluminare, un obiectiv de preluare a imaginii, un sistem electronic de convertire a semnalului optic în semnal numeric și transmitere a informației. Semnalul optic este prelucrat cu ajutorul softului FAPS (Fringe Acquisition and Processing Software) care are rolul de a elabora un model compatibil pentru a fi apoi procesat prin softul EM (Editing and Merging). În partea inferioară a carcasei camerei se află o lampă de control, care indică starea de funcționare a sistemului și este prevăzută cu un modul de avertizare sonoră, la activarea camerei..



Fig.4.3. Camera digitală InSpeck 3D Mega Capturor II

Ansamblul unei camere montate este redat în figura 4.3 și conține un ghidaj pentru mișcarea de translație, un mecanism de blocare a camerei pentru poziționarea ei astfel încât să satisfacă condiția de aliniere optică, precum și un suport de susținere și fixare a celorlalte elemente. Informația provenită de la camere este transmisă la un multi – head controller, care se leagă la portul serial al calculatorului inclus în aplicație (fig. 4.5 și 4.6 reluată 2.16).



Fig. 4.4. Montarea Camerei 3D Mega Capturor II pe elementul de susținere



Fig. 4.5. Head controller pentru transmiterea informației spre portul serial al PC



Fig. 4.6. PC inclus în tehnică de investigație InSpeck

Caracteristicile tehnice ale camerei digitale 3D Mega Capturor II sunt redată în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1. Caracteristicile camerei digitale 3D Mega Capturor II

3D Mega Capturor II	Caracteristici
FOV (at reference) – câmp liniar obiect	435x350
DOF – adâncimea focarului	450
Resolution in X – rezoluție pe axa x	0.3
Resolution in Y – rezoluție pe axa y	0.3
Resolution in Z – rezoluție pe axa z	0.4
Stand-off distance – distanța minimă de preluare a imaginii	900
Reference distance (z=0) – distanța de referință de preluare a imaginii	1100
Texture (pixels) – capacitate de redare a texturii	1280X1024
Geometry (pts) – capacitate de memorie necesară stocării	1.3M
Acquisition Time (sec) – timp de achiziție a imaginii	0.7
PC configuration – configurația minimă necesară a calculatorului pe care se înalteaza softurile EM și FAPS	P4 + 512M RAM
Operation System – sisteme de operare cu care sunt compatibile EM și FAPS	WIN 2000/XP

Sistemul InSpeck necesită rularea a două aplicații soft specifice FAPS și EM. Instalarea acestora este ulterioară instalării driverelor aferente celor trei camere digitale. Este foarte importantă calibrarea sistemului de achiziție. Aceasta reprezintă o procedură de relaționare, pe un domeniu dat, între coordonatele măsurate de echipament și coordonatele acceptate într-un sistem standard de referință.

4.1.1. Elemente de pricipiu privind prelevarea datelor numerice necesare descrierii coloanei vertebrale

Sistemul InSpeck furnizează imaginea 3D a torsului uman. De pe această imagine este necesară extragerea unor informații numerice, cu ajutorul cărora să se poată modela coloana vertebrală și care să permită calculul unui set cât mai clar de parametri numerice de caracterizare a acesteia.

Ca soluție de identificare a unor puncte caracteristice pe coloana vertebrală, s-a optat pentru utilizarea unor marcheri. Acestea, fixate cu un adeziv de uz medical pe apofizele vertebrelor, vor reprezenta pe imaginea reconstruită, puncte de reper, ale căror coordonate 3D vor fi extrase.

Operația de identificare a apofizelor vertebrale trebuie efectuată de către o

persoană calificată medical (asistent, medic), capabilă să aplice în mod corect marcheri, asigurând astfel acuratețea informațiilor. Pentru măsurări, s-a considerat rațională luarea în considerare a unui segment de coloană, cuprins între ultima vertebră cervicală și a treia vertebră sacrală.

Simbolurile utilizate pentru vertebre conțin majuscula aferentă zonei (C pentru cervicală, T pentru toracică, L pentru lombară și S pentru sacrală) și numărul de ordine al vertebrei în zonă (1...12 pentru zona toracică, 1...5 pentru zona lombară și 1...3 pentru zona sacrală). S-a considerat necesară prelevarea datele pentru șase puncte suplimentare în scopul unei caracterizări detaliate a posturii: două pentru umeri (U1 și U2), două pentru omoplați (O1 și O2) și două pentru zona pelviană, respectiv apofizele superioare ale oaselor iliace (P1 și P2). În figura 4.7 este prezentată o schemă plană a poziționării acestor puncte, în scopul ilustrării sistemului de simbolizare utilizat. Schema nu a fost întocmită cu regulile unui model la scară.

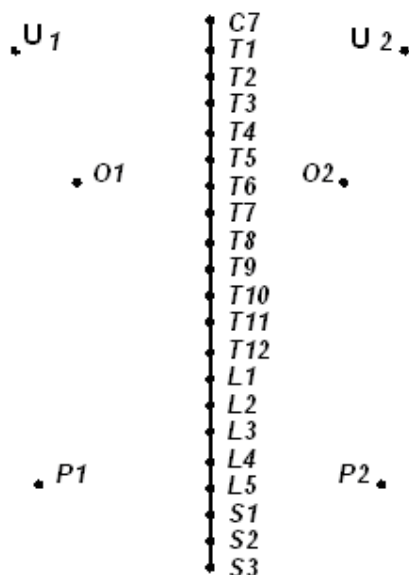


Fig. 4.7. Poziția celor 27 de marchere pentru prelevarea coordonatelor 3D

4.1.2. Achiziționarea imaginilor

Echipamentul Inspeck, prin rularea aplicației FAPS, preia imaginile cu comanda *Capture* - fig. 4.8.

Cele trei camere achiziționează imaginile și generează fișiere separate aferente fiecărei imagini. Acestea se salvează urmând a fi prelucrate în vederea

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

obținerii coordonatelor în spațiu pentru cele trei plane de interes medical (sagital - xy, frontal - zy, transversal – xz).

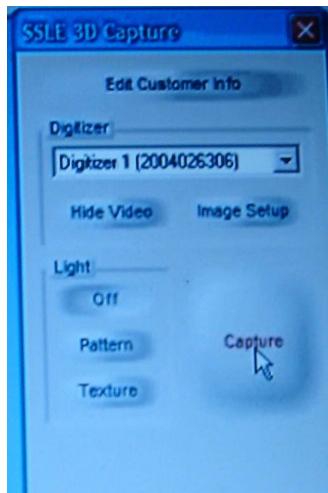


Fig. 4.8. Captarea imaginilor cu ajutorul comezii *Capture*

Exportarea datelor către programul EM se va face din meniul *File*, comanda *Export*, pentru fiecare din cele 3 poze ale pacientului. Datele numerice vor fi înregistrate și salvate conform figura 4.9.

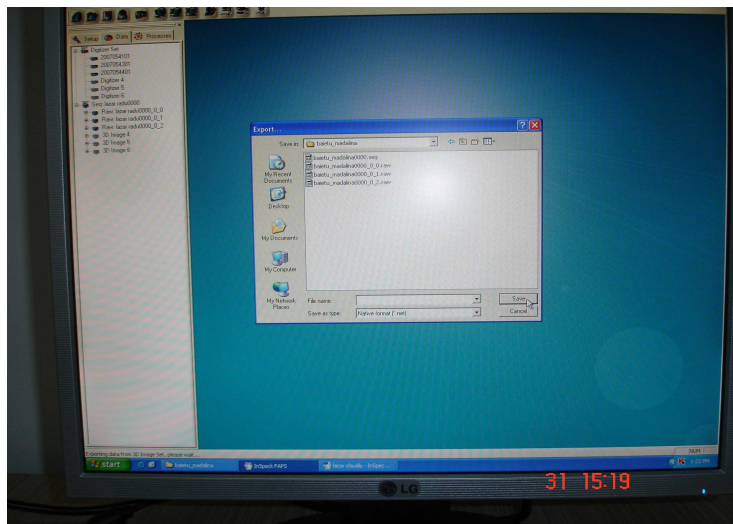


Fig.4.9. Exportarea și salvarea imaginilor de către aplicația Inspek Faps

4.1.3. Prelucrarea primară a imaginilor și obținerea coordonatelor spațiale ale punctelor marcate pe coloana vertebrală

Calibrarea imaginilor se realizează cu ajutorul aplicației EM. Din meniul *Tools*, accesând butonul *Multy System Calibration*, se calibrează cele trei imagini într-o imagine unică figura 4.10.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

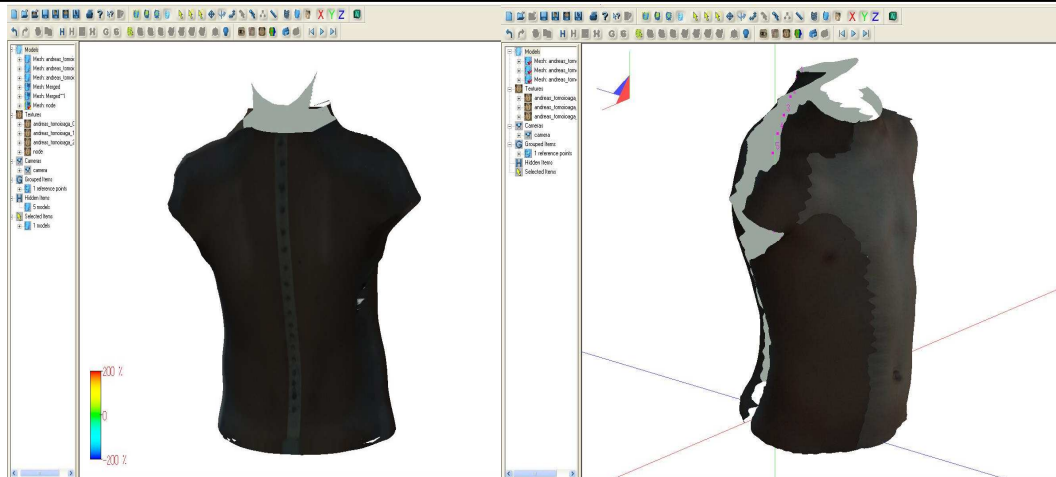


Fig.4.10. Calibrarea Imaginilor cu ajutorul software-ului Inspek EM

Pentru extragerea setului de date numerice utile se utilizează facilitățile aplicației EM. Din meniul *Tools*, se deschide fereastra *Measurement tools* și se selectează butonul *Landmarks* – fig. 4.11. Cu această comandă se indică punctele, ale căror coordonate sunt necesare. Aceste puncte sunt bine vizibile pe imagine și corespund markerilor aplicați pe suprafața pielii pacientului investigat. După ce au fost selectate toate aceste puncte softul EM generează coordonatele în sistem x,y,z și le salvează într-o bază de date sub forma unui fișier *.txt – fig. 4.12.

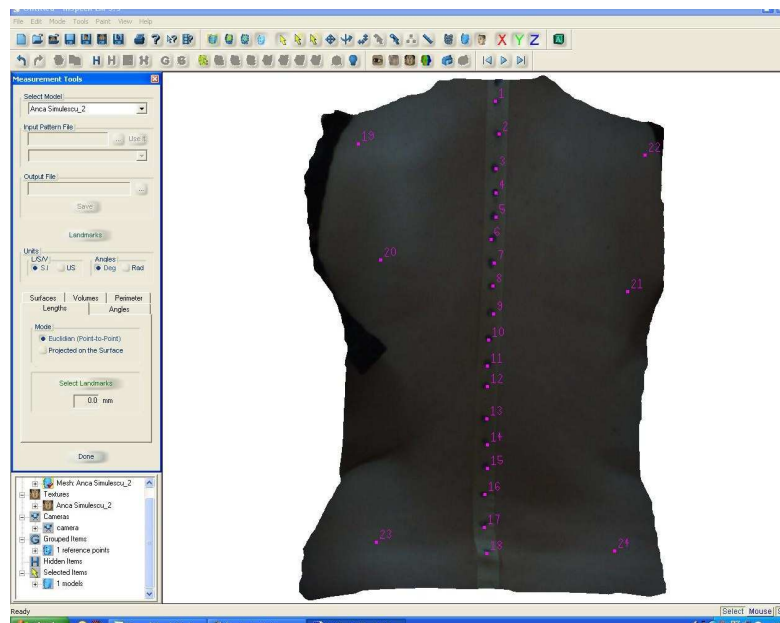


Fig.4.11. Aplicarea de *Landmark*-uri pentru punctele aferente markerilor

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

Model	Land.	X Coord.	Y Coord.	Z Coordinate
andreas_tomofoaga_2	1	X: -11.6416	Y: 401.221	Z: -28.2641
andreas_tomofoaga_2	2	X: -10.6319	Y: 376.484	Z: -16.7892
andreas_tomofoaga_2	3	X: -7.09795	Y: 353.261	Z: -7.89092
andreas_tomofoaga_2	4	X: -7.09796	Y: 330.038	Z: 1.69109
andreas_tomofoaga_2	5	X: -5.58342	Y: 304.796	Z: 8.42833
andreas_tomofoaga_2	6	X: -4.06883	Y: 279.049	Z: 9.76788
andreas_tomofoaga_2	7	X: -1.03981	Y: 257.845	Z: 8.05052
andreas_tomofoaga_2	8	X: 0.474722	Y: 234.623	Z: 4.97791
andreas_tomofoaga_2	9	X: -0.534982	Y: 215.438	Z: 1.04176
andreas_tomofoaga_2	10	X: 1.48441	Y: 198.274	Z: -4.42138
andreas_tomofoaga_2	11	X: 3.30378	Y: 179.594	Z: -8.83025
andreas_tomofoaga_2	12	X: 5.52316	Y: 163.439	Z: -12.1561
andreas_tomofoaga_2	13	X: 5.52317	Y: 150.818	Z: -15.1434
andreas_tomofoaga_2	14	X: 7.0377	Y: 134.663	Z: -18.5666
andreas_tomofoaga_2	15	X: 8.0474	Y: 120.528	Z: -20.6394
andreas_tomofoaga_2	16	X: 8.0474	Y: 107.907	Z: -20.3407
andreas_tomofoaga_2	17	X: 9.05709	Y: 94.2757	Z: -17.5446
andreas_tomofoaga_2	18	X: 8.55223	Y: 80.14	Z: -14.7488
andreas_tomofoaga_2	19	X: 9.56193	Y: 66.0043	Z: -10.0877
andreas_tomofoaga_2	20	X: 10.5716	Y: 54.3929	Z: -4.25801
andreas_tomofoaga_2	21	X: 11.5813	Y: 43.7912	Z: 0.478043
andreas_tomofoaga_2	22	X: -55.0582	Y: 41.7718	Z: -5.47361
andreas_tomofoaga_2	23	X: 70.6482	Y: 48.3348	Z: -9.83303
andreas_tomofoaga_2	24	X: -64.6503	Y: 341.65	Z: 8.61909
andreas_tomofoaga_2	25	X: 44.3962	Y: 344.174	Z: -1.88191
andreas_tomofoaga_2	26	X: -44.4565	Y: 252.797	Z: 21.0293
andreas_tomofoaga_2	27	X: 51.4641	Y: 257.845	Z: 14.1994

Measurements:

Fig.4.12. Fișier *.txt generat de EM după aplicarea de *Landmark*-uri pe imaginea 3D

Aceste coordonate vor servi ca bază în determinarea parametrilor posturali, a deformațiilor, unghiurilor și lungimilor caracteristice coloanei vertebrale cu ajutorul unui soft adițional, specializat, scris în Visual Basic.

4.2. Procesarea automată a datelor prelevate cu echipamentul inspeck

4.2.1. Parametri geometrici de evaluare a coloanei vertebrale, pe baza datelor furnizate de echipamentul InSpeck

Pentru evaluarea parametrilor geometrici caracteristici coloanei vertebrale, echipamentul InSpeck este utilizat în scopul reconstrucției 3D a torsului pacientului.

Fixarea markerelor individuale pe apofizele vertebrelor permit identificarea acestora în procesarea datelor și prelevarea corectă a coordonatelor 3D ale apofizelor.

Determinarea parametrilor posturali, a deformațiilor, unghiurilor și lungimilor caracteristice coloanei vertebrale necesită cunoașterea coordonatelor vertebrelor pe o zonă cât mai extinsă. În demersul descriptiv și de calcul care urmează să fie prezentat s-a considerat necesară cunoașterea coordonatelor vertebrelor pe un tronson care începe de la capătul zonei cervicale (C7) până la mijlocul zonei sacrale (S3).

În figura 4.13 [***] sunt prezentate trei vederi ale coloanei (în plan frontal anterior, în plan sagital și în plan frontal posterior), cu figurarea simbolică a vertebrelor de la limitele zonelor cervicală, toracică, lombară și sacrală.

Toți parametrii definiți în cele ce urmează sunt mărimi referitoare la unul dintre

cele trei plane de proiecție, a căror corespondență cu planele anatomice a fost stabilită după cum urmează:

- ❑ xy – planul frontal
- ❑ zy – planul sagital
- ❑ xz – planul transversal.

În figura 4.14 [***] sunt ilustrate cele trei plane anatomice și sistemul ortogonal drept xyz atașat structurii anatomice.

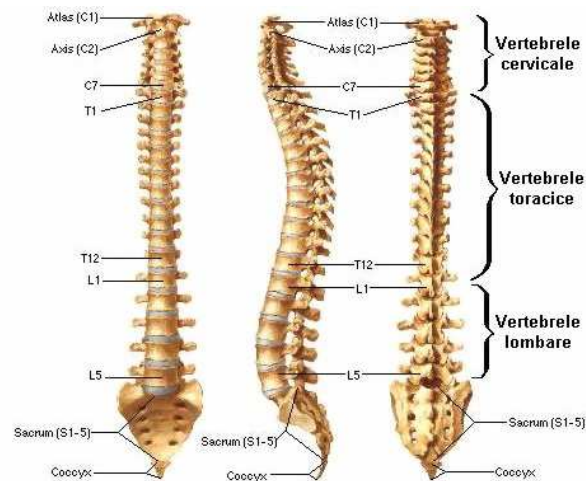


Fig. 4.13. Coloana vertebrală în plan frontal și sagital și simbolizarea vertebrelor

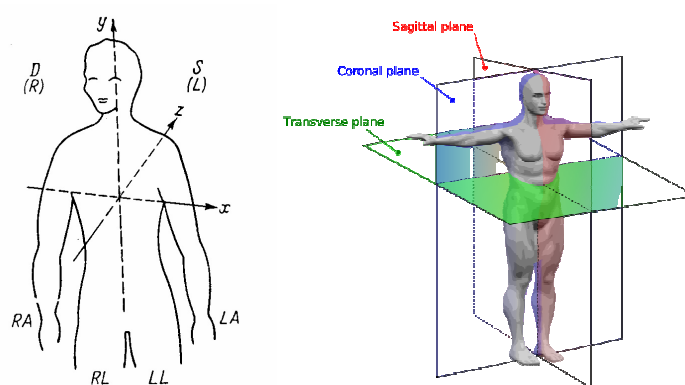


Fig. 4.14. Poziția planelor anatomice (frontal – xy, sagital – zy și transversal – xz)

Cu ajutorul a 27 de triplete de coordonate (x,y,z) corespunzătoare celor 22 de vertebre mai ușor de identificat prin palpate (C1...S3), punctelor caracteristice pelviene (P1, P2), ale umerilor (U1, U2), respectiv omoplaților (O1, O2), se pot defini o serie largă de parametri posturali și indicatori de deformație, dintre care se

detaliază următorii:

4.2.1.1. Parametri măsurați în plan sagital (zy)

- Înclinația trunchiului (unghiul dintre linia vertebrelor C7 – L5 și axa verticală care trece prin C7 – fig. 4.15)

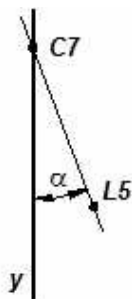


Fig. 4.15. Înclinația trunchiului

- Cifoza toracică (unghiul dintre linia vertebrelor C7 – T1 și linia vertebrelor T12 – L1 – fig. 4.16)

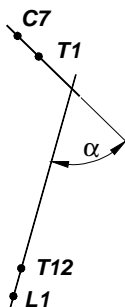


Fig. 4.16. Cifoza toracică

- Lordoza lombară (unghiul dintre linia vertebrelor L1 –L2 și linia vertebrelor L5 – S1 – fig. 4.17)

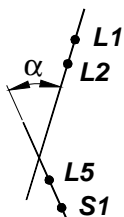


Fig. 4.17. Lordoza lombară

- Unghiul sacru (unghiul dintre linia vertebrelor S1 – S3 și verticala care trece prin C7 – fig. 4.18)

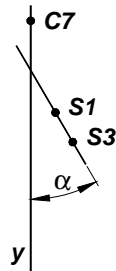


Fig. 4.18. Unghiul sacru

4.2.1.2. Parametri măsurați în plan frontal (xy)

- Oblicitatea pelvică (unghiul dintre linia apofizelor oaselor iliace și o dreapta orizontală – fig. 4.19)

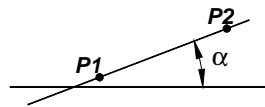


Fig. 4.19. Oblicitatea pelvică

- Oblicitatea umerilor (unghiul dintre linia umerilor și o dreaptă orizontală – fig. 4.20)

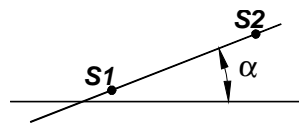


Fig.4.20. Oblicitatea umerilor

- Distanța scapulară dreapta (distanța dintre vârful omoplatului drept și intersecția liniei omoplaților, proiectată pe axa y – fig. 4.21)

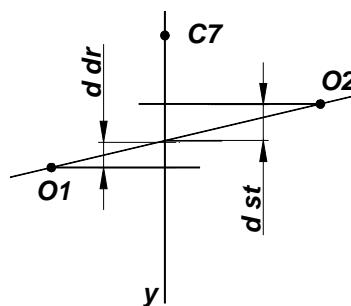


Fig. 4.21. Distanța scapulară dreapta, respectiv stânga

- Distanța scapulară stânga (distanța dintre vârful omoplatului stâng și intersecția liniei omoplaților, proiectată pe axa y – fig. 4.21)
- Deformația scolioțică dreapta (unghiul dintre linia vertebrelor C7 – T1 și linia vertebrelor T11 – T12 – fig. 4.22)



Fig. 4.22. Deformația scolioțică dreapta

- Deformația scolioțică stânga (unghiul dintre linia vertebrelor T11 – T12 și linia vertebrelor S1 – S3 – fig. 4.23)

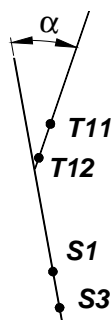


Fig. 4.23. Deformația scolioțică stânga

- Înclinarea laterală (unghiul dintre linia vertebrelor C7 – S1 și verticala care trece prin C7 – fig. 4.24)

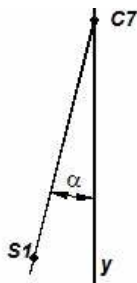


Fig. 4.24. Înclinarea laterală

- Unghiul Cobb (unghiul dintre normalele la linia vertebrelor C7 – T1, respectiv L4 – L5 – fig. 4.25)

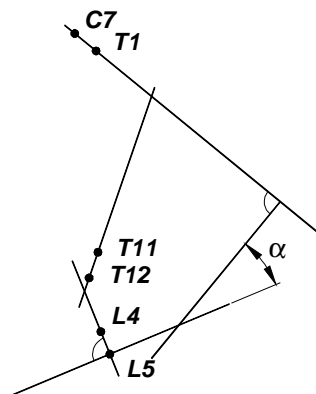


Fig. 4.25. Unghiul Cobb

4.2.1.3. Parametri măsuțați în plan transversal (xz)

- Rotația pelvică (unghiul dintre linia apofizelor iliace P1 – P2 și linia omoplaților O1 – O2 – fig. 4.26)

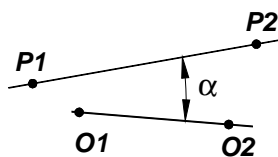


Fig. 4.26. Rotația pelvică

Lungimi reale (măsurate în 3D)

- Lungime totală (între vertebrele C7 – S3)
- Lungime toracică între vertebrele (C7 – L1)
- Lungime lombară (între vertebrele L1 –L5).

Din punct de vedere matematic, pentru determinarea unghiurilor, se apelează la geometria analitică a dreptei în plan.

În cazul cel mai general, se consideră două drepte care conțin punctele $A(x_A, y_A)$ și $B(x_B, y_B)$, respectiv $C(x_C, y_C)$ și $D(x_D, y_D)$. Panta dreptelor este de forma:

$$\text{pentru dreapta } AB : m_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \quad (4.1)$$

respectiv

$$\text{pentru dreapta } CD : m_{CD} = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C}. \quad (4.2)$$

Tangenta unghiului dintre cele două drepte rezultă din relația (fig. 4.27):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m_{CD} - m_{AB}}{1 + m_{AB} \cdot m_{CD}}. \quad (4.3)$$

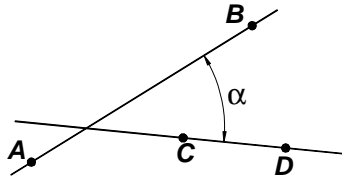


Fig. 4.27. Unghiul a două drepte în plan

Se disting două cazuri particulare:

- unghiul dintre o dreaptă oarecare și o orizontală (paralelă cu axa Ox). Unghiul dintre o dreaptă oarecare AB și o orizontală rezultă direct din coeficientul unghiular m_{AB}
- unghiul dintre o dreaptă oarecare și o verticală (paralelă cu axa Oy). În acest caz unghiul căutat este complementul unghiului determinat de coeficientul unghiular al dreptei oarecare:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}(m_{AB}). \quad (4.4)$$

Unghiurile pot rezulta pozitive sau negative. Pentru unii parametri sunt semnificative valorile algebrice ale unghiurilor. Pentru alții este relevantă valoarea absolută cu specificarea unor atribute de tipul stânga/dreapta sau înainte/înapoi.

Lungimile segmentelor de coloană rezultă prin însumarea distanțelor dintre vertebrele consecutive:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots = \sum_i l_i, \quad (4.5)$$

unde

$$l_i = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2 + (z_i - z_{i+1})^2}, \quad (4.6)$$

cu (x_i, y_i, z_i) și $(x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})$ – coordonatele a două vertebre consecutive.

4.3. Software de prelucrare avansată a datelor achiziționate cu echipamentul InSpeck

Echipamentul de reconstrucție 3D prin scanare optică permite, pe lângă vizualizarea imaginilor, operații care includ determinarea coordonatelor unor puncte selectate de către operator, măsurarea unor distanțe direct pe imagine etc. Pentru procesarea datelor în scopul obținerii informațiilor de interes pentru investigarea coloanei vertebrale, este facilitată de creare a unui fișier ASCII, în format *.txt, care poate fi preluat de alte aplicații soft pentru prelucrare avansată.

Cu privire la procesarea datelor obținute prin scanarea cu sistemul InSpeck s-a elaborat o aplicație Microsoft Visual Basic. Proiectarea acesteia, respectiv a facilităților pe care trebuie să le prezinte, a avut în vedere următoarele cerințe:

- existența unei baze de date conținând un set minim de informații despre pacienți. Informația din baza de date trebuie să poată fi accesată selectiv prin implementarea unor filtre și trebuie să permită introducerea și salvarea unor date noi
- importul de date (coordonate ale vertebrelor) dintr-un fișier *.xls
- prelucrarea automată a datelor
- afișarea rezultatelor numeric și grafic
- tipărirea unui raport de investigație cu informații despre pacient, rezultate numerice și grafice și observații ale medicului relativ la interpretarea parametrilor de caracterizare a coloanei vertebrale.

Modulul *Form* al programului denumit *INBIRE* este prezentat în figura 4.28. Controalele *TextBox* cu etichetele *ID pacient/ID Patient*, *Nume/Name*, *Prenume/Surname*, *Ocupatia/Profession*, permit identificarea unei linii deja existente în baza de date sau introducerea unei linii noi, pentru un pacient neînregistrat în bază.

Caseta de text *Obs.* este rezervată înscrierii concluziilor investigării de către medic.

În partea mediană a primului *Tab* se află controlul *Grid*, în coloanele căruia sunt vizualizate datele apelate din baza de date sau linia nou introdusă în aceasta.

În partea inferioară a controlului *Form* este plasat un control *StatusBar*, care conține numele programului, data și ora curente.

Controlul *Toolbar* include butoanele *Salvează/Save* și *Import* pentru salvarea, respectiv importul de informație în baza de date. Butonul *Calculează/Compute* determină derularea secvenței scrise în codul programului pentru calculul parametrilor numerici și reprezentările grafice aferente. Pentru versiunea în limba engleză a etichetelor a fost prevăzut un buton *Engleză/Romanian* de schimbare a limbii de conversație în program. Butonul *Sterge/Delete* golește controale de interacțiune cu operatorul și pregătește programul pentru o nouă utilizare. Ieșirea din aplicație se face cu ajutorul butonului *Ieșire/Exit*.

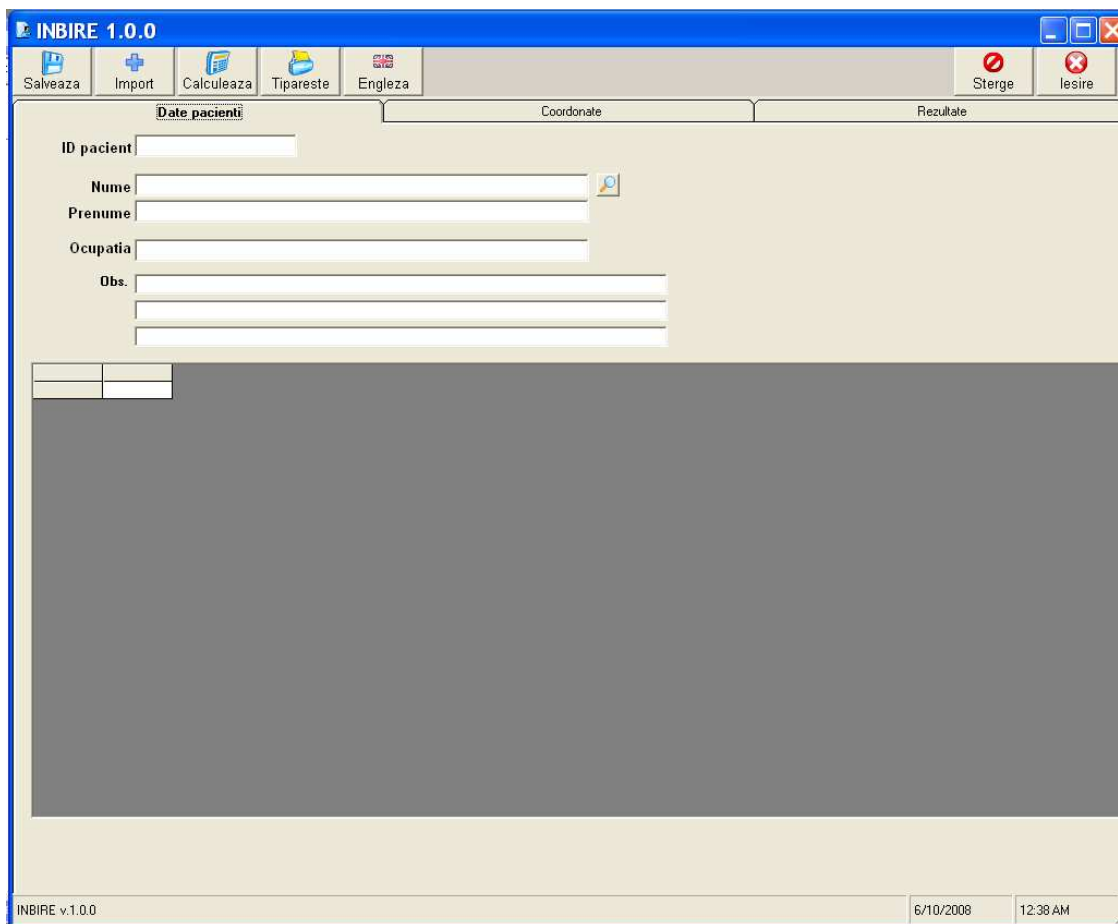


Fig. 4.28. Modulul Form Tab1 al aplicației

Pentru apelarea unui pacient existent în baza de date, filtrul de căutare este numele acestuia. În *TextBox*-ul aferent se înscrie numele căutat și se declanșează citirea bazei de date cu butonul alăturat controlului, pentru care s-a introdus Tip – ul *Cauta pacient* (fig. 4.29).

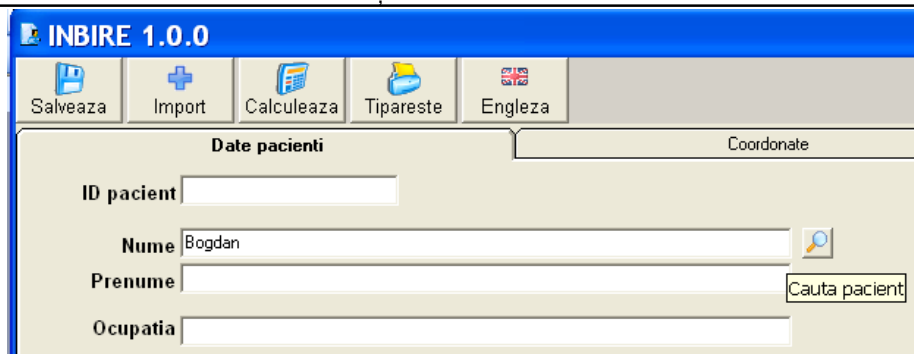


Fig.4.29. Butonul de comandă a căutării numelui pacientului în baza de date preexistentă

Baza de date (fig. 4.30) conține două surse tabelare interconectate: un tabel cu înregistrările pacienților (fig. 4.31) și un tabel cu coordonate atribuite pacienților funcție de numărul de indentificare al acestora din primul tabel (fig. 4.32).



Fig. 4.30. Baza de date organizată pe tabele

ID	NumePacient	PrenumePacient	Ocupatia	Observatii
31	Bogdan	Bogdan	student	

Fig. 4.31 Tabelul *Pacienți* din baza de date

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

IDPacient	SimbolVertebra	X	Y	Z
31	C7	-2.51016	332.333	-28.1337
31	T1	-2.179	322	-22.0792
31	T2	-2.59618	310.894	-16.1132
31	T3	-2.97771	298.922	-10.6569
31	T4	-2.55159	286.025	-5.96027
31	T5	-2.08464	273.014	-1.84764
31	T6	-2.38401	257.746	2.43337
31	T7	-3.47785	235.698	7.28573
31	T8	-3.69496	215.6	10.3905
31	T9	-3.85609	193.045	12.6947
31	T10	-3.16643	167.912	13.6225
31	T11	-2.3054	141.534	12.0996
31	T12	-2.1012	113.361	9.17929
31	L1	-1.79272	84.1305	4.76789
31	L2	-0.693415	54.7886	-0.162604
31	L3	1.21409	23.7533	-5.86056
31	L4	1.59888	-7.99033	-11.3633
31	L5	0.369944	-33.2876	-15.3694
31	S1	1.2106	-58.8417	-16.601
31	S2	1.10636	-83.0883	-15.1103
31	S3	0.784721	-105.196	-10.5106
31	P1	150	-85	-18
31	P2	-152	-82	-15
31	U1	278	325	-10
31	U2	-295	330	-6
31	O1	142	300	-15
31	O2	-144	298	-12
			0	0

Fig. 4.32. Eșanation aferent pacientului cu numărul de identificare în tabelul
Coordonate din baza de date

Dacă pacientul căutat se află deja în baza de date *Grid* – ul de pe interfața grafică a programului se populează cu datele existente (fig. 4.33)

INBIRE 1.0.0

Salveaza Import Calculeaza Tipareste Engleza Sterge Iesire

Date pacienti **Coordonate** **Rezultate**

ID pacient: 31

Nume: Bogdan

Prenume: Bogdan

Ocupatia: student

Obs.:

ID	Nume pacient	Prenume pacient	Ocupatia	Observatii
31	Bogdan	Bogdan	student	

Fig. 4.33 Popularea *grid* – ului cu date existente în baza de date

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Al doilea *Tab* al *Form* – ului (fig. 4.34) conține un control *Grid* în care sunt afișate coordonatele prelevate pentru pacientul apelat (fig. 4.35).

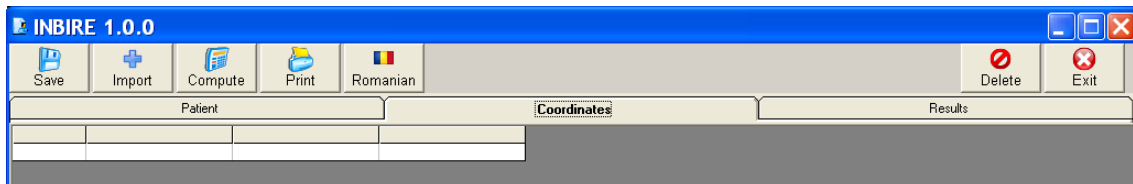


Fig. 4.34. *Tab* – ul *Coordonate/Coordinates* al interfeței grafice

Denumire vertebra	X	Y	Z
C7	-2.51016	332.333	-28.1337
T1	-2.179	322	-22.0792
T2	-2.59618	310.894	-16.1132
T3	-2.97771	298.922	-10.6569
T4	-2.55159	286.025	-5.96027
T5	-2.08464	273.014	-1.84764
T6	-2.38401	257.746	2.43337
T7	-3.47785	235.698	7.28573
T8	-3.69496	215.6	10.3905
T9	-3.85609	193.045	12.6947
T10	-3.16643	167.912	13.6225
T11	-2.3054	141.534	12.0996
T12	-2.1012	113.361	9.17929
L1	-1.79272	84.1305	4.76789
L2	-0.693415	54.7886	-0.162604
L3	1.21409	23.7533	-5.86056
L4	1.59888	-7.99033	-11.3633
L5	0.369944	-33.2876	-15.3694
S1	1.2106	-58.8417	-16.601
S2	1.10636	-83.0883	-15.1103
S3	0.784721	-105.196	-10.5106
P1	150	-85	-18
P2	-152	-82	-15
U1	278	325	-10
U2	-295	330	-6
O1	142	300	-15
O2	-144	298	-12

Fig. 4.35. Popularea controlului *Grid* cu coordonatele prelevate pentru pacientul apelat din baza de date

Prima coloană afișează simbolul vertebrelor, respectiv al celor șase puncte suplimentare de măsurare. Următoarele trei coloane conțin înscrise valorile coordonatelor (x,y,z) ale celor 27 de puncte necesare calculului parametrilor de interes.

Pentru rularea programului este obligatorie existența datelor numerice nenule pentru liniile C7 – S3. Prezența datelor pentru cele șase puncte suplimentare de măsurare este testată de program și în cazul în care acestea lipsesc, parametrii care

implică aceste date nu sunt calculați.

Tab – ul *Rezultate/Results* conține controalele necesare afișării numerice și grafice a parametrilor de caracterizare a coloanei vertebrale. Calculul și popularea controalelor sunt comandate prin butonul *Calcul/Compute*.

În figura 4.37 este prezentată o imagine a interfeței grafice înainte de derularea secvenței de calcul. Este alocat spațiu pentru trei controale *PictureBox*, în care vor fi proiectate vederile coloanei în plan frontal, sagital și transversal.

În subsolul acestora sunt prevăzute etichete cu denumirea parametrilor și casete de text pentru valorile acestora.

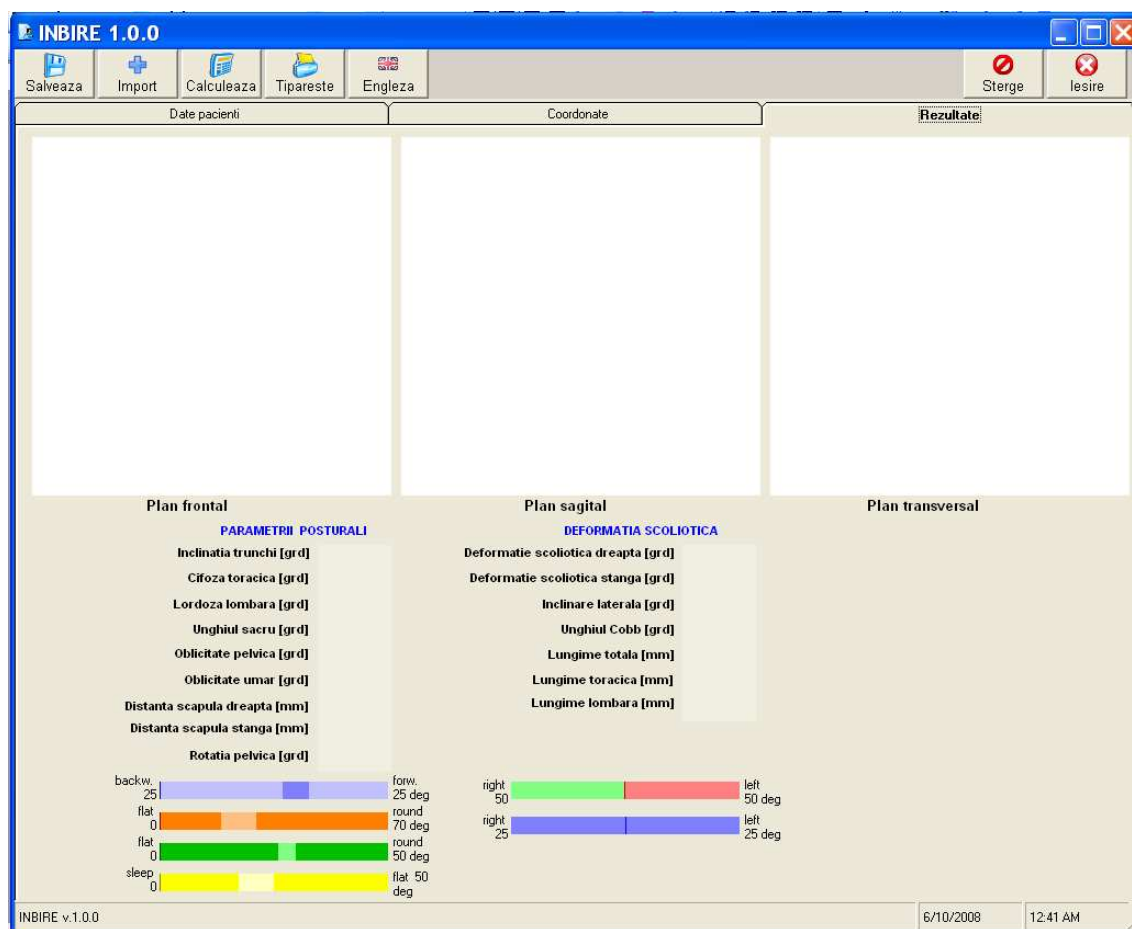


Fig. 4.37. Imagine a interfeței grafice de afișare a rezultatelor

Pentru *Înclinația trunchiului/Trunk inclination*, *Cifoza toracică/Thoracic Kyphosis*, *Lordoza lombară/Lumbar lordosis* și *Unghiul sacru/Sacral angle* s-au introdus scale cromatice, pe care figurează intervalul valorilor normale și linia corespunzătoare valorii parametrului pentru pacientul investigat. Etichetele exterioare

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

scaleur marchează valoric extensia acestora și indică tendința de deformație spre extremitățile scaleur.

În mod similar sunt descrise și grafic *Deformația scoliotică dreapta/Scoliotic deformation right*, *Deformația scoliotică stânga/Scoliotic deformation left* și *Înclinarea laterală/Lateral inclination*.

În figurile 4.38 și 4.39 sunt redată capturi de ecran ale interfeței grafice cu rezultatele procesării datelor din *Tab* – ul *Rezultate/Results* în limba română, respectiv engleză.

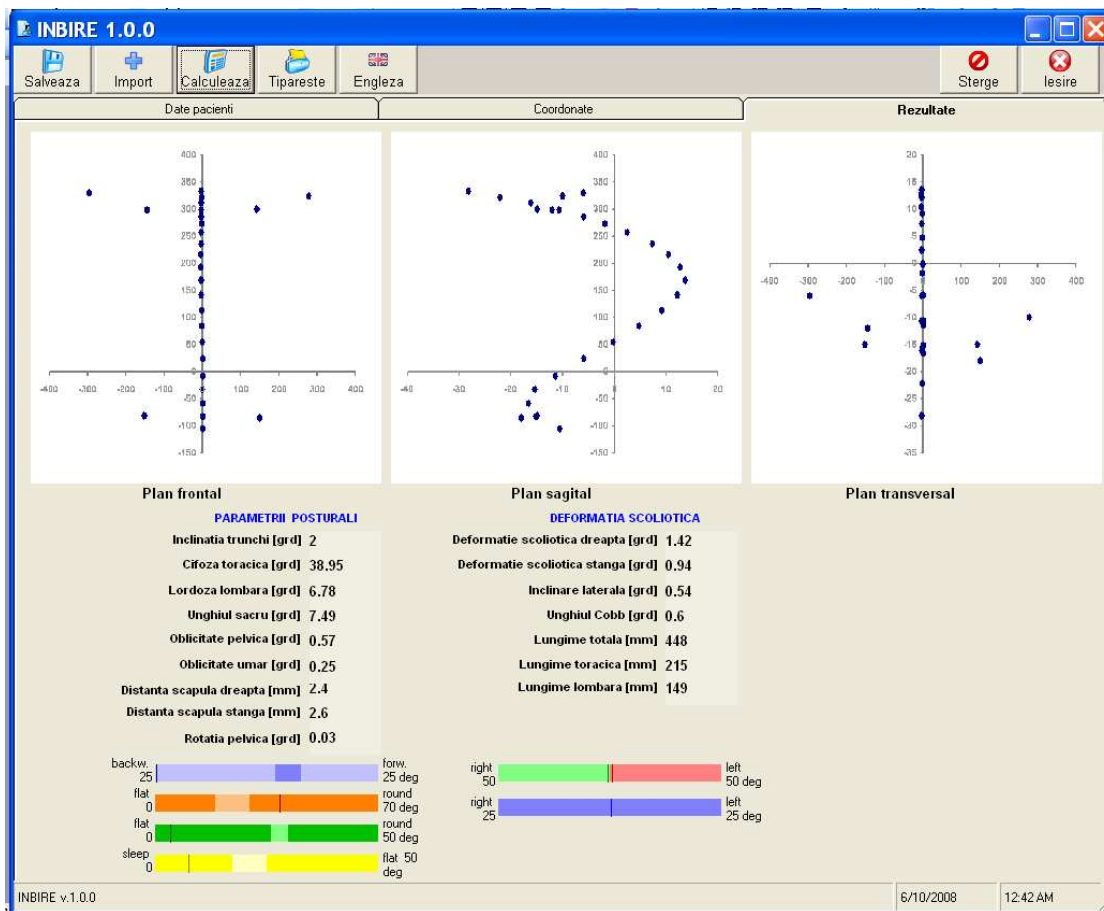


Fig. 4.38. Imagine a interfeței grafice de afișare a rezultatelor în limba română

Butonul *Tipărește/Print* comandă o secvență de tipărire a unui raport al investigației (fig. 4.40). Acesta conține numele și prenumele pacientului, data investigării, imaginile în cele trei plane ale coloanei, parametrii caracteristici ai acestora în formă numerică și grafică, precum și concluziile investigației, completate de către medic în caseta de text *Obs*.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

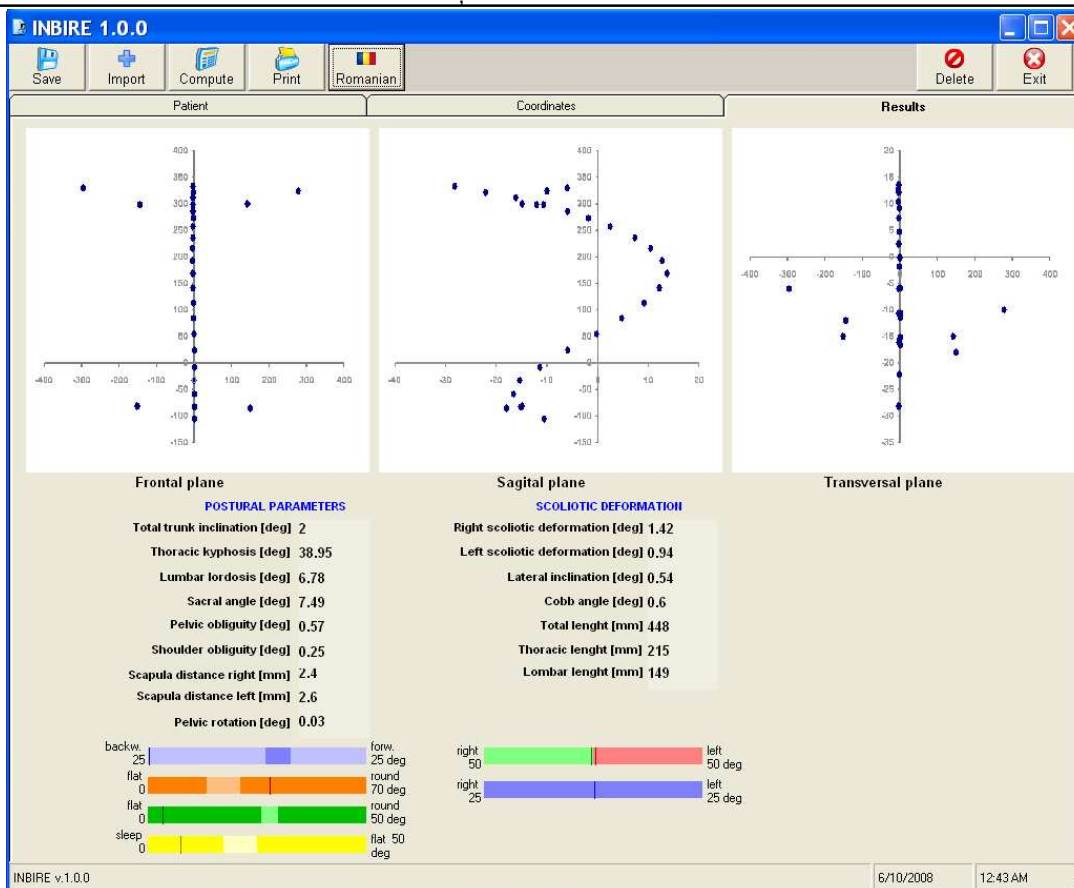


Fig. 4.39. Imagine a interfeței grafice de afișare a rezultatelor în limba engleză

Pentru verificarea existenței unui pacient în baza de date se scrie numele acestuia în *TextBox* – ul alăturat etichetei *Nume/Name*. Evenimentul *Click()* atribuit butonului de comandă *Caută nume* inițiază căutarea în baza de date. Dacă numele este găsit, se completează *grid* – ul aferent și se pot urma procedurile descrise anterior. Dacă numele nu se află în baza de date, programul afișează o fereastră cu mesajul *Pacientul nu este înscris în baza de date!* (fig. 4.41).

Pentru introducerea unui pacient nou în baza de date se scriu informațiile referitoare la acesta în câmpurile corespunzătoare și se apelează butonul de comandă *Salvează/Save* (fig.4.42).

Cu butonul *Cauta pacient* se populează *grid* – ul din *Tab* – ul *Date pacienți* (fig. 4.43).

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

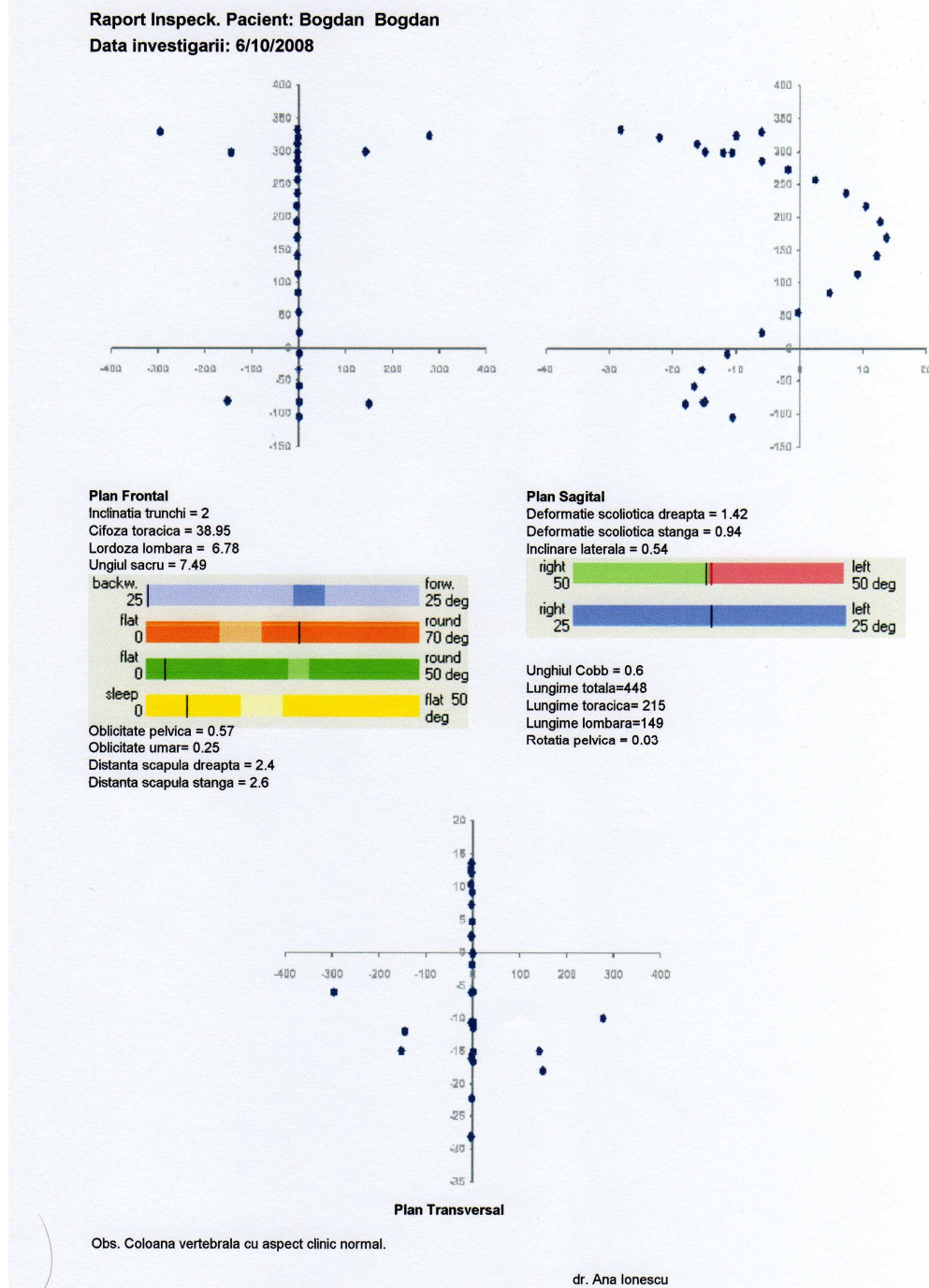


Fig. 4.40. Imagine a raportului tipărit al investigației

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

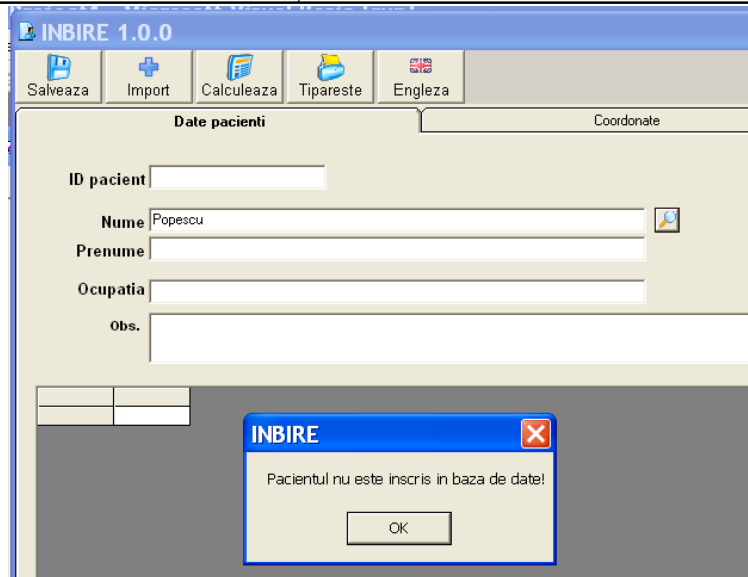


Fig. 4.41. Fereastră de mesaj în cazul în care pacientul nu este înscris în baza de date

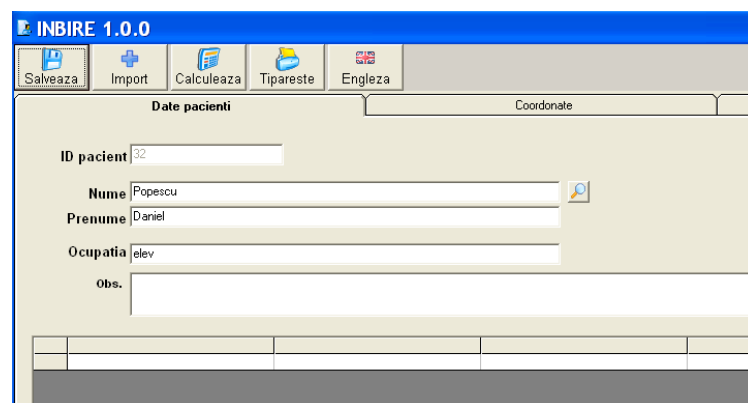


Fig. 4.42. Introducerea datelor unui pacient nou

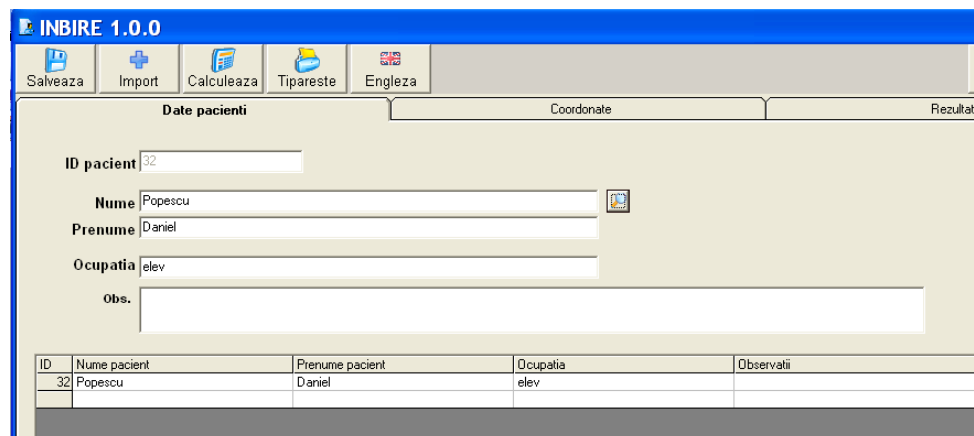


Fig. 4.43. Popularea grid – ului cu datele unui pacient nou

Intenția de inițiere a calculului returnează mesajul de avertizare *Nu există date despre coloană!* (fig. 4.44).

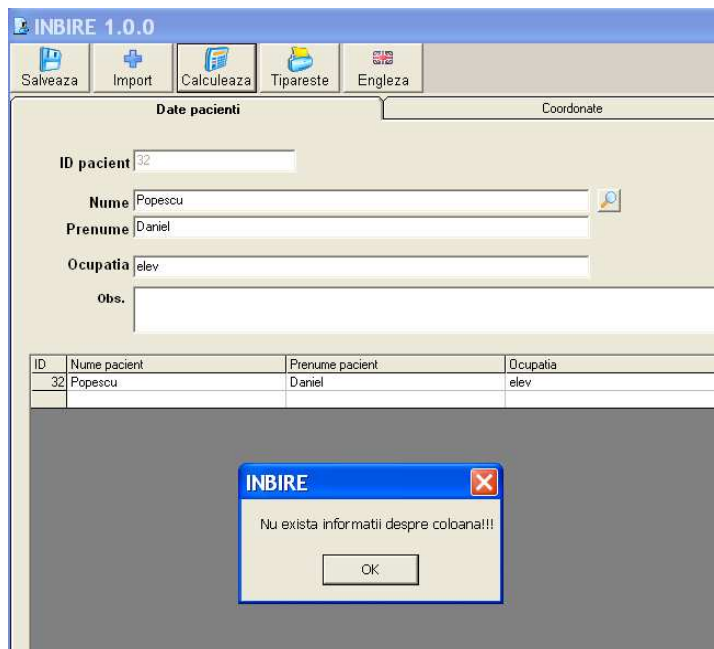


Fig. 4.44. Mesaj de avertizare în cazul în care nu există date numerice atașate numelui pacientului

Aducerea datelor în baza de date se realizează prin butonul de comandă *Import*, care deschide o fereastră de dialog (fig. 4.45) prin care se cere indicarea unui fișier cu extensia *.xls. Acest fișier este importat în tabelul *Coordonate* din baza de date.

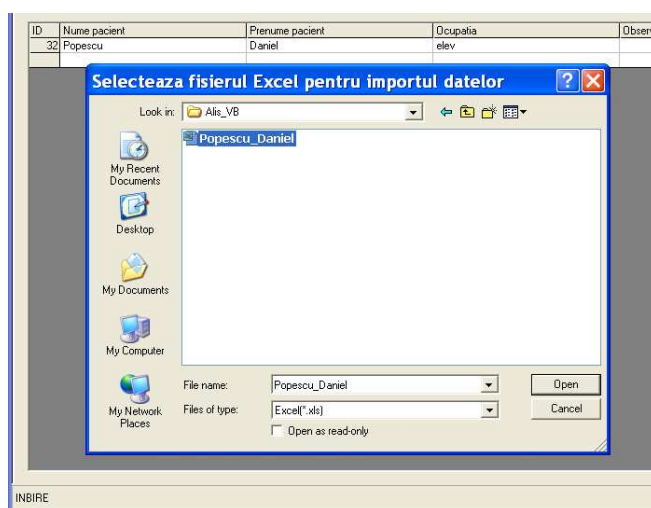


Fig. 4.45. Deschiderea ferestrei de dialog pentru realizarea importului coordonatelor în baza de date

Datele obținute prin măsurare și prelucrare primară cu softurile echipamentului Inspeck sunt stocate sub forma unor fișiere *.txt. Pentru importul în *INBIRE* este necesară crearea unor fișiere *.xls cu un format fix. Popularea cu date numerice trebuie să înceapă cu celula B3 și să conțină pe coloana A simbolurile punctelor de măsurare (fig. 4.46).

	A	B	C	D	E
1					
2	Nume vertebra	X	Y	Z	
3	C7	-35.2	182.3	-172.6	
4	T1	-36.11	180.41	-169.73	
5	T2	-36.86	163.22	-156.44	
6	T3	-35.72	135.80	-146.13	
7	T4	-37.79	106.65	-140.39	
8	T5	-37.61	85.75	-132.17	
9	T6	-39.46	65.93	-129.43	
10	T7	-39.39	47.00	-124.04	
11	T8	-40.82	25.84	-121.40	
12	T9	-40.36	5.45	-120.74	
13	T10	-42.42	-17.00	-121.62	
14	T11	-42.41	-38.96	-121.90	
15	T12	-43.62	-59.88	-124.21	
16	L1	-45.69	-79.02	-126.13	
17	L2	-46.43	-107.09	-130.68	
18	L3	-45.95	-126.83	-135.56	
19	L4	-46.43	-148.17	-140.53	
20	L5	-47.40	-172.09	-144.10	
21	S1	-47.89	-197.06	-143.03	
22	S2	-44.53	-220.31	-129.84	
23	S3	-44.52	-222.12	-122.33	
24	P1	-89.65	-149.05	-150.34	
25	P2	92.06	-146.78	-152.16	
26	U1	150.78	175.33	-168.38	
27	U2	-150.23	173.91	-166.22	
28	O1	75.46	156.02	-148.66	
29	O2	-78.66	158.45	-151.72	
30					

Fig.4.46. Formatul fișierului *.xls compatibil cu INBIRE

Codul programului INBIRE este redat în Anexa 2.

4.4. Determinarea unghiului de rotire relativă a vertebrelor utilizând marcheri cu geometrie complexă

Utilizarea unor marchere de forma complexă, care permit prelevarea coordonatelor 3D a mai multe puncte, deschid posibilități multiple de determinare a poziției relative atât a vertebrelor învecinate, cât și a întregii structuri a coloanei vertebrale.

Se propune o metodă de măsurare a unghiului de rotire relativă a două

vertebre succesive, metodă care poate fi extinsă din aproape în aproape la alte zone ale coloanei (cervicală, toracică și lombară), la segmente de interes ale acesteia (cele declarate ca afectate de deformații prin aspectare sau în urma unei metode de investigare cu rezultate mai puțin bogate în informații cantitative) sau la întreaga structură osoasă spinală.

Conceptul de marker cu formă complexă este elaborat pe baza unor criterii care vizează mai multe cerințe:

- ❑ asigurarea posibilității de prelevare a coordonatelor pentru mai multe puncte
- ❑ poziționarea punctelor de măsurare astfel încât să fie relevantă pentru scopul determinării cantitative și, în același timp, să nu necesite o abordare matematică foarte laborioasă
- ❑ impunerea unui caracter deformabil al markerului, astfel încât acesta să se poată mula pe suprafața învecinată vertebrei, suprafață cu formă personalizată de la pacient la pacient și de la vertebră la vertebră, funcție de structura musculară, adipoasă și a pielii din zonă
- ❑ asigurarea unui reper fix, corespunzător apofizei vertebrei
- ❑ poziționarea markerului printr-un element specific de geometrie pe direcția liniei care unește apofizele a două vertebre succesive.

Având în vedere cele de mai sus s-a proiectat și realizat un set de marchere, cu formă "T", având patru puncte de prelevare a coordonatelor (fig. 4.47). Markerul este confecționat dintr-un material siliconic, care asigură mularea geometrică pe suprafața corpului și poate fi fixat pe aceasta în vederea măsurării, cu ajutorul unor adezivi non-toxici și cu aderență slabă, pentru fixare de scurtă durată, utilizați în medicină, de tipul adezivilor pentru electrozi.

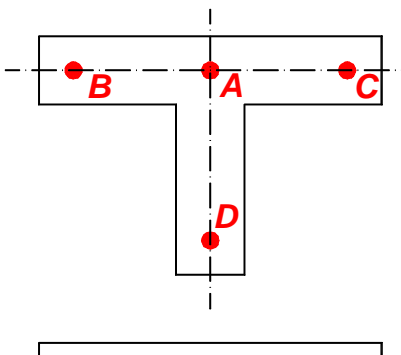


Fig. 4.47. Marker cu formă "T" care asigură măsurarea coordonatelor a patru puncte

Corpul markerului este prevăzut cu patru alezaje corespunzătoare punctelor de măsurare A, B, C și D. Markerul este fixat astfel încât punctul A să coincidă cu vârful apofizei vertebrei investigate, iar punctul D să se afle pe direcția apofizei vertebrei următoare. Inițial, markerul are formă plană, iar punctele B, C și D sunt echidistante în raport cu punctul central A. Fixarea pe o vertebră a subiectului conduce la deformarea markerului, care ia o formă spațială, iar punctele A, B, și C, inițial coliniare, se deplasează și determină vârfurile unui triunghi. În figura 4.48 este redată o vedere de sus a unei vertebre lombare și poziția deplasată, în vârfurile unui triunghi a punctelor A, B și C. De remarcat este faptul că punctul A corespunde vârfului apofizei, indiferent de forma pe care o ia markerul.

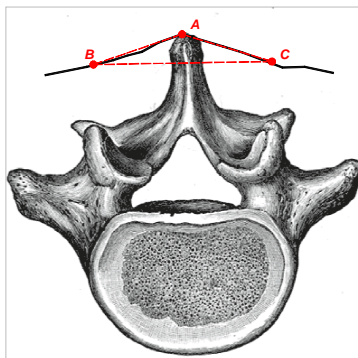


Fig. 4.48. Deformarea markerului cu generarea triunghiului ABC

În mod ideal, punctele A și D se află pe o verticală, iar triunghiul ABC este inclus într-un plan de nivel și este isoscel, cu laturile congruente $AB=AC$. Această situație este foarte puțin probabilă chiar și în cazul pacienților considerați cu structură biologic normală. În general, se apreciază că triunghiul ABC aparține unui plan cu orientare oarecare în spațiu. Proiecția pe un plan de nivel conduce la o figură plană de tipul triunghi oarecare. Proiecția pe un plan de front nu este un triunghi dreptunghic, ci tot un triunghi oarecare.

Pentru determinarea unghiului de rotație relativă a două vertebre succesive, cărora li se atribuie indicii de ordine 1 și 2 se propune parcurgerea următoarelor etape:

- determinarea coordonatelor punctelor A, B și C pentru vertebra 1
- construirea înălțimii AE relative la latura BC a triunghiului ABC
- proiectarea triunghiului ABC pe un plan de nivel, astfel încât rezultă un triunghi

$A'B'C'$, cu înălțimea corespondentă $A'E'$ (culoare roșie în figura 4.49.a). Înălțimea $A'E'$ trece prin centrul corpului vertebrei. Ca urmare poate fi asimilată cu o axă de simetrie a acesteia și poate fi considerată ca element geometric de referință pentru caracterizarea poziției spațiale a vertebrei

- ❑ determinarea coordonatelor punctelor A, B și C pentru vertebra 2
- ❑ construirea înălțimii AE relative la latura BC a triunghiului ABC
- ❑ proiectarea triunghiului ABC pe un plan de nivel, astfel încât rezultă un triunghi $A'B'C'$, cu înălțimea corespondentă $A'E'$ (culoare albastră în figura 4.49.a)
- ❑ translatarea proiecțiilor $A'B'C'$ într-un plan orizontal comun și determinarea unghiului α_{12} , dintre proiecțiile înălțimilor, ca măsură a rotirii relative a vertebrelor (fig.4.49.b)

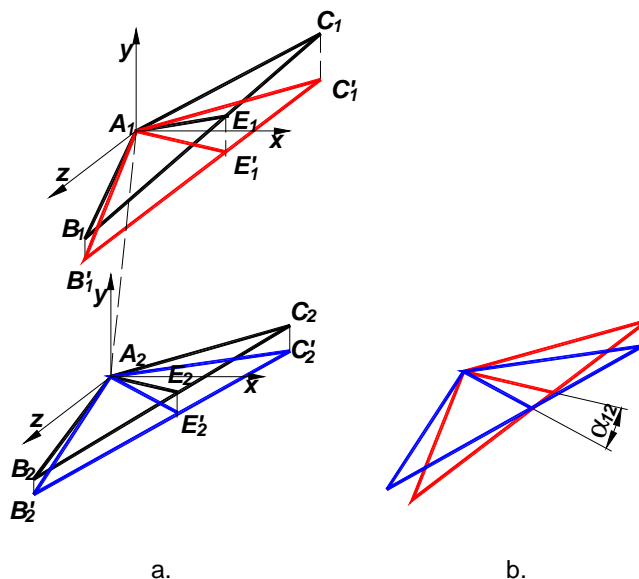


Fig. 4.49. Principiul de măsurare a rotirii relative a două vertebre

- ❑ măsurarea coordonatelor punctului D nu este necesară pentru calculul rotațiilor. Marcarea sa este importantă pentru poziționarea corectă a markerului.

Din punct de vedere matematic, algoritmul de calcul al unghiului dintre vertebre α_{12} necesită efectuarea următorilor pași:

- ❑ măsurarea coordonatelor punctelor $A_1(x_{1A}, y_{1A}, z_{1A})$, $B_1(x_{1B}, y_{1B}, z_{1B})$, $C_1(x_{1C}, y_{1C}, z_{1C})$ aferente vertebrei 1
- ❑ determinarea ecuației dreptei $B'_1C'_1$ într-un plan de nivel care conține punctul A_1 :

$$\frac{x - x_{1B}}{x_{1C} - x_{1B}} = \frac{z - z_{1B}}{z_{1C} - z_{1B}} \Rightarrow z = m_1 x + n_1 \quad (4.7)$$

□ determinarea coeficientului unghiular al unei drepte perpendiculare pe $B'_1C'_1$ (egal cu al înălțimii din A_1):

$$m_{E1} = -\frac{1}{m_1}, \quad (4.8)$$

□ măsurarea coordonatelor punctelor $A_2(x_{2A}, y_{2A}, z_{2A})$, $B_2(x_{2B}, y_{2B}, z_{2B})$, $C_1(x_{2C}, y_{2C}, z_{2C})$ aferente vertebrei 2

□ determinarea ecuației dreptei $B'_2C'_2$ într-un plan de nivel care conține punctul A_2 :

$$\frac{x - x_{2B}}{x_{2C} - x_{2B}} = \frac{z - z_{2B}}{z_{2C} - z_{2B}} \Rightarrow z = m_2 x + n_2, \quad (4.9)$$

□ determinarea coeficientului unghiular al unei drepte perpendiculare pe $B'_2C'_2$ (egal cu al înălțimii din A_2):

$$m_{E2} = -\frac{1}{m_2}, \quad (4.10)$$

□ calculul tangentei unghiului dintre $A_1E'_1$ și $A_2E'_2$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m_{E2} - m_{E1}}{1 + m_{E1}m_{E2}}. \quad (4.11)$$

Pentru ilustrarea algoritmului descris mai sus se prezintă, în continuare, o aplicație numerică.

Se consideră prelevate coordonatele punctelor aparținând unui șablon cu caracteristica geometrică $AB=AC=AD=15$ mm. În tabelul 4.2 sunt prezentate etapele de desfășurare a calculului. În figura 4. 50 este redată o reprezentare grafică a cazului analizat.

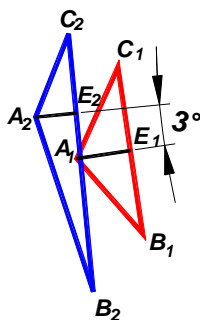


Fig. 4.50. Elementele de geometrie aferente exemplului numeric

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

Tabelul 4.1. Aplicație numerică pentru ilustrarea algoritmului de determinare a rotației relative a vertebrelor

Pas	Element determinat	Expresie sau valoare
1	Coordonatele punctelor A, B, C aparținând markerului, pentru vertebra 1	$A_1(0, 0, 0), B_1(5, -8, 11), C_1(8, 7, -9)$
2	Ecuția dreptei $B'_1C'_1$	$z = -\frac{20}{3}x + \frac{133}{3}, y = 0$
3	Coeficientul unghiular al înălțimii A_1E_1	$m_{E_1} = \frac{3}{20}$
4	Coordonatele punctelor A, B, C aparținând markerului, pentru vertebra 2	$A_2(-5, -25, 5), B_2(-1, -29, 15), C_2(2, -21, -16)$
5	Ecuția dreptei $B'_2C'_2$	$z = -\frac{31}{3}x + \frac{14}{3}$
6	Coeficientul unghiular al înălțimii A_2E_2	$m_{E_2} = \frac{3}{31}$
7	Unghiul de rotire relativă a vertebrelor α_{12}	$\text{tg}\alpha = -0.05246 \rightarrow \alpha = -3^\circ$

Pentru prelucrarea automată a datelor se propune o aplicație Microsoft Visual Basic, care poate prelua valorile numerice achiziționate dintr-o bază de date de tip *.mdb, *.xls sau alt tip de fișier ASCII, cu setare de up-date automat.

Modulul *Form* al programului este redat în figura 4.51. Două controale *Data* extrag coordonatele punctele A, B și C din baza de date, pentru vertebrele 1 și 2 selectate de către utilizator.

Dacă sunt selectate două vertebre succesive, prin butonul de comandă *Rotație pereche vertebre* se rulează secvența de cod de calcul, pe baza algoritmului descris principial prin relațiile (4.7)...(4.11). Rezultatul, exprimat în grade este afișat în caseta *TextBox* aferentă perechii de vertebre succesive selectate. Butonul de comandă *Pereche de vertebre nouă* șterge valorile coordonatelor înscrise anterior în casetele *TextBox* $x(A), y(A), z(A), x(B), y(B), z(B), x(C), y(C), z(C)$ pentru cele două vertebre și resetează baza de date la indexul 0. Se pot determina astfel unghiurile de rotație relativă a tuturor perechilor de vertebre succesive care alcătuiesc coloana vertebrală.

Programul este conceput astfel încât să poată furniza și valoarea unghiului de rotire între două vertebre care definesc un segment de coloană. Eticheta *Alege* prima vertebră a segmentului cere operatorului introducerea simbolului vertebrei de început al segmentului în caseta *TextBox* alăturată. Eticheta *Alege* ultima vertebră a

segmentului indică introducerea simbolului ultimei vertebre a segmentului. Butonul de comandă *Rotatie segment* declanșează desfășurarea secvenței de cod prin care se operează cu coordonatele prelevate pentru vertebrele indicate și afișarea rezultatului în caseta de text alăturată etichetei *Segment 1*. Aplicația este prevăzută cu posibilitatea alegerii a trei segmente, prin comenzile repetate *Rotatie segment* și *Segment nou*.

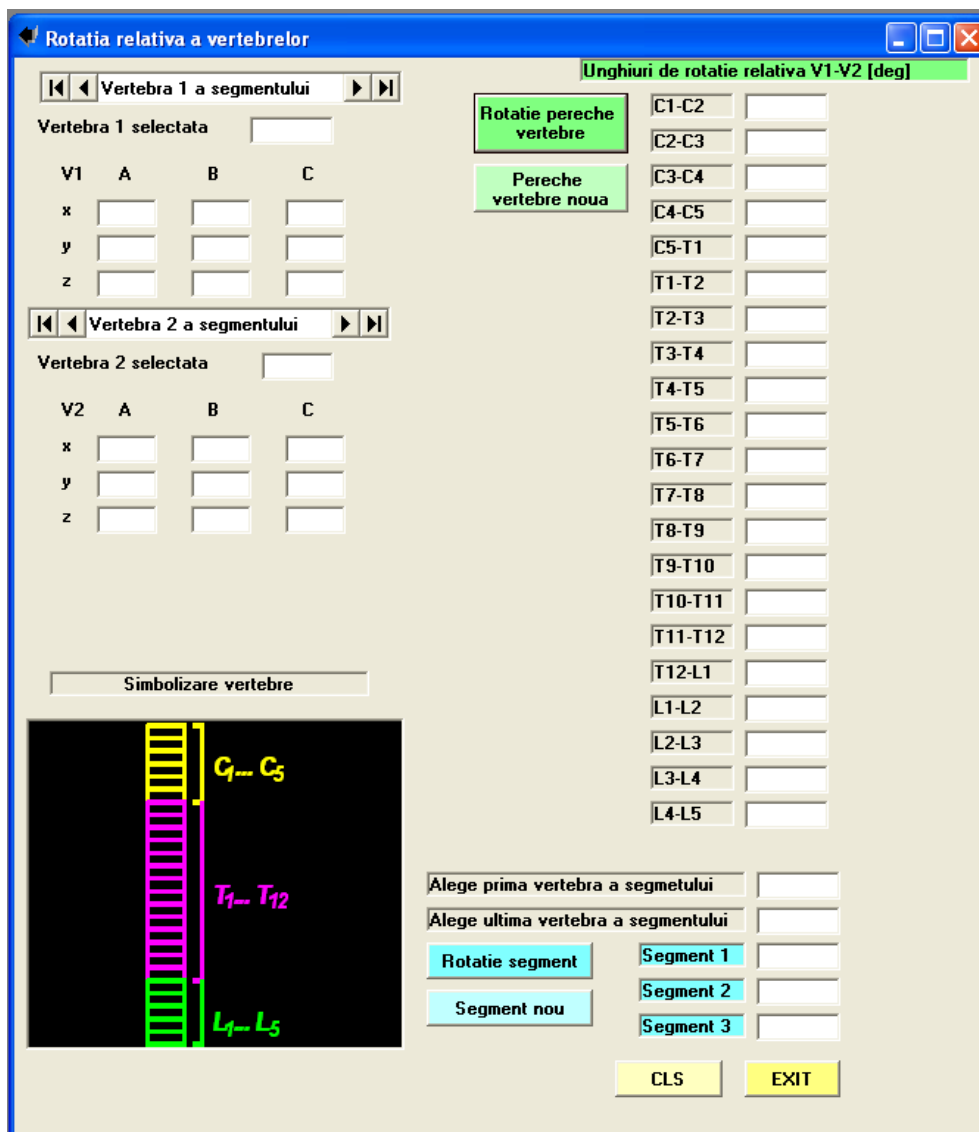


Fig. 4.51. Interfața grafică a aplicației MS VB

În figura 4.52 este prezentat un desen ilustrativ pentru tipul de informație pe care îl poate furniza programul. Sunt reprezentate simbolic cinci vertebre succesive, care alcătuiesc un segment de coloană. Corpul fiecărei vertebre este reprezentat

printr-un cerc, iar direcția apofizei vertebrei, printr-un segment de dreaptă orientat. Pentru claritatea ilustrației fiecare vertebră a fost figură în altă culoare. Sunt redată unghiurile dintre perechile de vertebre succesive V1-V2, V2-V3, V3-V4, V4-V5 și unghiul dintre prima și ultima vertebră a segmentului, V1-V5.

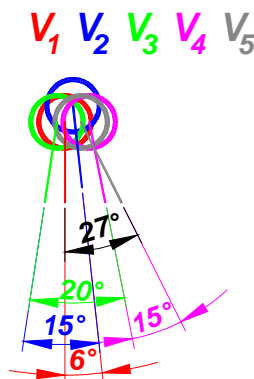


Fig.4.51. Valori ale rotațiilor relative între vertebrele succesive și extreme
ale unui segment format din cinci vertebre

Interfața grafică a programului conține în partea inferioară o schiță sugestivă pentru simbolizarea vertebrelor aparținând zonelor cervicală, toracală și lombară.

Butonul de comandă *CLS* corespunde eliminării tuturor variabilelor din memorie și, ca urmare, programul este pregătit pentru o nouă analiză. Butonul de comandă *EXIT* determină închiderea aplicației.

Citirea corectă a câmpurilor bazei de date necesită o structură a acestora conform modelului din tabelul 4.3.

Tabelul 4.3. Structura câmpurilor bazei de date

ID	Simbol vertebră	x _A	y _A	z _A	x _B	y _B	z _B	x _C	y _C	z _C
1	C1									
2	C2									
3	C3									
⋮	⋮									

Pentru aplicarea metodei de măsurare a rotirii relative a vertebrelor este necesară confecționarea unui set de 24 de șabloane identice, care se aplică pe coloana subiectului investigat. Se prelevează coordonatele punctelor necesare rulării programului și se stochează sub forma unei baze de date compatibile cu aplicația Visual Basic.

Metoda este simplă, precisă având un cost redus . Din punct de vedere al

preciziei, erorile pot fi introduse numai prin aplicarea incorectă a șabloanelor.

Aplicația soft descrisă în acest paragraf a fost concepută în completarea programului *INBIRE*, pentru obținerea unui set suplimentar de informații, în cazul deformațiilor severe de coloană, însoțite de rotații permanente, patologice ale vertebrelor.

4.4. Concluzii și contribuții personale

În prezentul capitol s-a prezentat 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 aproximativă a jumătății 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.

Este prezentat modul de operare necesar prelevării coordonatelor unui 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 marcheri speciali, aplicați de către un cadru medical pe suprafața spatelui pacientului investigat.

Sunt redate, pe scurt, 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. 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.

Bazele matematice sunt prezentate de calcul a 16 parametri numerici de caracterizare a posturii sau deformațiilor permanente de coloană.

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

Acest 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.

Printre contribuțiile personale cuprinse în prezentul capitol se pot cita următoarele:

- stabilirea unei configurații adecvate aplicației medicale vizate (evaluarea calitativă și cantitativă a deformațiilor de coloană vertebrală) a echipamentelor InSpeck, care realizează digitizarea prin scanarea optică a unei scene date
- propunerea unei set de 27 de puncte asociate vertebrelor, cuprinse în segmentul C7 – S3, umerilor U1-U2, omoplaților O1-O2 și șoldurilor P1-P2
- soluționarea problemei identificării acestor puncte pe imaginea 3D reconstruită prin aplicarea pe torsul pacientului a unor marcheri
- definirea parametrilor pentru caracterizarea formei și poziției coloanei vertebrale
- elaborarea bazei matematice pentru setul de parametri definiți
- elaborarea unei aplicații soft Visual Basic pentru generarea unui raport complex, grafo-numeric pentru evaluare a posturii și deformațiilor de coloană
- conceperea unui model de calcul pentru determinarea unghiului de rotație relativă dintre două vertebre

- elaborarea unei aplicații soft pentru determinarea rotației vertebrelor

Bibliografie

[B2], [B3],[B4], [B5], [C4],[F1],[G5],[G9] [H1],[L1], [L2],[M2], [M3], [M4],[O1], [S3], [T2],
[Z1], [V3], [***].

5. MODELAREA 3D A COLOANEI VERTEBRALE

5.1. Noțiuni generale de proiectare tridimensională

Proiectarea tridimensională cu ajutorul calculatorului cunoaște o răspândire tot mai largă. Acest fapt este favorizat de apariția în ultimul timp a stațiilor grafice și softurilor specializate deosebit de performante.

Prin sintagmă generală "proiectarea tridimensională" se înțelege capacitatea calculatorului, prin softul său specializat, de a determina conținutul unei imagini imitând într-o cât mai bună măsură capacitatea umană de "citire" a imaginilor în vederea luării unor decizii ulterioare.

În dezvoltarea aplicațiilor de analiză și reconstrucție a suprafețelor tridimensionale sunt folosite tehnici care au analogie cu sistemul de vedere uman. De exemplu, sistemele de reconstrucție care pornesc de la imagini stereo implică determinarea corelației dintre imaginea stângă și imaginea dreaptă, aspect specific vederii omului.

Se pot identifica trei tipuri de operații care sunt folosite în cazul reconstrucției imaginilor 3D, și anume: preprocesări ale imaginilor, transformări geometrice și analiza imaginilor.

Există două modalități de creare a imaginilor 3D:

- prin generarea imaginilor folosind aplicații CAD (metodă utilizată în prezenta lucrare)
- prin digitizarea suprafeței, formei, volumului sau altor caracteristici pentru diferite obiecte sau fenomene din natură.

Achiziția imaginilor 3D se face utilizând diferite dispozitive care poartă numele generic de scanere 3D. De-a lungul timpului s-au dezvoltat o serie de tehnici care stau la baza dispozitivelor de achiziție. Aceste procedee de achiziție a imaginii sunt

tehnici cu contact (echipamente utilizând digitizeri) și fără contact (echipamente fotografice, cum ar fi InSpeck).

Imaginile 3D reconstruite folosind tehnicile prezentate mai sus pot fi împărțite în două mari categorii: imagini 3D ale suprafeței obiectului și imagini 3D ale volumului/conținutului obiectului.

Se va urmări, în continuare, reconstrucția imaginilor 3D a suprafețelor și volumelor.

5.1.2. Reprezentarea imaginilor 3D a suprafețelor și volumelor

Tehnicile care stau la baza reconstrucției și vizualizării suprafețelor tridimensionale folosesc sistemul de coordonate cartezian.

Sistemele tridimensionale de coordonate carteziane oferă suport matematic pentru obiectele din lumea reală. Folosind un sistem de coordonate tridimensional se pot reprezenta lungimea, lățimea și înălțimea unui obiect.

Spațiul de coordonate tridimensional se extinde la infinit de-a lungul axelor sale, prin urmare poate reprezenta orice punct din spațiu. Plecând de la aceste premise, se poate alege prin convenție un spațiu de coordonate tridimensionale, numit "world coordinate system", care poate localiza orice punct.

Deși din punct de vedere teoretic ar fi suficientă definirea unui sistem de coordonate universal recunoscut, din punct de vedere practic este mult mai ușor ca pentru situații diferite să se folosească sisteme de coordonate diferite. Motivul important pentru care se utilizează diferite spații de coordonate este acela că anumite informații au relevanță sau sunt cunoscute doar într-un anumit context sau spațiu.

Câteva dintre cele mai întâlnite spații de coordonate sunt:

- World space. Acesta este un sistem de coordonate tridimensional pentru lumea ce ne înconjoară, un sistem de referință special care stabilește un model de referință global pentru toate celelalte sisteme de coordonate. Cu alte cuvinte, folosind world space se pot exprima pozițiile altor sisteme de coordonate spațiale
- Spațiul obiect, spațiul model (model space). Acesta reprezintă sistemul de coordonate în care este definit un anumit obiect tridimensional. De obicei, dar nu întotdeauna, fiecare obiect va avea propriul spațiu obiect, cu originea în centrul obiectului. Prin centrul obiectului, se înțelege punctul în jurul căruia obiectul va fi

rotit, punct care nu coincide neapărat cu centrul de greutate al obiectului sau cu centrul geometric al acestuia. Spațiul obiect poate fi privit ca spațiul de coordonate asociat unui anumit obiect

□ Spațiul cameră. Acest spațiu reprezintă sistemul de coordonate asociat unui observator, privitor. Spațiul cameră este similar cu conceptul de spațiu ecran întâlnit în 2D, cu deosebirea că spațiul cameră este un spațiu tridimensional. Spațiul cameră poate fi considerat ca fiind un spațiu particular de tipul spațiu obiect, unde obiectul care definește spațiul este camera, cameră care reprezintă punctul de vedere al scenei

□ Spațiul inerțial. Acest tip de spațiu s-a introdus pentru a simplifica transformarea din coordonate ale spațiului obiect în coordonate world space, și invers. Acest spațiu poate fi privit ca fiind la jumătatea drumului dintre spațiul obiect și world space. Originea spațiului inerțial coincide cu originea spațiului obiect, iar axele spațiului inerțial sunt paralele cu axele world space. Fiecare obiect al unui univers virtual tridimensional are propriul sau spațiu de coordonate, numit spațiu obiect. Spațiul unui obiect se poate mișca în interiorul world space.

5.1.3. Modificări ale geometriei obiectelor 3D

Principalele transformări geometrice utilizate în reconstrucția 3D folosesc una sau mai multe modificări ale geometriei aplicate fie asupra imaginilor inițiale, fie pe parcursul procesului de reconstrucție al obiectelor. Transformările geometrice sunt folosite, de asemenea, pentru a putea transforma coordonatele unui obiect dintr-un spațiu în altul, de exemplu din spațiul cameră în spațiul obiect, sau din spațiul obiect în world space.

Transformările geometrice joacă un rol major în derularea oricărui proces de achiziție și reconstrucție a scenelor tridimensionale. Din punct de vedere al achiziției și reconstrucției cele mai des întâlnite transformări geometrice sunt transformarea în perspectivă, rotirea și translația. Pe lângă acestea, în funcție de tipul algoritmului de reconstrucție, se mai folosesc scalarea și alte transformări liniare. Toate aceste transformări au la bază convertirea obiectelor pentru a fi editate în diverse texturi (mesh, patch sau poli) pentru a putea fi apoi modificate în funcție de vertexuri, muchii, fețe, poligoane sau elemente – fig. 5.1.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

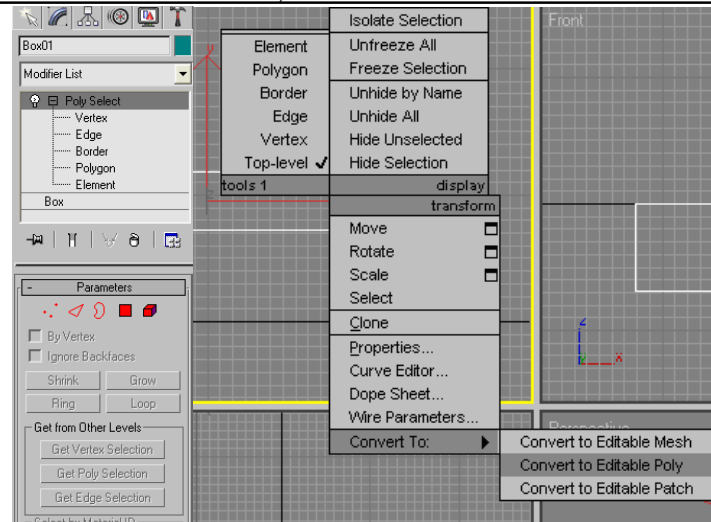


Fig.5.1. Transformari care stau la baza convertirii si modificarii obiectelor in 3dsMax

Pentru exemplul din figura 5.2 sunt prezentate posibilitățile de editare ale unui obiect, în cazul de față un cub (box) care este convertit în poligon, pentru ca apoi să fie editat cu cele 5 posibilități de editare din fereastra de modificatori din dreapta utilizatorului (vertexuri, muchii, contururi, poligoane, element).

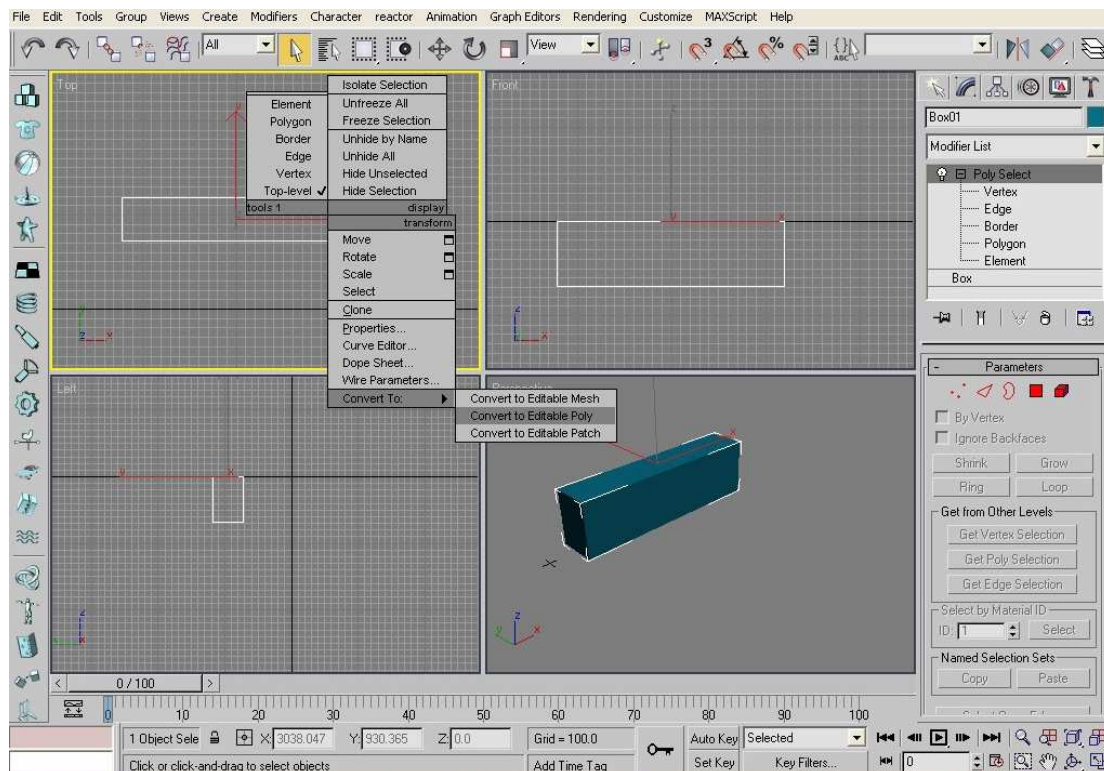


Fig.5.2. Posibilități de conversire și editare ale unui obiect în 3dsMAX

În majoritatea tratatelor de matematică, transformările geometrice sunt prezentate folosind sisteme de coordonate carteziene, care au ca origine punctul de coordonate (0,0) situat în centrul imaginii, pentru care valorile situate pe axa x cresc de la stânga la dreapta și valorile de pe axa y cresc de jos în sus, în timp ce imaginile folosesc un sistem de coordonate cu o așa-zisă origine într-un punct de coordonate (1,1) situat în colțul stânga sus al imaginii pentru care axa x este îndreptată de la stânga la dreapta, iar axa y este îndreptată de sus în jos.

5.1.4. Stocarea și reprezentarea imaginilor tridimensionale

Prin imagine 3D (tridimensională) se înțelege orice structură capabilă să stocheze informația vizuală a unei scene 3D sau orice reprezentare grafică capabilă să creeze privitorului iluzia de adâncime.

În general modelele folosite pentru stocarea și reprezentarea obiectelor tridimensionale sunt:

- Modele solid - Aceste modele definesc volumul obiectelor reprezentate – fig.5.3.a
- Modele scoarță - Aceste modele definesc doar suprafața exterioară a obiectelor - fig.5.3.b

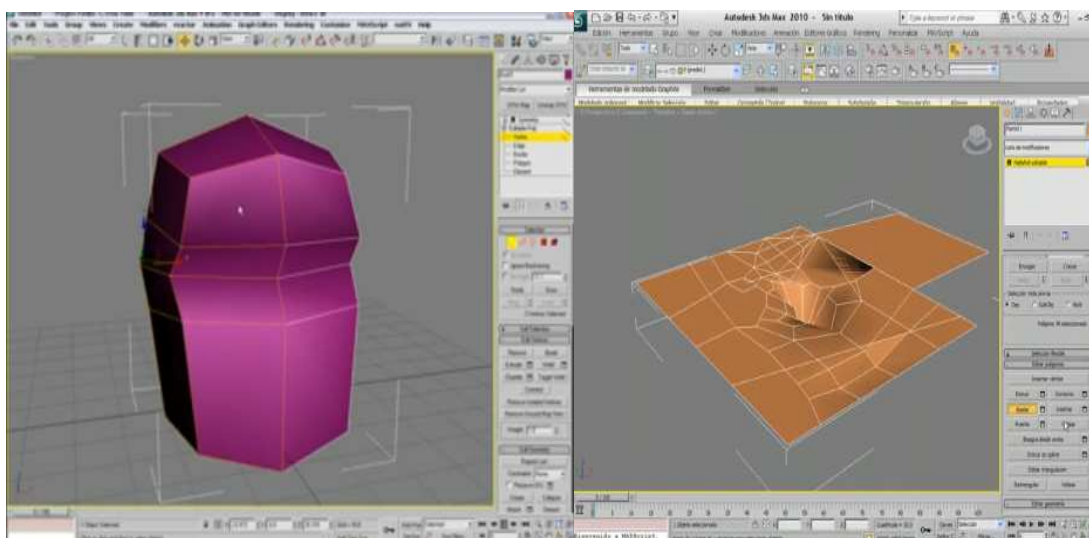


Fig.5.3. a)Reprezentare Model solid b) Reprezentare Model scoarță

În funcție de elementele de volum folosite se disting mai multe reprezentări tridimensionale. Astfel, se deosebesc:

- Informații primare

- ❑ Aglomerare de puncte (point cloud) - un set de vârfuri (vertices) reprezentate într-un sistem de coordonate tridimensional (de exemplu forma unui obiect, rezultatul scanării 3D a unui obiect)
- ❑ Imagini profunzime (range image) - conțin informație despre adâncimea fiecărui pixel, este o reprezentare de tipul scoarță
- ❑ Poligoane amestecate (standard primitives) - constau de fapt într-o listă de poligoane pentru a defini o scenă sau un obiect tridimensional
- ❑ Suprafețe
- ❑ Rețea de poligoane (polygon mesh). O rețea de poligoane este o colecție de vârfuri, laturi și fețe care definesc forma unui obiect poliedric și sunt cele mai importante din punct de vedere al geometriei tridimensionale asistate de calculator. Utilizând rețele de poligoane sunt facilitate o multitudine de operații începând de la cele logice, la cele de netezire sau simplificare a suprafețelor și volumelor
- ❑ Suprafețe subdivizate (Subdivision surfaces). Pentru reprezentarea unei suprafețe netede folosind o suprafață brută, suprafața netedă este calculată pornind de la suprafața brută, ca fiind limita unui proces iterativ de subdivizare a fiecărei fețe poligonale în fețe mai mici care împreună aproximează suprafața inițială
- ❑ Suprafețe parametrice (parametric surface). Sunt suprafețe din spațiul Euclidian E3 care sunt definite de o ecuație cu doi parametri. Este cea mai utilizată reprezentare de suprafețe
- ❑ Suprafețe implicite (surface)
- ❑ Solide
- ❑ Voxeli – se referă la un element de volum, reprezentând o valoare într-un spațiu tridimensional - un cub de dimensiuni foarte mici. Voxelul are aceeași culoare pe toată suprafața lui și este compus din același material, cu aceeași densitate în întregimea lui, nu conține informații privind poziția în spațiu, dar poziția sa poate fi determinată relativ cu poziția față de ceilalți voxeli
- ❑ Arbori Binari - este o metodă recursivă de subdivizare a spațiului în seturi convexe de hiperplanuri. Această subdivizare dă naștere unei reprezentări a scenei folosind o structură de date de tip arbore denumită arbore BSP (are

aplicații în reprezentarea volumului și suprafețelor)

- Geometria solidă constructivă - permite unui modelator, proiectant, să creeze o suprafață complexă sau un obiect combinând cu ajutorul operațiilor binare forme geometrice simple. Obiectele stocate sub forma unei structuri solide constructive, par a fi complicate, dar ele sunt de fapt o combinație între obiecte simple, care pot fi reprezentate prin intermediul unor arbori binari, a căror noduri reprezintă operații (cum ar fi intersecția, reuniunea sau diferența)
- Structuri de nivel înalt - sunt structuri care ordonează reprezentarea logică și spațială a scenelor grafice. Scheletul unei forme este cel mai restrâns set de segmente echidistante față de marginile suprafeței obiectului, segmente care păstrează structura formei (Grafuri scenă, Schelete, Modele 3D specifice aplicației).

Elementele primare utilizate în modelare cu ajutorul softului 3dsmax sunt:

- Curbe Spline - se bazează pe linii drepte sau curbe definite de vertexuri. Se regăsesc în bara principală de comenzi (comanda *Create*), cu opțiunea *Shapes* sau se găsesc pe panoul din partea dreaptă a ferestrei active (fig. 5.4). Acestea au mai multe tipuri de control al tangentelor: vertexuri netede (*smooth*) - cu aceeași curbă de o parte și alta, vertexuri colț (*corner*) - tangentele formează un anumit unghi, vertexuri *Bezier* - asemănătoare celor netede, permițând controlul tangentelor
- Corpuri geometrice – Primitive, care se regăsesc în bara principală de comenzi (comanda *Create*), cu opțiunea *Standard Primitives*, sau se găsesc pe panoul din partea dreaptă a ecranului (fig. 5.5). Parametrii corpurilor pot fi modificați din panoul cu modificatori, care apare în partea dreapta a ecranului. Astfel pot fi modificate cele trei dimensiuni spațiale, precum și numărul de segmente care compun obiectul.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

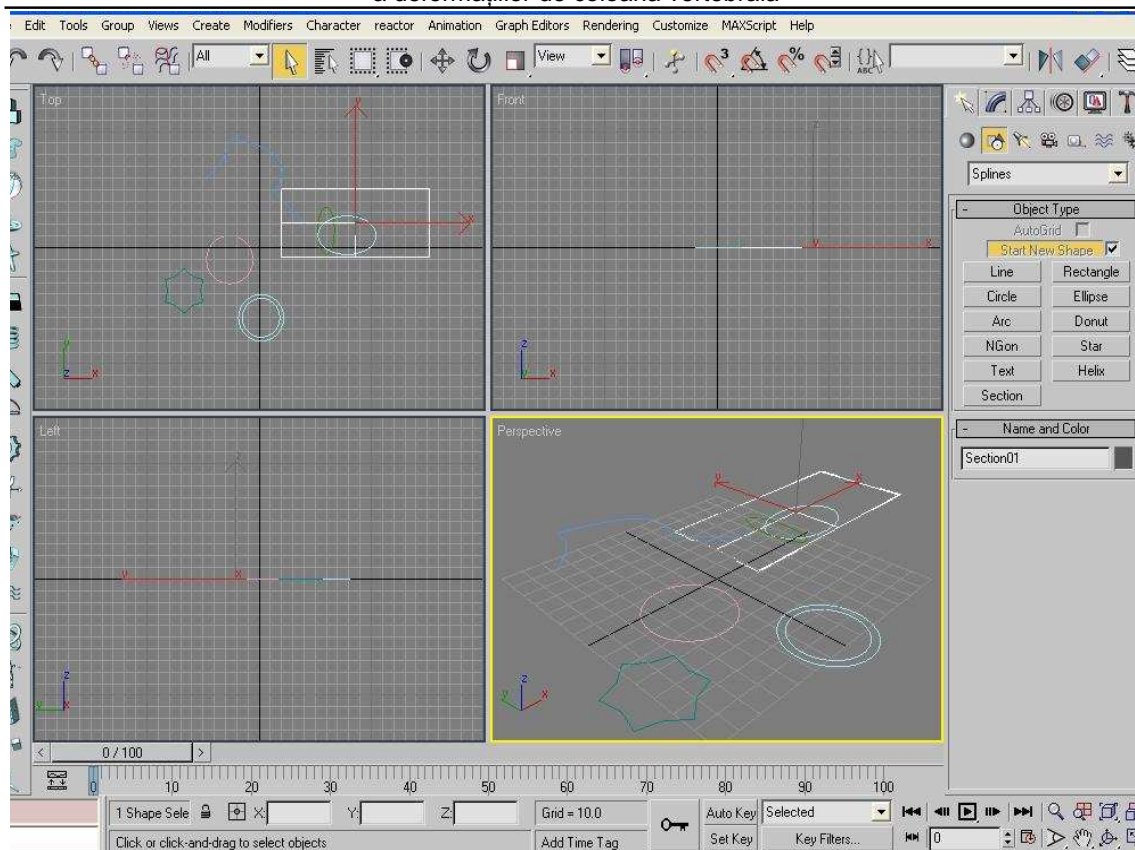


Fig.5.4. Curbe Spline din fereastra Shapes, a softului 3dsMAX

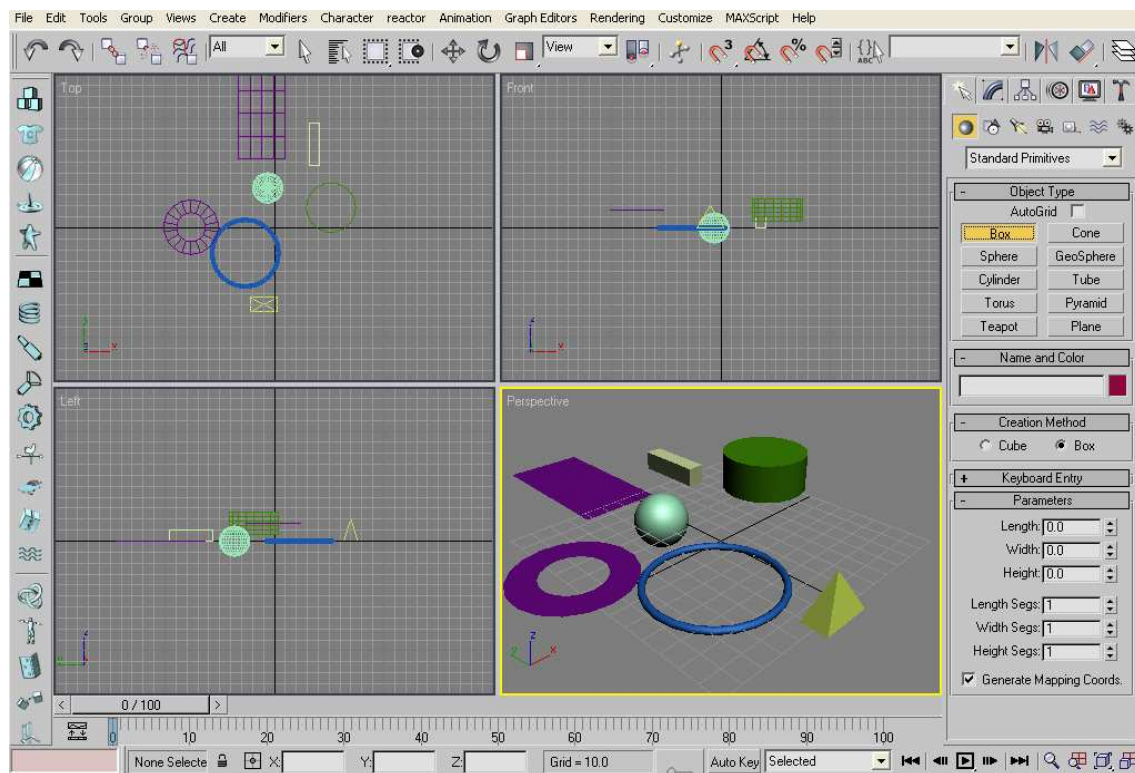


Fig.5.5. Corpuri geometrice din fereastra Standard Primitives a softului 3dsMAX

5.2. Modelarea 3D a coloanei vertebrale cu ajutorul parametrilor generați de echipamentul InSpek

Datele obținute prin măsurare și prelucrare primară cu softul echipamentului InSpeck pot fi utilizate pentru a modela în parametri reali coloana vertebrală a pacienților. Inițial se va proiecta un model de coloana vertebrală standard, pentru un pacient sănătos, conform atlasului din anatomie. Având un model de coloana vertebrală standard, se vor prelua parametrii mășurați și prelucrați cu ajutorul echipamentului InSpeck, urmând a se realiza cu ajutorul lor, pentru fiecare pacient în parte, un model de coloană vertebrală personalizat. Modelul pacientului va fi comparat cu modelul anatomic standard și vor evidenția în spațiu tridimensional eventualele deformări ale coloanei vertebrale a pacientului.

5.2.1. Proiectarea vertebrelor, coloanei vertebrale model (standard)

Cu ajutorul atlasului anatomic se vor modela toate tipurile de vertebre și se vor asambla pentru a crea întreaga coloană vertebrală standard, care va deveni etalon de comparație pentru modelul particular al pacienților cu diverse deformații. Se va ține cont în proiectarea inițială de valorile statistic normale ale înălțimii vertebrei (cu variațiile specifice zonelor cervicală, toracală, lombară și sacrală), precum și lungimii coloanei vertebrale și unghiurilor de curbură din plan sagital .

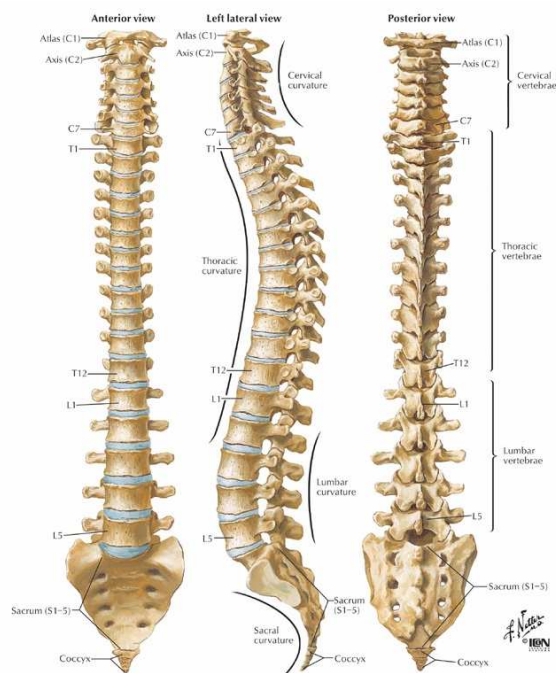


Fig.5.6. Elementele componente ale coloanei vertebrale, curburi fiziologice

Coloana vertebrală este un sistem complex, în structura caruia intră 33 - 34 vertebre, 344 de suprafețe articulare și 24 de discuri intervertebrale.

Cele 5 segmente ale coloanei vertebrale sunt: cervical (7 vertebre), dorsal (12 vertebre), lombar (5 vertebre), sacral (5 vertebre sudate între ele) și coccigian (4-5 vertebre rudimentare). În figura 5.6 este prezentată alcătuirea coloanei vertebrale și curburile sale fiziologice.

Curbura normală a coloanei vertebrale în plan sagital este variabilă pe trei zone:

- Zona cervicală: C1-C7- (concavă, în spate) formează unghi de curbură
- Zona toracală: T1-T12- formează unghi de curbură
- Zona lombară: L1-L5 -formează unghi de curbură.

Dimensiunile generale statistice ale coloanei standard sunt:

- înălțimea unei vertebre: ~ 3cm
- lungimea coloanei vertebrale: ~ 56 cm

Pentru proiectarea vertebrelor sunt utilizate tehnicile actuale de reconstrucție a suprafețelor tridimensionale pornind de la imagini bidimensionale preluate din lumea reală. Cu ajutorul softului 3dsMAX se preiau două imagini (vedere laterală, vedere față) ale vertebrei, din scena care urmează a fi reconstruită într-o imagine 3D.

Inițial se atașează în fereastra 3dmax denumită vedere din perspectivă, imaginea vertebrei care se dorește a fi proiectată. În partea dreapta a blocului 3dsmax este panoul cu instrumentele de lucru necesare, planuri, corpuri geometrice, linii, modificatori, funcții. Corpurile geometrice se vor selecta, pentru a putea fi convertite într-un *Editable Mesh* (suprafața editabilă) sau *Editable Poly* (poligon editabil) și se vor modifica, respectiv modela utilizând modificatori ca *Vertexuri* (puncte), poligoane, contururi, *edge* (suprafețe sau secțiuni). Există opțiunea *Plan* care va însera un plan, cu posibilitatea de a fi modificate dimensiunile, lungimea, respectiv lățimea. Din panoul de comenzi se accesează *Material Editor* respectiv *Material Browser* și se selectează *Bitmap*. Cu ajutorul comenzii *Bitmap* se crează calea spre fișierul cu imagini ale vertebrelor. Se va selecta prima imagine, cea din față a vertebrei, apoi se va selecta opțiunea *Show map on viewport* rezultând imaginea vertebrei în fereastra *Perspective* a 3dmax. Se atașează și cea de a doua imagine cu vederea laterală a vertebrei. Pentru a facilita vederea în spațiu a imaginii

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

vertebrei, acestea se vor roti 90° și se vor intersecta generând o vedere în spațiu a vertebrei. Aceste două planuri, imagini intersectate, vor fi de folos pentru a realiza vertebra. S-a ales din panoul de primitive un cilindru care va fi poziționat cu centrul în punctul de intersecție al celor două imagini. Cilindrul urmează a fi editat și convertit în poligon utilizând diferiți modificatori - figura 5.7.

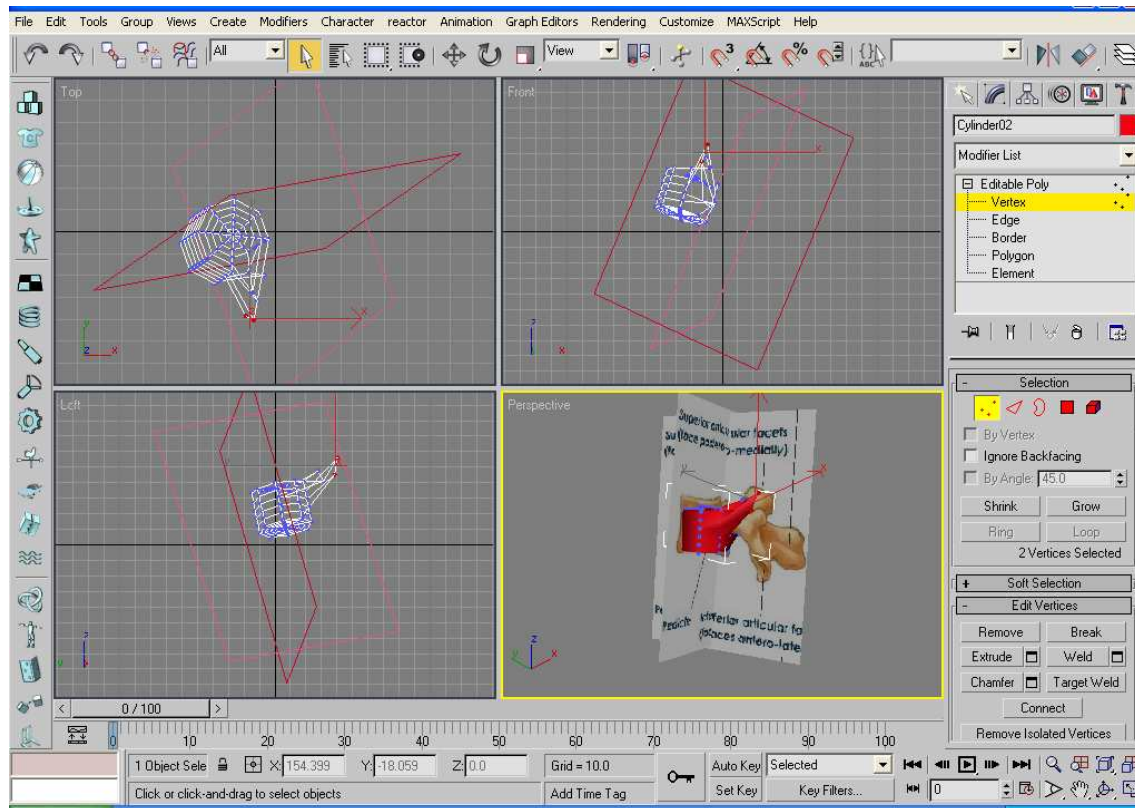


Fig 5.7. Editarea cilindrului cu ajutorul planurilor imagine intersectate

Având cele două imagini intersectate în vederea din perspectivă se va alege un corp geometric, în cazul de față un cilindru, fiind mai apropiat de forma corpului vertebrei, care va fi modificat cu ajutorul vertexurilor și comenzilor de decupare, extrudare, chamfer, scalare, netezirea suprafețelor (smoth), pentru a crea vertebra în spațiul tridimensional (fig. 5.8).

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

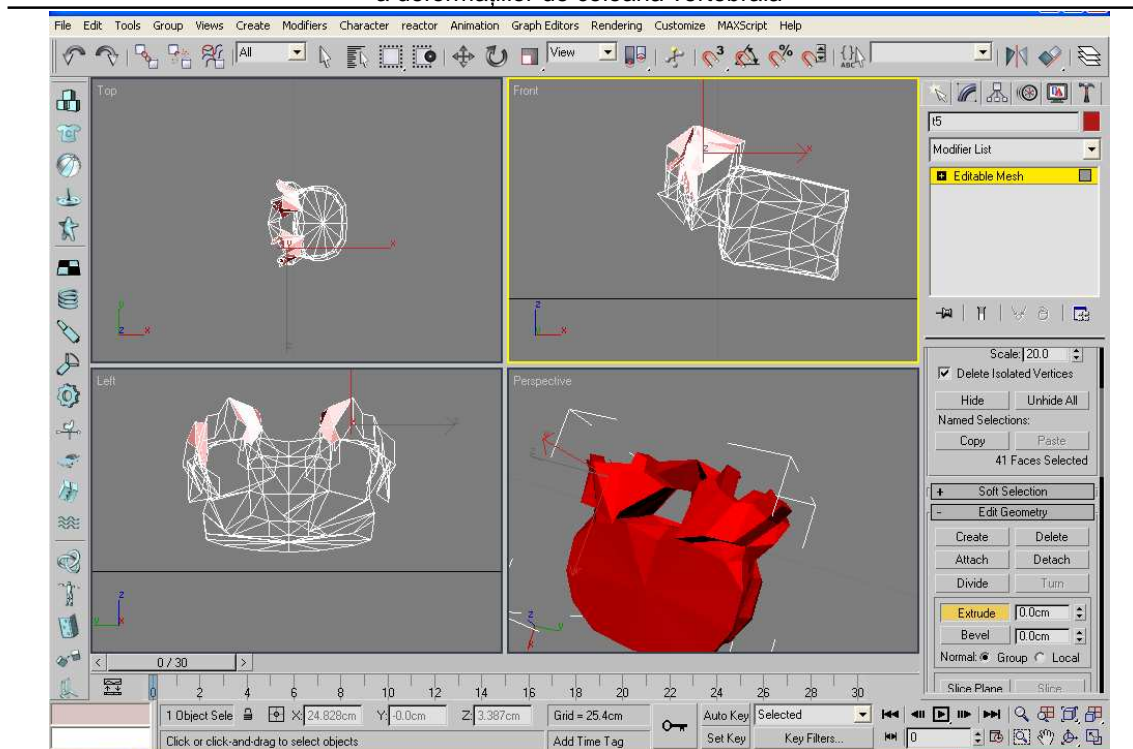


Fig.5.8. Modelarea cilindului editat din poligon, cu modificatorul Extrude realizat cu aplicația 3dsMax

Rezultatul modelării va fi o vertebră în spațiu tridimensional asemănătoare cu cea din imaginile atașate în vederea din perspectivă. Procedând identic pentru fiecare vertebră, cât și pentru discul intervertebral, toate vertebrele vor fi modelate corespunzător, rezultând modelul pentru fiecare tip de vertebră cervicală (fig. 5.9), toracală (fig. 5.10), lombară (fig. 5.11), sacrală, coccigială (fig.5.12). După ce au fost modelate toate vertebrele se aduc la dimensiunile dorite prin scalare, în mm și sunt salvate într-o fereastră separată.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

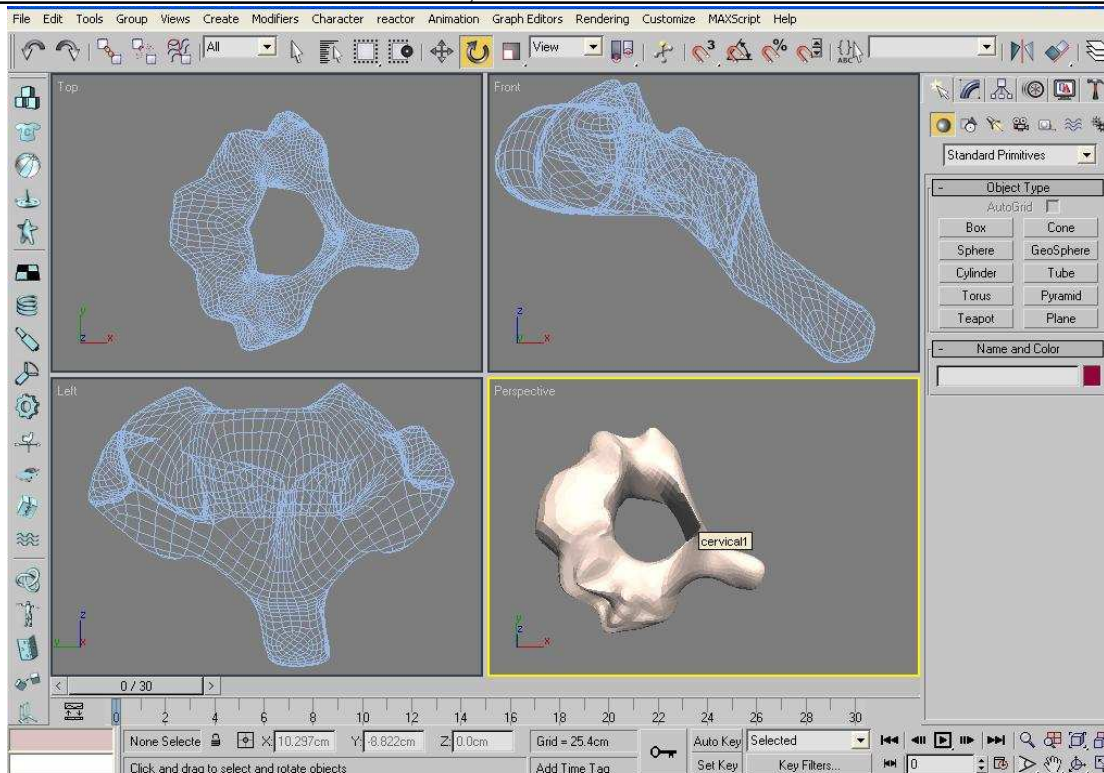


Fig.5.9. Vertebra cervicala C7 prelucrată cu ajutorul softwaru-lui 3ds Max

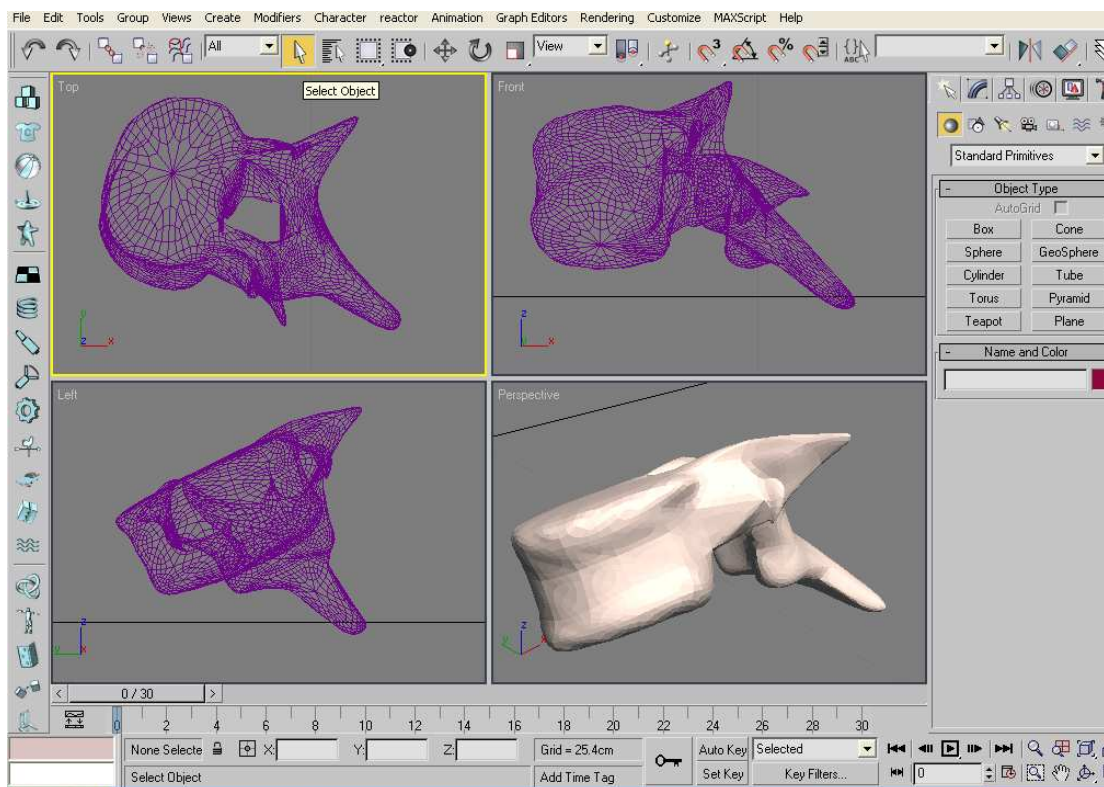


Fig.5.10. Vertebra toracală prelucrată cu ajutorul softwaru-lui 3ds Max

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

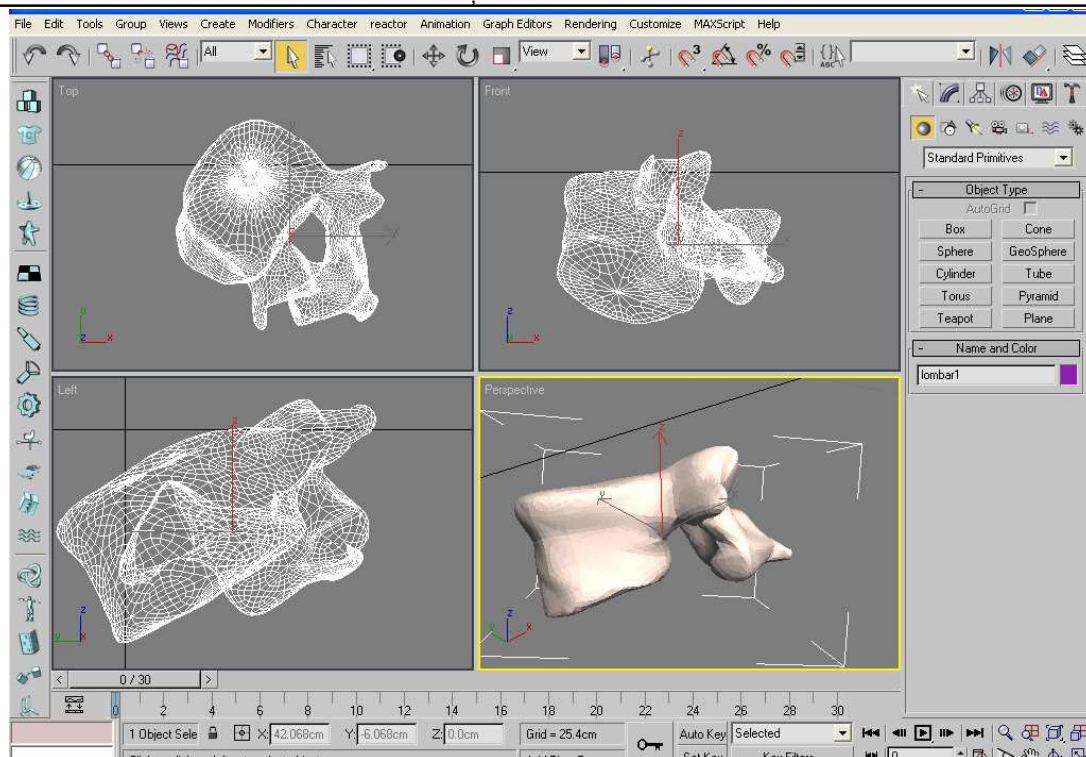


Fig.5.11. Vertebra lombară prelucrată cu ajutorul softwarului 3ds Max

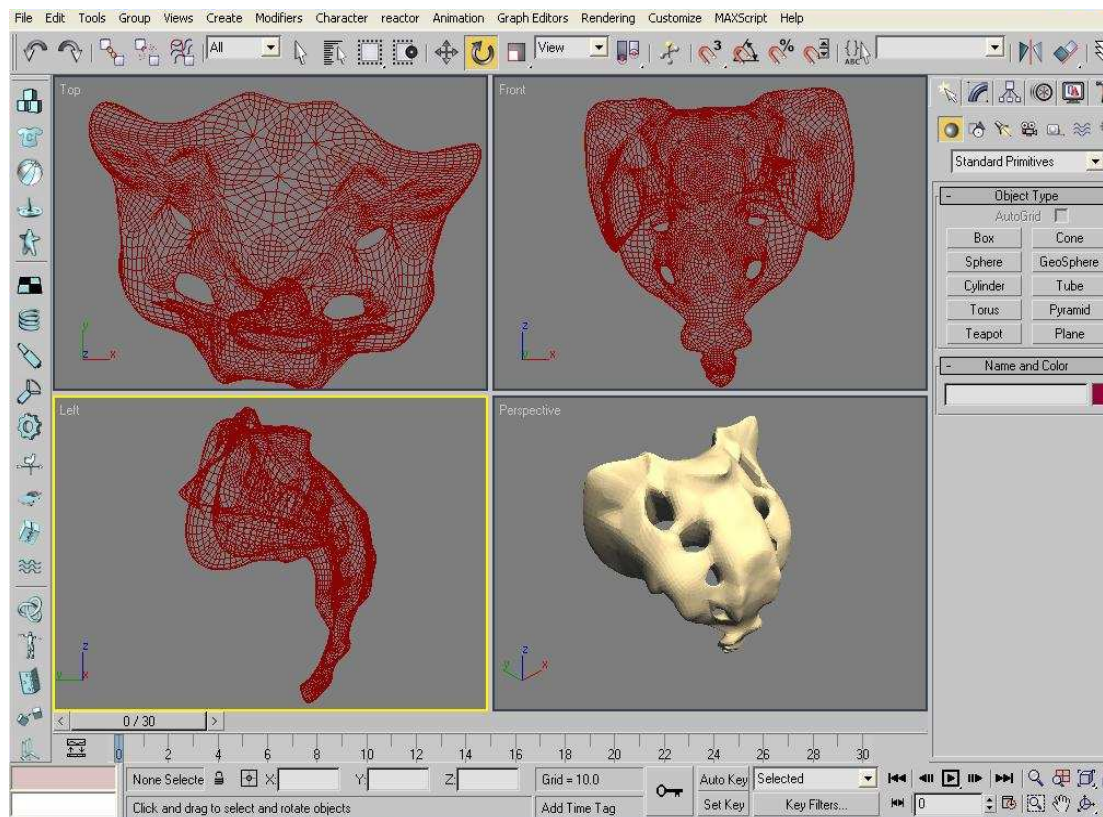


Fig.5.12. Vertebre sacrale, cocciage prelucrate cu ajutorul softwarului 3ds Max

Toate tipurile de vertebrele (mai puțin cele sacrale/coccigiale), respectiv discul intervertebral fiind modelate și scalate la parametri reali în spațiu tridimensional, se vor multiplica (clona) în vederea proiectării întregii coloane vertebrale standard. Multiplicarea fiecărui tip de vertebră în parte se face selectând vertebra în cauză și accesând comanda *Clone* din meniul *Edit*. Pentru vertebrele toracale se vor clona 12 copii, pentru cele lombare 5 copii, astfel procedându-se și pentru cele cervicale, respectiv pentru discurile intervertebrale. În figura 5.13 sunt redată toate tipurile de vertebre finalizate, inclusiv discul intervertebral. În figura 5.14 sunt reprezentate vertebrele clonate pentru fiecare zonă (cervicală, toracală, lombară).

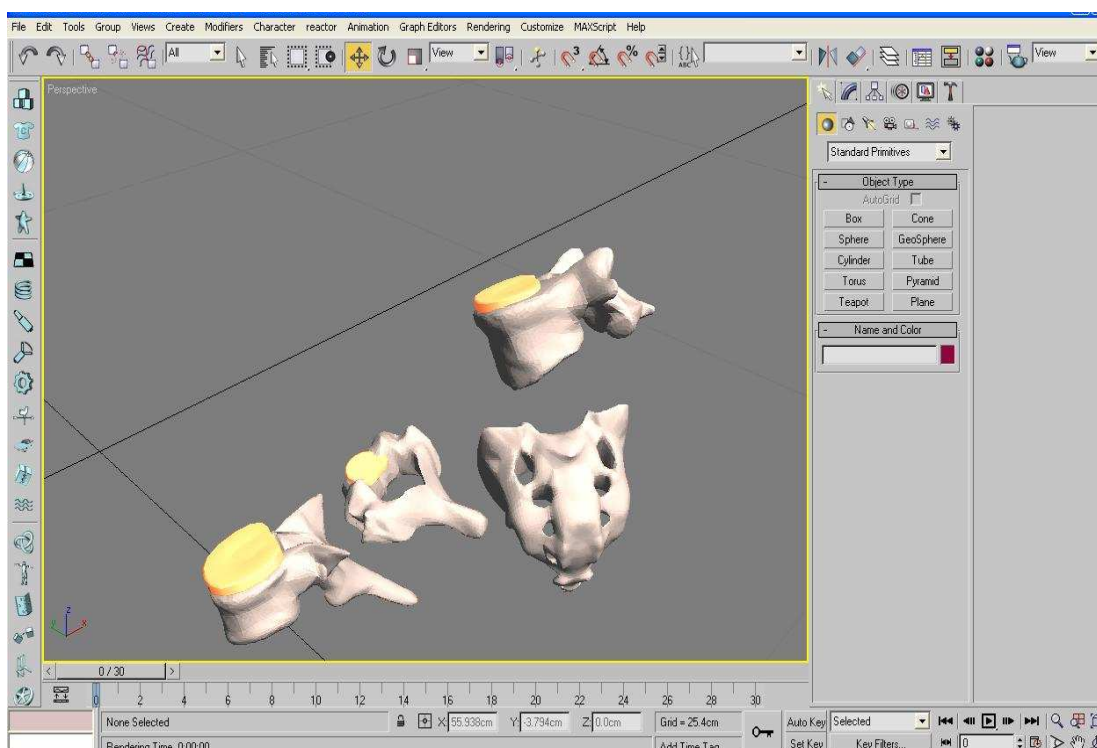


Fig.5.13. Vertebre și discuri intervertebrale finalizate prelucrate cu ajutorul softwar-ului 3dsMax

Vertebrele clonate se vor înșirui cu comanda *Array* din fereastra de modificatori *Modifiers*, se vor asambla urmând a fi adaptate pe curba (calea) care reprezintă coloana vertebrală standard. Curba (calea) este o linie spline care respectă lungimea și unghiurile de curbură fiziologice ale coloanei vertebrale, prezentate mai sus. Astfel, elementele necesare proiectării coloanei vertebrale standard sunt finalizate. În figura 5.16.a, b. este redată coloana vertebrală standard.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

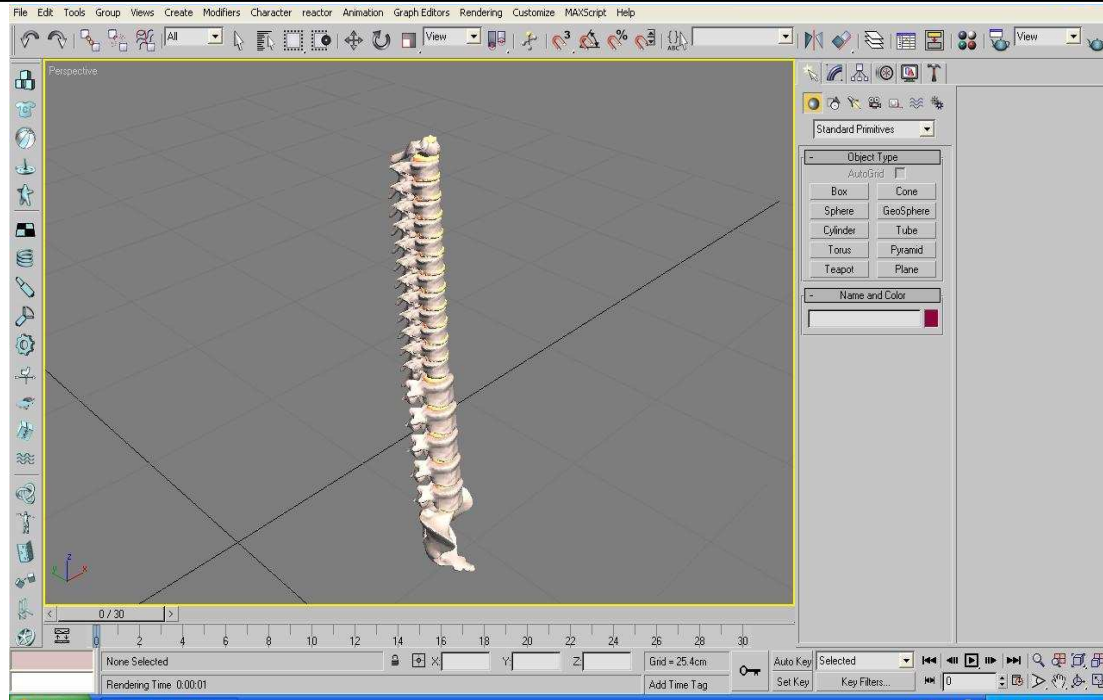


Fig.5.14. Vertebre clonate, înșiruite cu ajutorul funcției Array

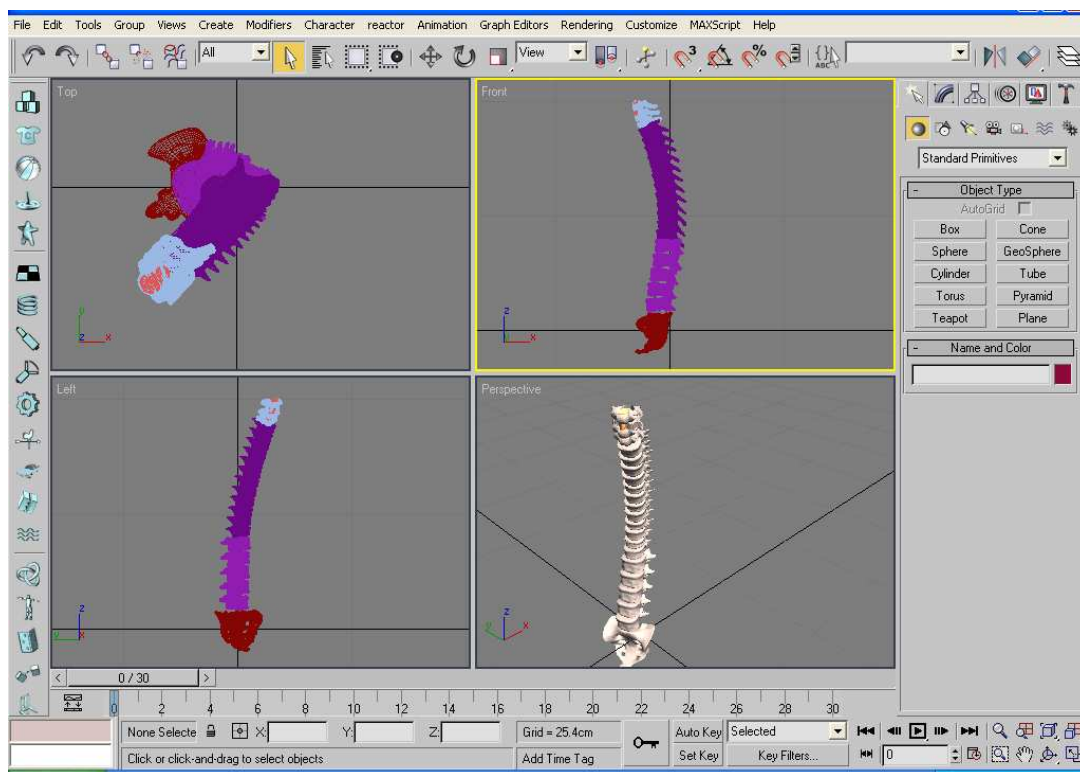


Fig.5.16.a Coloana vertebrală model standard

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

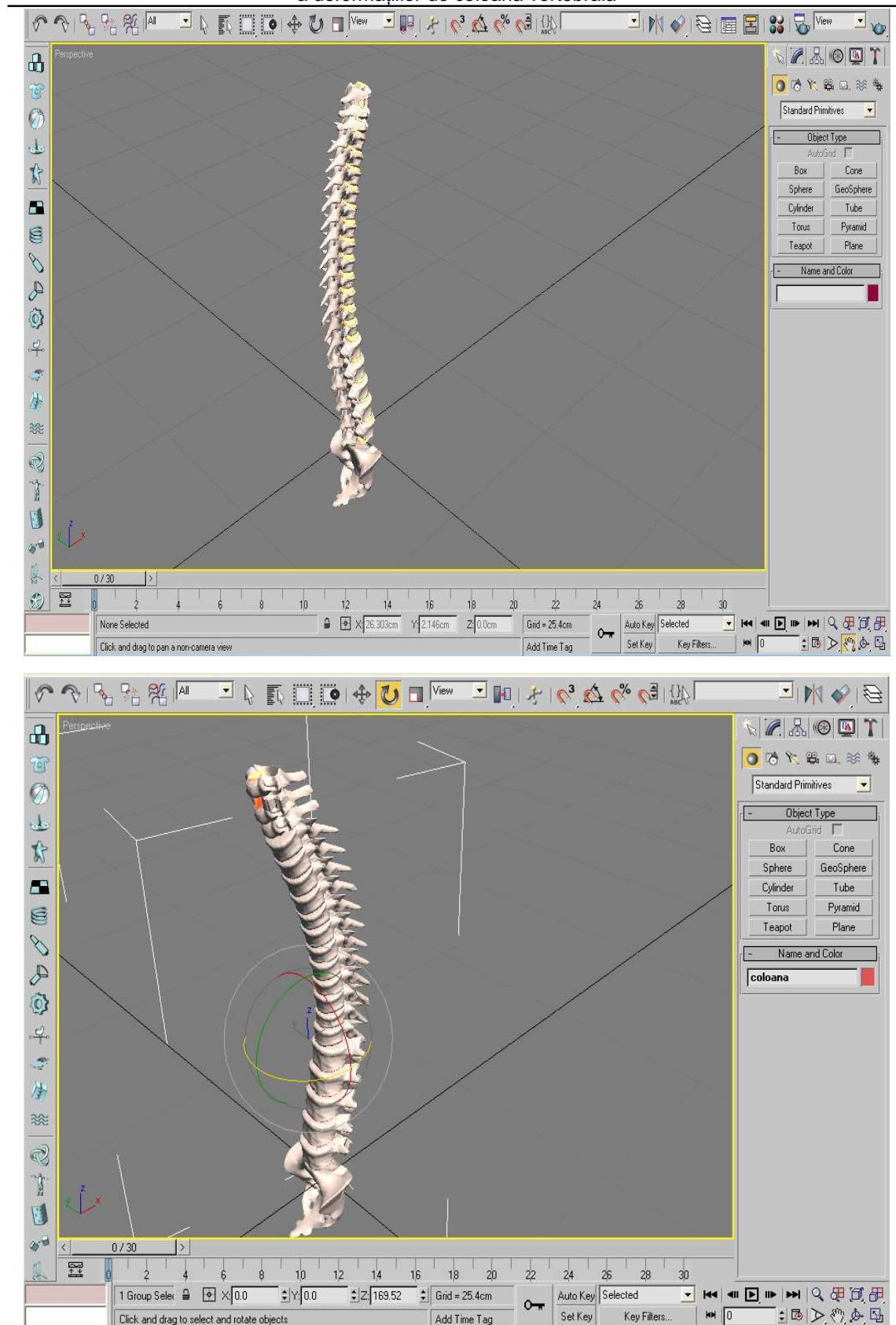


Fig.5.16.b Coloana vertebrala model standard prelucrată cu ajutorul software-ului 3ds Max

5.2.2. Proiectarea coloanei vertebrale personalizate a pacientului

Pentru proiectarea coloanei vertebrale a pacienților sunt necesare coordonatele vertebrelor prelevate de echipamentul InSpeck. Pentru ilustrarea numerică se vor utiliza date înregistrate pentru doi pacienți, denumiți în continuare P1 și P2. În figura 5.17 este prezentată o secvență din fișierul *.txt generat de InSpeck pentru pacientul P1.

	X Coord.	Y Coord.	Z Coordinate
1	X: -11.6416	Y: 401.221	Z: -28.2641
2	X: -10.6319	Y: 376.484	Z: -16.7892
3	X: -7.09795	Y: 353.261	Z: -7.89092
4	X: -7.09796	Y: 330.038	Z: 1.69109
5	X: -5.58342	Y: 304.796	Z: 8.42833
6	X: -4.06888	Y: 279.049	Z: 9.76788
7	X: -1.03981	Y: 257.845	Z: 8.05052
8	X: 0.474722	Y: 234.623	Z: 4.97791
9	X: -0.534982	Y: 215.438	Z: 1.04176
10	X: 1.48441	Y: 198.274	Z: -4.42138
11	X: 3.50378	Y: 179.594	Z: -12.85025
12	X: 5.52316	Y: 163.439	Z: -12.1561
13	X: 5.52317	Y: 150.818	Z: -15.1434
14	X: 7.0377	Y: 134.663	Z: -18.5666
15	X: 8.0474	Y: 120.528	Z: -20.6394
16	X: 8.0474	Y: 107.907	Z: -20.3407
17	X: 9.05709	Y: 94.2757	Z: -17.5446
18	X: 8.55223	Y: 80.114	Z: -14.7488
19	X: 9.56193	Y: 66.0043	Z: -10.0877
20	X: 10.5716	Y: 54.3929	Z: -4.25801
21	X: 11.5813	Y: 43.7912	Z: 0.478043
22	X: -55.0582	Y: 41.7718	Z: -5.47361
23	X: 70.6482	Y: 48.3348	Z: -9.83303
24	X: -64.6503	Y: 341.65	Z: 8.61909
25	X: 44.3962	Y: 344.174	Z: -1.88191
26	X: -44.4565	Y: 252.797	Z: 21.0293
27	X: 51.4641	Y: 257.845	Z: 14.1994

Fig.5.17.Parametri măsurati și salvați în fișier txt* pentru pacientul P1

Coordonatele se introduc în AutoCAD rezultând reprezentarea din figura 5.18).

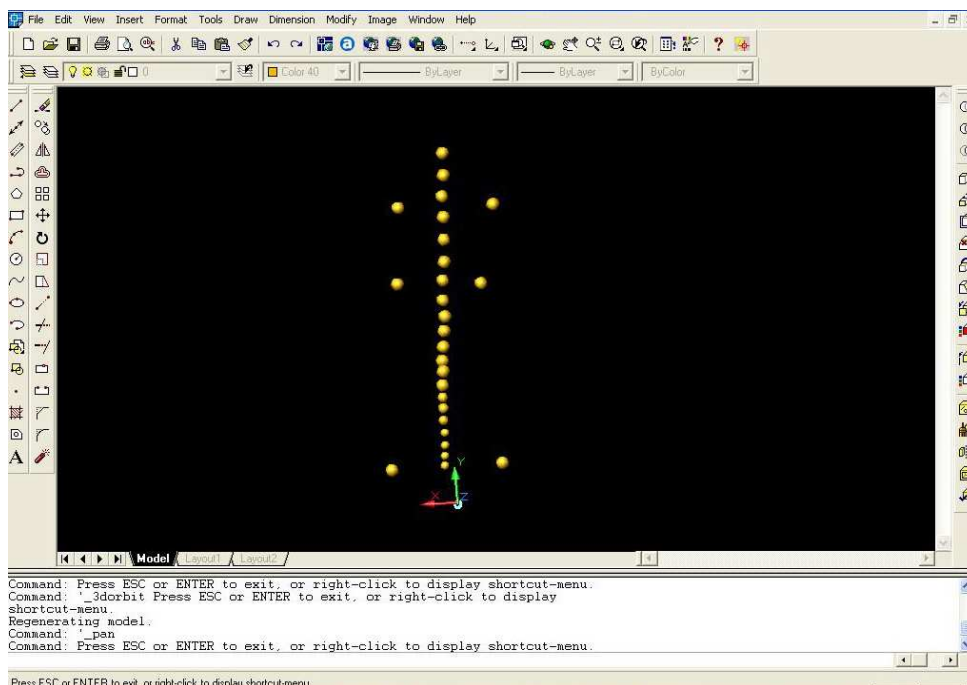


Fig.5.18. Coordonatele coloanei vertebrale reprezentate pentru pacientului P1 în AutoCAD

Este necesar ca coordonatele să fie setate în unități de măsură cm atât pentru

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

aplicația Autocad cât și pentru 3dsMax pentru a fi compatibile cu unitatea de măsură utilizată de echipamentul Inspek. După ce au fost introduse toate coordonatele din fișierul *.txt și transformate din mm în cm, sunt salvate sub extensie *.dwx (fig. 5.19.) ceea ce va da posibilitatea ca software-ul 3dsMax să importe coordonatele atribuite pentru fiecare vertebră.

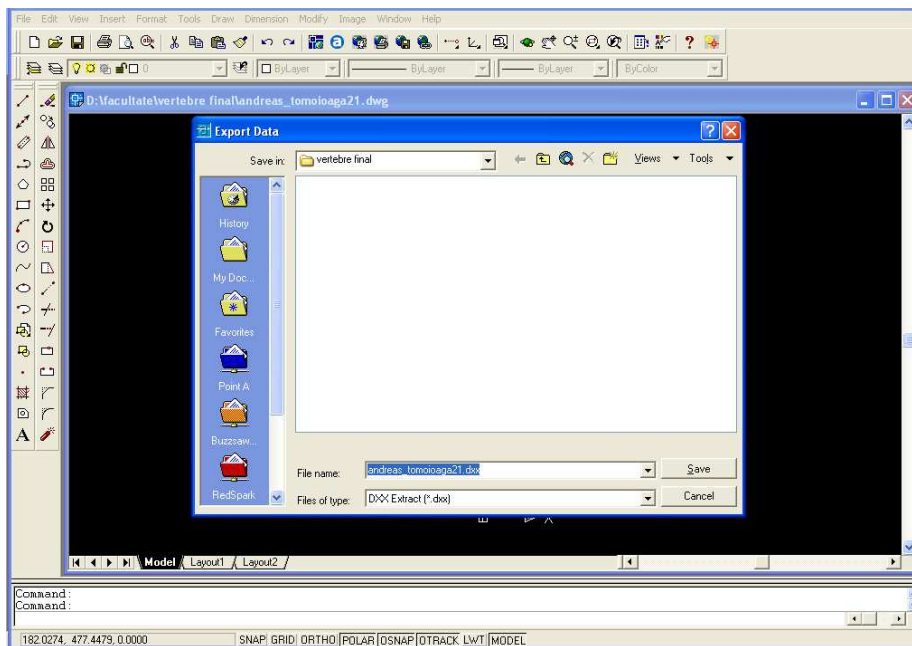


Fig.5.19. Salvarea și exportarea datelor cu ajutorul aplicației Autocad în format *.dwx

Având punctele de coordonate ale pacientului P1 importate din aplicația autocad către aplicația 3dsMax, se va utiliza comanda *Spline* din fereastra de modificatori *Shape*, se va trasa curba prin punctele de coordonate importate din AutoCAD. In figura 5.20. sunt redați parametrii importați de 3dsMax preluați din Autocad, respectiv curba (curbura) coloanei vertebrale a pacientului.

Odată ce curba coloanei vertebrale a pacientului este finalizată se aduc toate vertebrele, respectiv discurile intervertebrale în foaia curentă 3dsmax. Se vor selecta toate vertebrele și se va utiliza funcția *Array* din meniul *Tools*, cu ajutorul căreia vertebrele vor fi clonate și înșiruite. Discurile intervertebrale vor fi clonate separat. Funcția *Array* ține seama de numărul vertebrelor, lungimea curbei (coloanei pacientului) și va genera automat și mărimea vertebrelor dispuse într-un șir de vertebre. Punctul de plecare pentru aranjarea vertebrelor înșiruite va fi vertebra C5. Discurile intervertebrale se vor poziționa între vertebrele înșiruite și se vor asambla,

cu comanda *Assemble* din meniul *Group*.

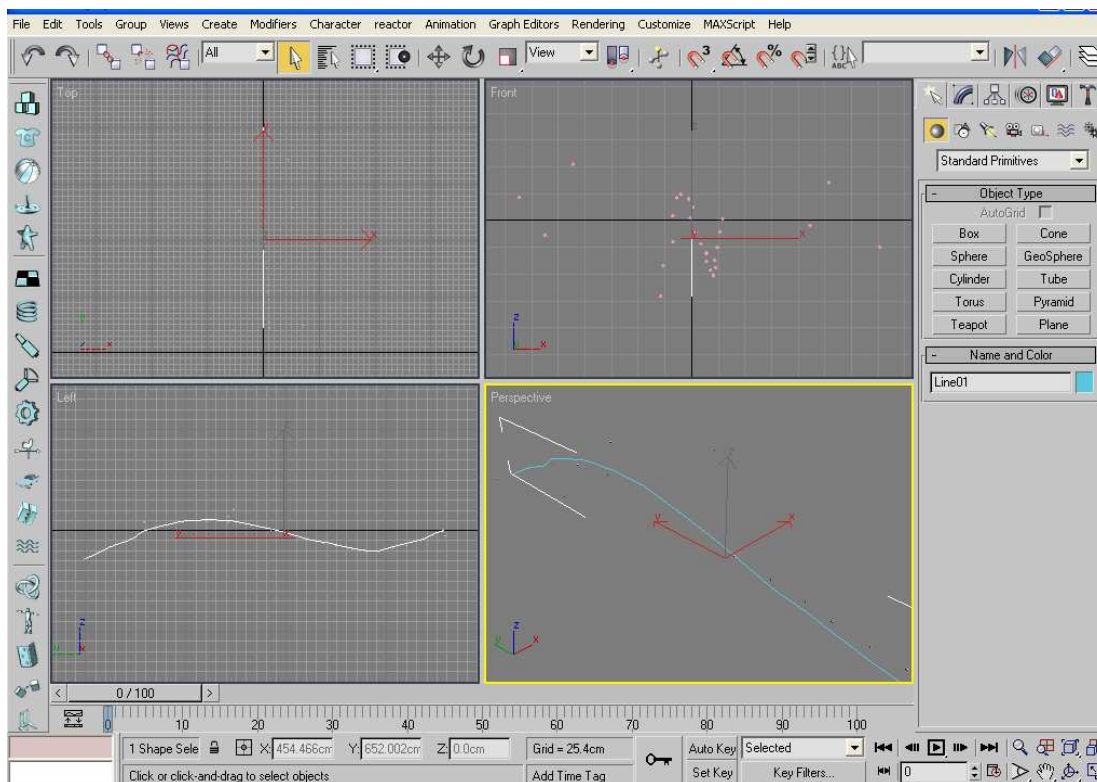


Fig.5.20. Parametrii importați și generarea curbei coloanei vertebrale a pacientului cu ajutorul software-ului 3ds MAX

Pentru exemplificarea funcției *Array*, se alege vertebra toracală T1. Aceasta va fi multiplicată pe axa x de 12 ori. Se adaugă lungimea șirului de 36 cm (conform datelor preluate din INBIRE în ceea ce privește lungimea coloanei pe secțiunea toracală), și un număr de 12 instanțe (T1-T12). Dacă lungimea șirului nu este dată corect sau vertebrele au dimensiuni prea mici vor apărea spații nedorite între vertebre. De asemenea, dacă dimensiunile vertebrelor sunt prea mari acestea se vor intersecta între ele și vor trebui scalate din nou pentru a ajunge la dimensiunea corectă. Dacă vertebrele se încadrează corespunzător pe lungimea segmentului toracal va rezulta că dimensiunile vertebrelor sunt potrivite pacientului. Distribuirea vertebrelor se va face pe axa z din panoul funcției *Array*. In figura 5.21 este exemplificata utilizarea funcției *Array*.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

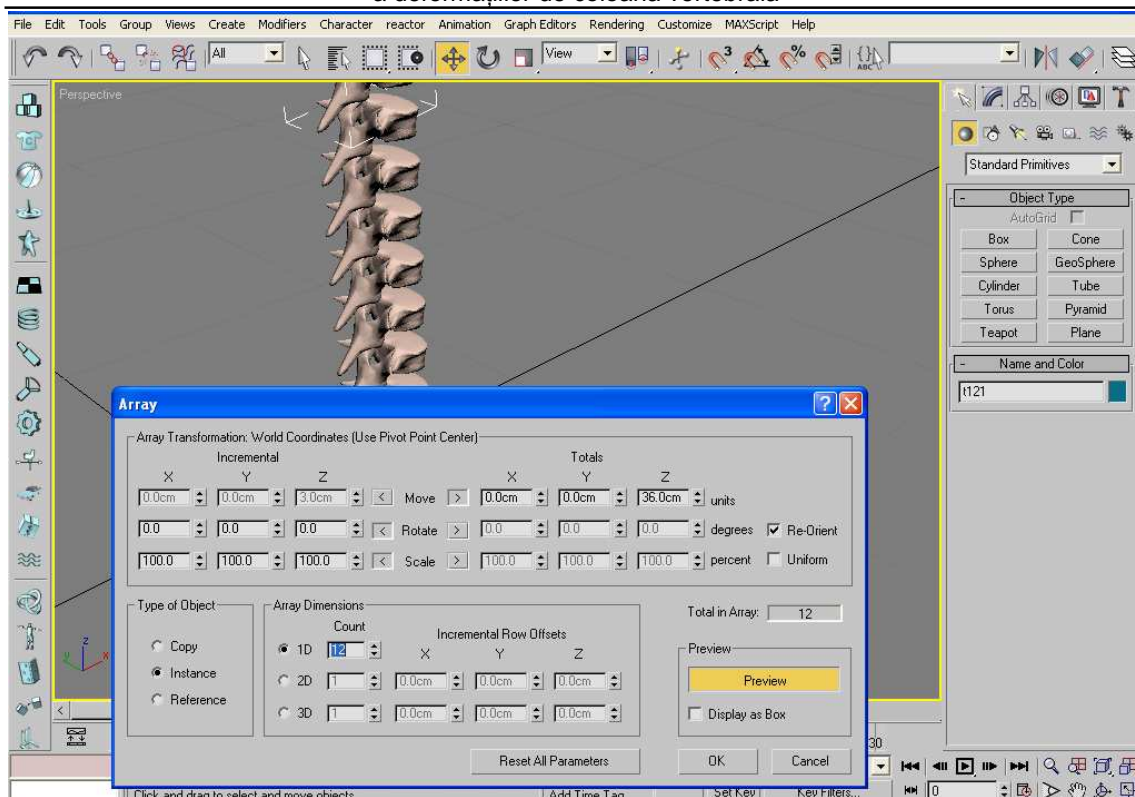


Fig.5.21.Utilizarea funcției Array pentru multiplicarea și îșiruirea vertebrelor

Fiecare vertebră va fi salvată cu denumirea ei, T1,T2T12. Acesta operație se va realiza pentru fiecare tip de vertebră în parte. Pentru vertebrele lombare se vor multiplica 5 instanțe, pentru cele cervicale, 3 instanțe.

Odată îșiruite, vertebrele se vor selecta și se vor așeza în ordine pe curba realizată în 3dsMax cu ajutorul coordonatelor din Autocad – fig. 5.22.

Se apelează funcția *Path Deform* din panoul de modificatori *Modifiers* – fig. 5.23, se vor selecta obiectele îșiruite care vor urma curba (calea) coloanei vertebrale a pacientului, se va alege un procent de urmare al căii de către obiecte între 50-100% și se va selecta axa z.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

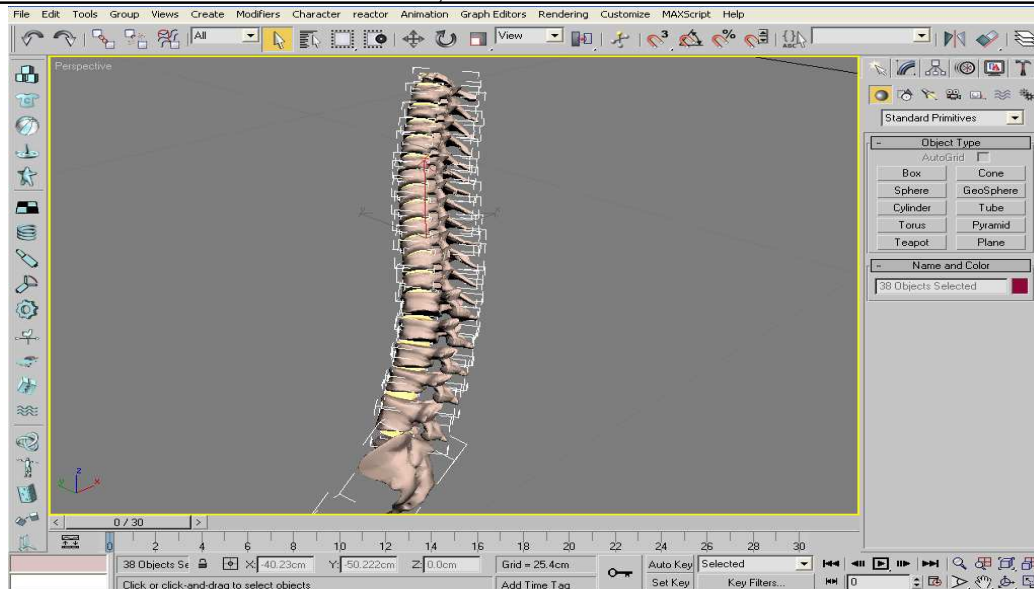


Fig.5.22. Vertebre clonate și înșiruite realizate cu funcția Array în aplicația 3dsMax

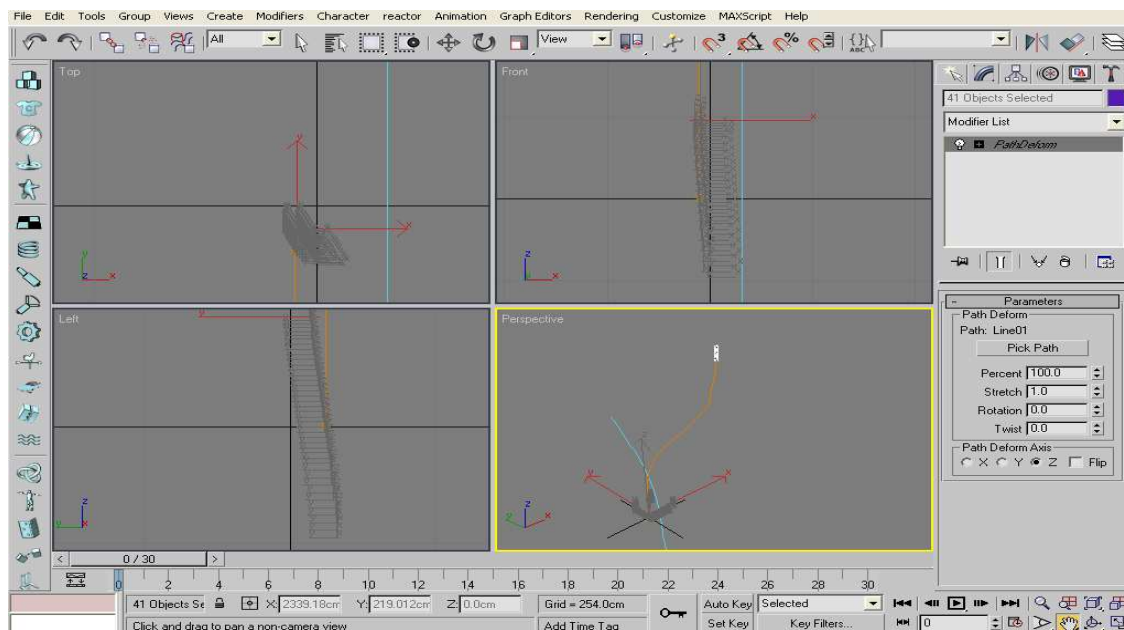


Fig.5.23. Utilizarea funcției *Path Deform*

În figura 5.24 este redată o exemplificare de vertebre înșiruite care urmează o cale *Path Deform* (curba spline).

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

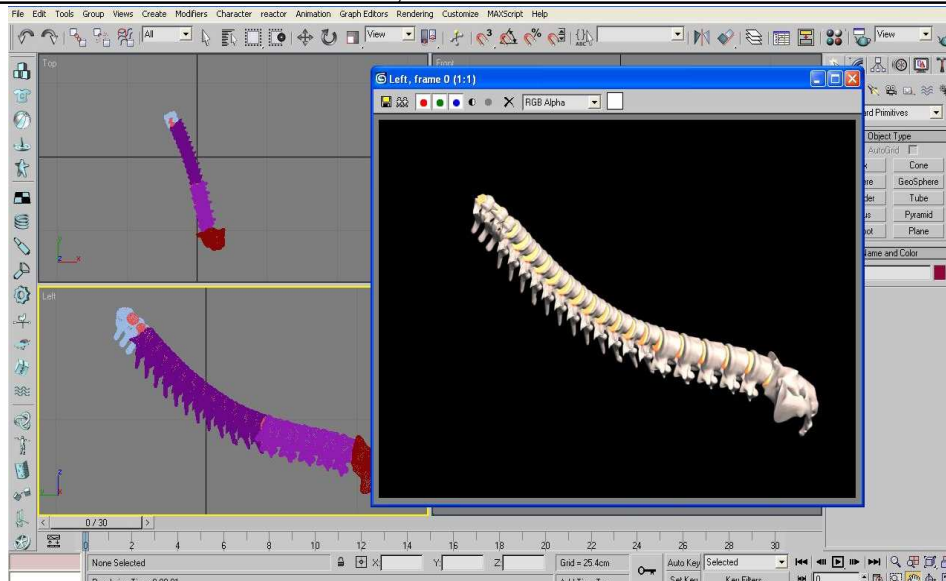


Fig.5.24. Înșiruirea vertebrelor pe o cale cu Path Deform

Vertebrele fiind înșiruite și aplicate pe calea reprezentând coordonatele vertebrelor în spațiu ale pacientului, vor fi selectate și asamblate într-un grup de obiecte. Astfel coloana vertebrală este finalizată, respectând coordonatele în spațiu ale vertebrelor pentru pacientului P1 (fig. 5.25.a,b,c). Se remarcă din desen o ușoară deviație în zona toracală, respectiv o scolioză posturală pe partea stângă.

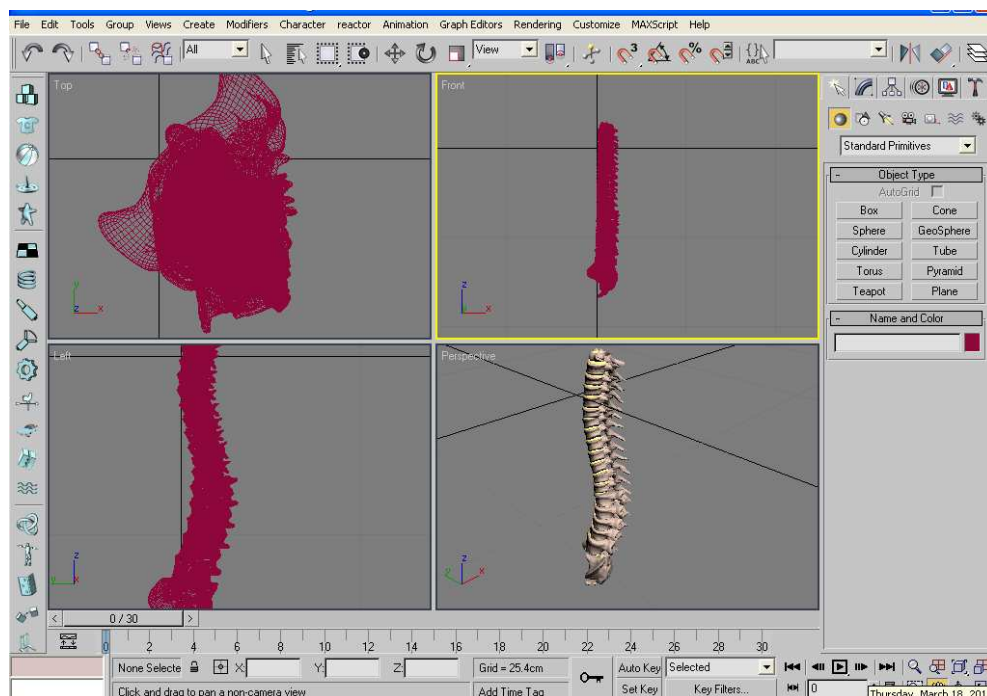


Fig.5.25.a Model coloană vertebrală finalizată pentru pacientul P1

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

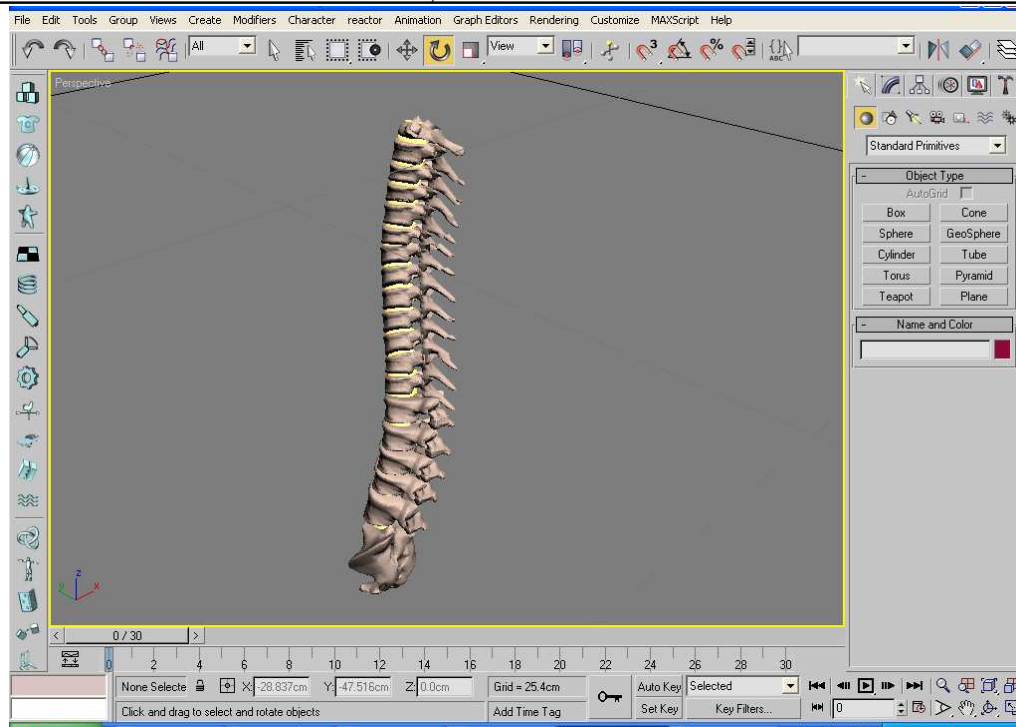


Fig.5.25.b Model coloană vertebrală finalizată pentru pacientul P1

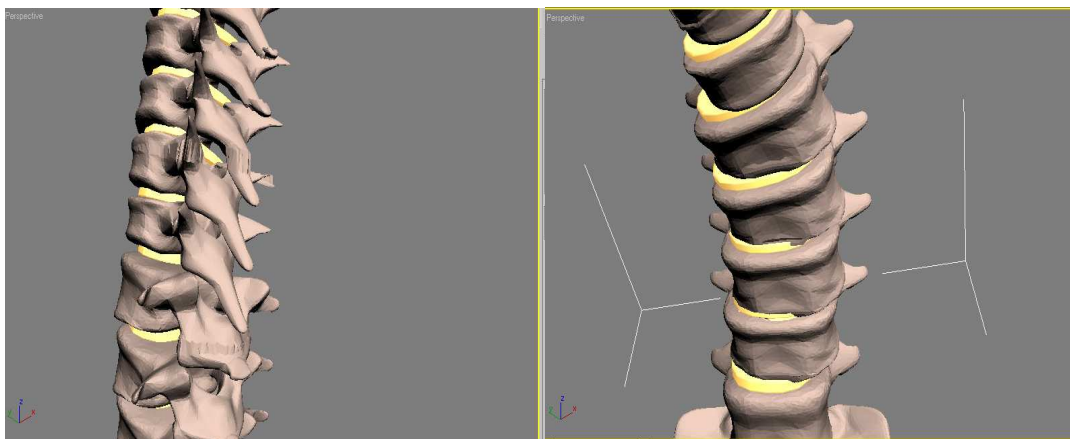


Fig.5.25.c Model coloana vertebrală finalizată pentru pacientul P1 (detalii)

Același procedeu se va utiliza și pentru pacientul P2, reluând procesul prezentat mai sus. În figura 5.26 este prezentată coloana vertebrală realizată conform datelor prelevate pentru pacientul P2.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

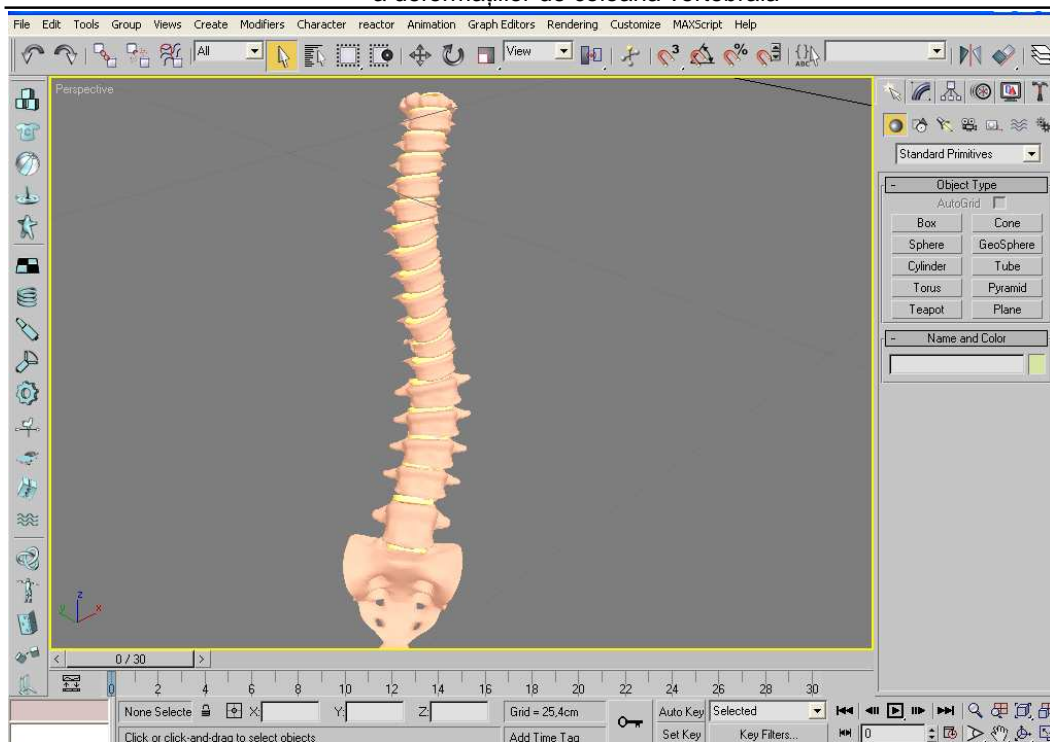


Fig.5.26. Model coloană vertebrală pentru pacientul P2 finalizată

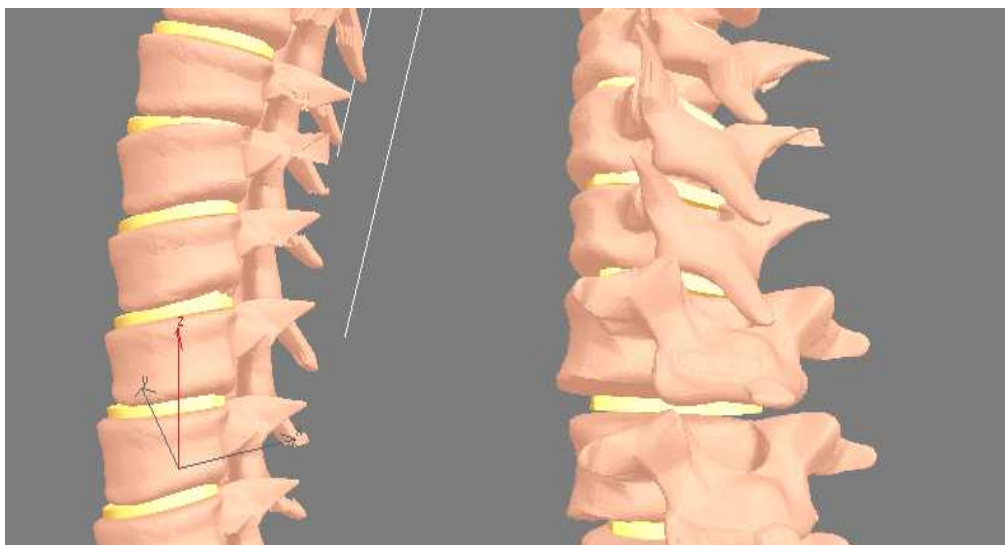


Fig.5.27. Model coloana vertebrală finalizată pentru pacientul P2 (detalii)

Se remarcă din desen pentru pacientul P2 o deviație în zona toraco-lombară, respectiv o scolioză posturală pe partea stângă.

5.3. Concluzii și contribuții personale

Prezentul capitol descrie o sinteză a principalelor modalități de reprezentare, modificare și stocare a imaginilor 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-au modelat vertebrele. 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.

Contribuțiile personale în prezentul capitol pot fi formulate astfel:

- realizarea unei sinteze a principalelor modalități de reprezentare grafică în spațiul 3D
- modelarea 3D a coloanei vertebrale standard (pentru un pacient cu coloană vertebrală normală)
- realizarea modelelor de vertebre cu toate detaliile de atlas anatomic și caracteristicile de formă și dimensiuni specifice zonei de apartenență (cervicală, toracică, lombară, sacrală)
- realizarea unui model 3D de coloană vertebrală pentru pacientul investigat, prin prelucrarea relativ simplă a modelului standard

Bibliografie

[A1], [B1], [C4],[D3],[D4],[F1], [G7],[G8],[H1],[L1],[L2],[M5],[M6],[R2],[J1],[***].

6. DETERMINĂRI EXPERIMENTALE

6.1. Introducere

Pentru validarea conceptului care a condus la configurarea sistemului bazat pe utilizarea camerelor InSpeck și verificarea funcționalității, respectiv a calității informațiilor oferite de aplicația soft originală INBIRE, s-a proiectat un experiment, care în termeni medicali constituie un studiu clinic.

Singura metodă de a pune în operă un program experimental este aceea de a efectua măsurări pe un lot de subiecți. În acest context s-a considerat oportună organizarea selecției grupului de subiecți, ceea ce face posibilă atât realizarea unui studiu clinic, cât și testarea utilității și nivelului de performanță al conceptelor ingineresti și demersului matematic și informatic descris în capitolele anterioare.

Datele experimentale s-au efectuat în Laboratorul de determinări biometrice al Universității Politehnica din Timișoara, care funcționează în cadrul Departamentului de Mecatronică al Facultății de Mecanică și a cărei dotare a fost asigurată de finanțarea obținută prin CEEEX88/2006.

Echipamentele, bazele teoretice ale măsurărilor și soft-urile utilizate corepund întrutotul descrierilor ample din capitolul 4.

6.2. Descrierea lotului de pacienți și scopul studiului

Măsurările experimentale s-au efectuat pe un lot de 22 de elevi, de ambe sexe, cu vârsta cuprinsă între 8 și 10 ani. Subiecții sunt elevi ai ciclului de învățământ primar, organizat pe lângă Liceul Sportiv Timișoara. Elevii urmează o programă școlară care cuprinde ore de exerciții fizice într-o mai mare măsură decât în învățământul obligatoriu general. S-a urmărit, în mod special manifestarea unor defecte de postură, a căror cauză a exclus activitatea sportivă sănătoasă. Omiterea

activității fizice regulate este cunoscută drept cauză a slăbirii tonusului muscular și ca urmare a apariției deformațiilor de coloană, care determină posturi incorecte și mobilitate redusă sau/și asimetrică. În consecință, s-a urmărit depistarea defectelor de coloană datorate unor deprinderi posturale greșite, lipsei de ergonomie a mobilierului școlar și a celui afectat pregătirii lecțiilor de către părinți etc.

6.3. Efectuarea măsurărilor și prelucrarea datelor

Lotul de subiecți a fost investigat cu echipamentul InSpeck și a rezultat un set de date primare, conținând coordonatele 3D ale apofizelor vertebrale de la C7 până la S3, la care s-au adăugat informațiile adiționale aferente scapulei, apofizelor iliace și apofizei proximale humerale. Fișierele de date ASCII create prin softul FAPS, cu care este dotat echipamentul InSpeck au fost exportate în MS Excel și stocate în baza de date MS Access, conectată la programul specializat INBIRE, descris în capitolul 4. Programul INBIRE a fost rulat pentru întreg lotul de elevi. Rapoartele de investigare ale subiecților studiului sunt prezentate în Anexa 1.

6.4. Rezultatele studiului clinic

Pe baza rapoartelor de investigare s-a întocmit un tabel de date sintetic (tab. 6.1). În tabel, subiecții sunt identificați prin numere de la 1 la 22 înscrise în coloana ID pacient. Pe ultima linie a tabelului sunt menționate intervalele de valori statistice normale ale subiecților sănătoși, la parametrii pentru care se fac referiri în literatura de specialitate. Figurile 6.1...6.13 ilustrează variația parametrilor posturali în lotul analizat. Pentru parametrii cu limite de încadrare înscrise în tabel s-au figurat și acestea (limita superioară în culoare roșie, iar cea inferioară în culoare albastră).

Statistica incidenței defectelor posturale pentru parametrii cu limite normale precizate este ilustrată procentual în tabelul 6.2.

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală
Înclinația trunchiului [deg]

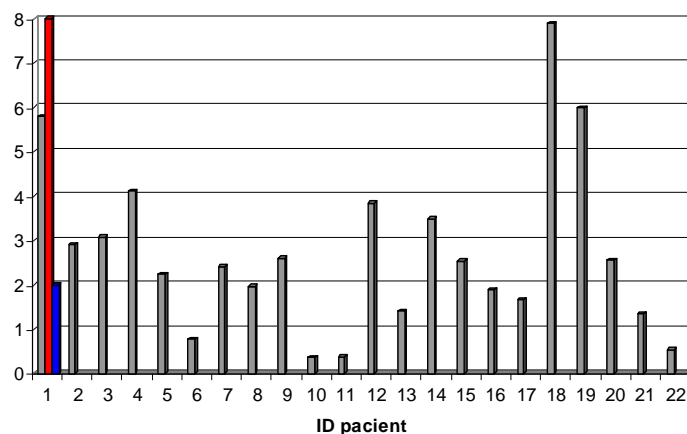


Fig. 6.1. Variația parametrului Înclinația trunchiului pe lotul studiat

Cifoza toracica [deg]

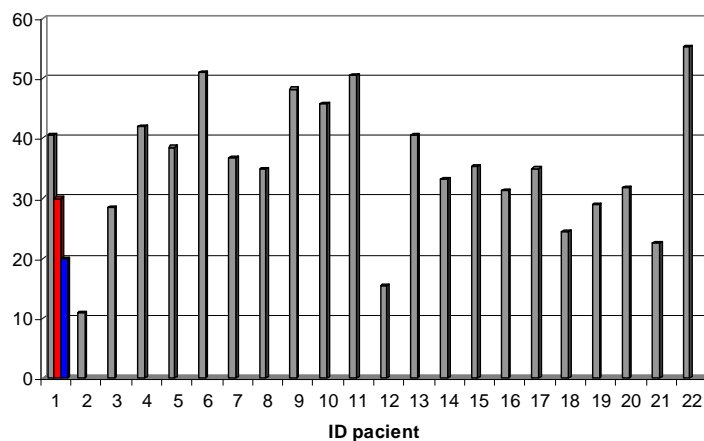


Fig. 6.2. Variația parametrului Cifoza toracică pe lotul studiat

Lordoza lombara [deg]

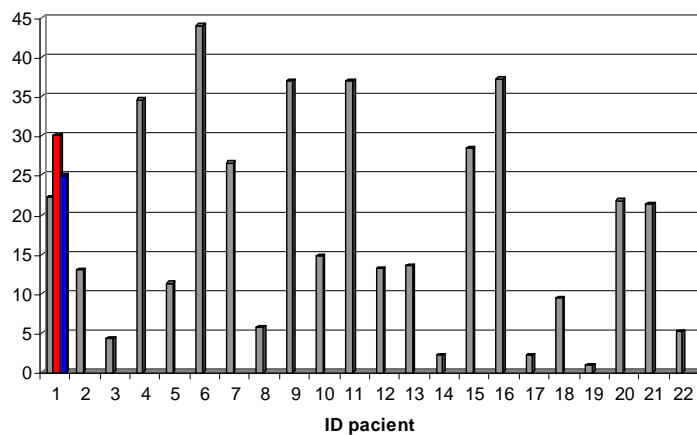


Fig. 6.3. Variația parametrului Lordoza lombară pe lotul studiat

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

Tabelul 6.1. Rezultatele măsurării

ID pacient	Inclinatia frunchiului	Cifoza toracica	Lordoza lombara	Unghiul sacru	Obilicitate pelvica	Obilicitate umar	Dist.scapula dreapta	Dist.scapula stanga	Def.scolio dreapta	Def.scolio stanga	Inclinare laterala	Unghi Cobb	Lungime totala	Lungime toracica	Lungime lombara	Rotatie pelvica
1	5.79	40.55	22.22	6.91	0.96	1.74	3.50	3.20	9.34	5.69	2.50	3.40	362	211	85	0.08
2	2.90	10.98	13.08	6.72	2.61	5.35	1.50	1.20	3.76	0.71	1.51	9.90	276	180	58	1.74
3	3.08	28.49	4.28	9.28	0.40	14.25	0.40	0.40	11.80	12.18	0.46	5.70	323	195	75	0.30
4	4.10	41.96	34.55	34.23	2.41	5.71	0.60	0.90	5.87	0.42	3.67	4.50	352	206	94	0.33
5	2.23	38.55	11.35	28.19	1.03	11.20	1.90	1.90	0.70	15.28	1.04	5.90	282	168	75	3.07
6	0.78	51.03	43.93	32.51	2.40	0.91	1.60	1.10	2.59	5.10	1.02	10.10	327	203	78	3.30
7	2.41	36.85	26.59	25.44	2.99	4.97	1.20	1.30	2.34	5.19	3.62	10.70	373	234	72	2.09
8	1.97	34.91	5.78	0.70	1.08	8.59	7.50	5.00	21.60	5.51	2.66	12.20	279	190	58	5.34
9	2.60	48.27	36.98	29.88	5.50	1.45	3.00	2.80	11.88	0.79	3.58	17.00	340	196	67	2.77
10	0.36	45.74	14.82	5.30	4.84	0.91	0.50	0.50	9.47	5.23	1.61	8.30	305	198	75	1.87
11	0.38	50.55	36.90	18.19	0.83	17.24	1.70	2.40	7.26	15.55	2.95	4.20	345	206	81	1.16
12	3.84	15.42	13.23	14.75	0.61	4.75	2.00	2.00	15.54	3.31	0.41	23.70	314	191	70	2.89
13	1.41	40.55	13.49	15.99	0.95	2.21	2.30	2.70	1.37	4.52	1.56	9.60	299	187	67	2.78
14	3.49	33.19	2.22	18.97	1.41	0.00	2.70	3.60	10.63	0.72	1.49	0.90	362	207	76	3.49
15	2.54	35.35	28.49	24.96	3.57	4.36	0.20	0.20	14.42	6.22	1.79	8.40	285	177	72	1.72
16	1.88	31.27	37.22	55.45	0.49	0.37	2.50	2.20	1.97	8.15	3.57	13.20	354	197	88	5.98
17	1.67	34.97	2.15	1.19	3.34	5.75	1.80	2.20	4.49	2.93	1.22	8.20	316	207	68	2.97
18	7.89	24.36	9.43	11.55	2.90	4.19	2.63	3.25	33.05	11.23	2.56	1.70	528	213	99	14.92
19	5.98	28.85	0.93	13.39	1.49	1.85	5.00	6.10	3.57	9.95	0.17	4.90	349	187	92	4.17
20	2.56	31.76	21.80	30.17	0.28	1.74	2.70	2.60	2.20	4.56	0.94	0.20	509	295	121	2.44
21	1.35	22.48	21.32	34.63	1.27	0.56	0.80	0.90	3.09	4.38	0.60	2.40	299	202	61	6.74
22	0.54	55.28	5.25	34.76	3.53	22.04	1.40	2.50	9.82	1.95	1.31	9.30	357	220	80	3.62
normal	2...8	20...30	25...30	18...26	0...5	0...5	0...5	0...5				0...25				0...5

Unghiul sacru [deg]

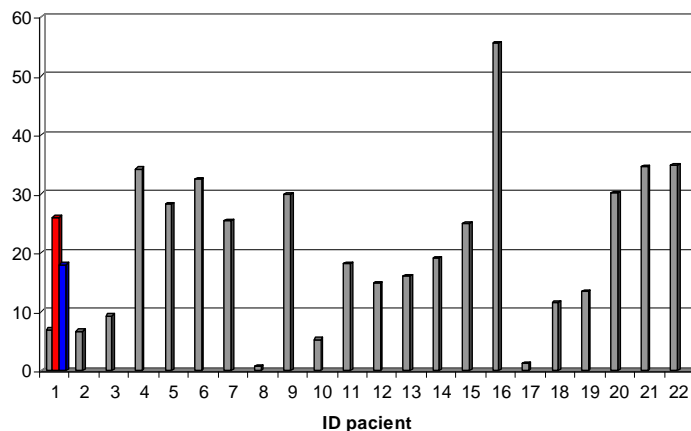


Fig. 6.4. Variația parametrului Unghiul sacru pe lotul studiat

Oblicitate pelvica [deg]

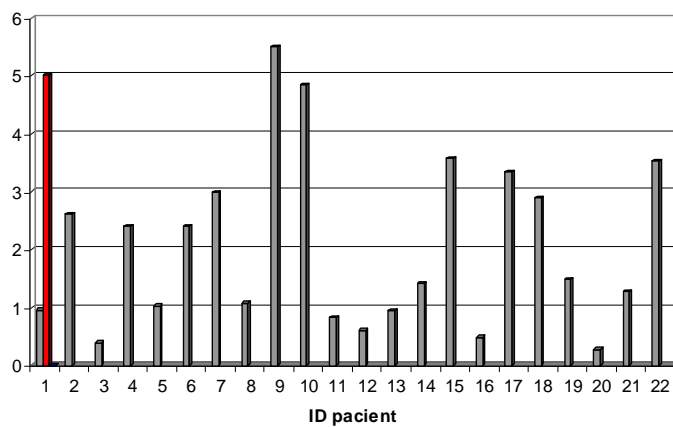


Fig. 6.5. Variația parametrului Oblicitate pelvică pe lotul studiat

Oblicitate umar [deg]

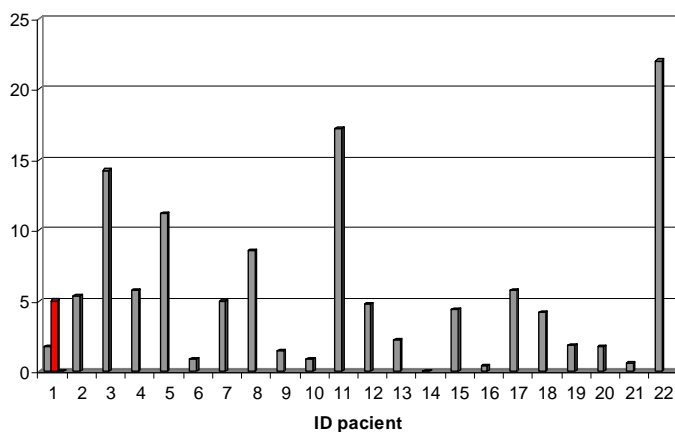


Fig. 6.6. Variația parametrului Oblicitate umăr pe lotul studiat

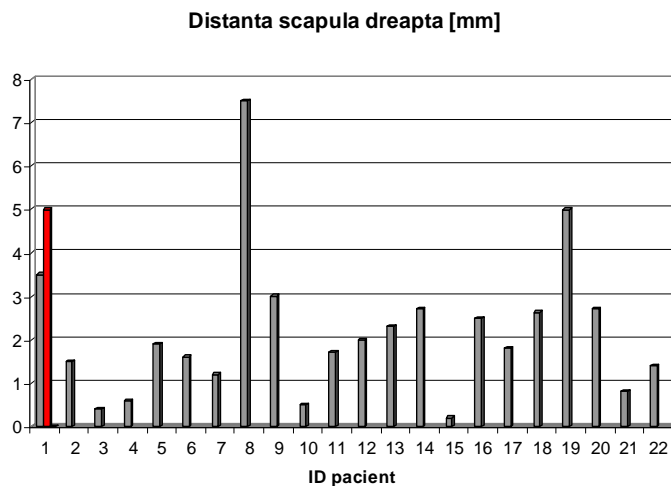


Fig. 6.7. Variația parametrului Distanța scapula dreapta pe lotul studiat

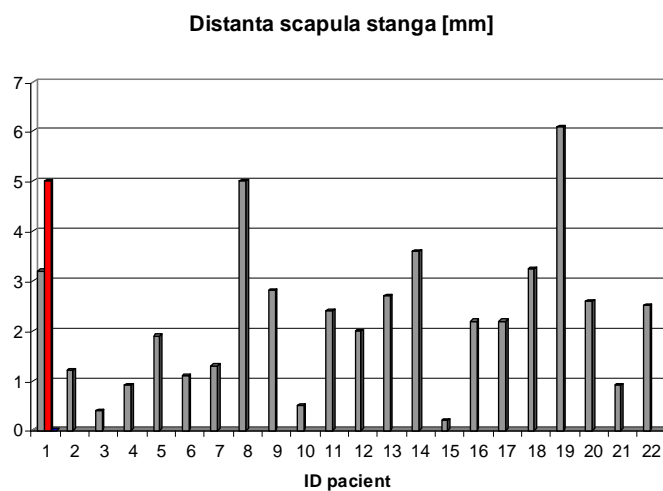


Fig. 6.8. Variația parametrului Distanța scapula stânga pe lotul studiat

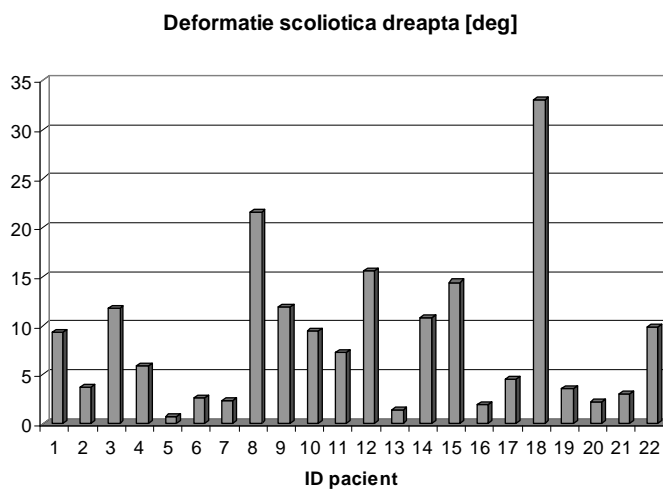


Fig. 6.9. Variația parametrului Deformație scoliotică dreapta pe lotul studiat

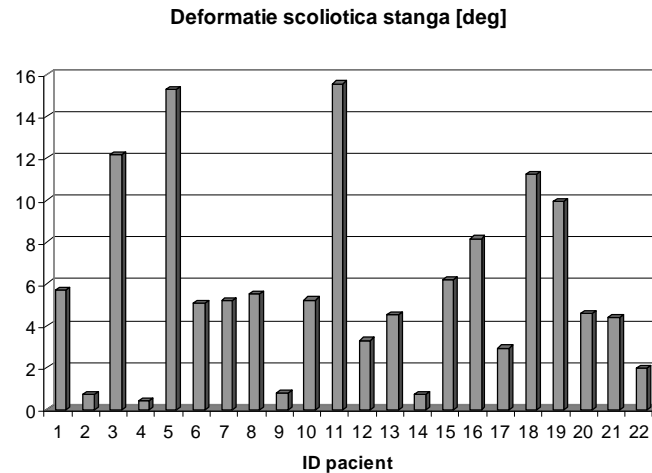


Fig. 6.10. Variația parametrului Deformație scoliotică stânga pe lotul studiat

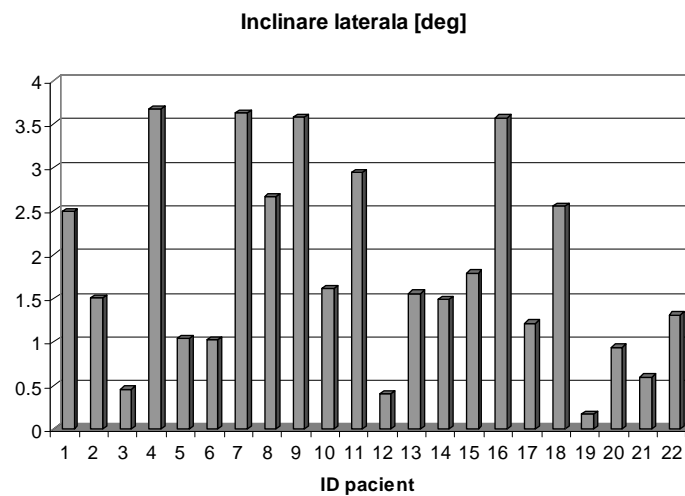


Fig. 6.11. Variația parametrului Înclinare laterală pe lotul studiat

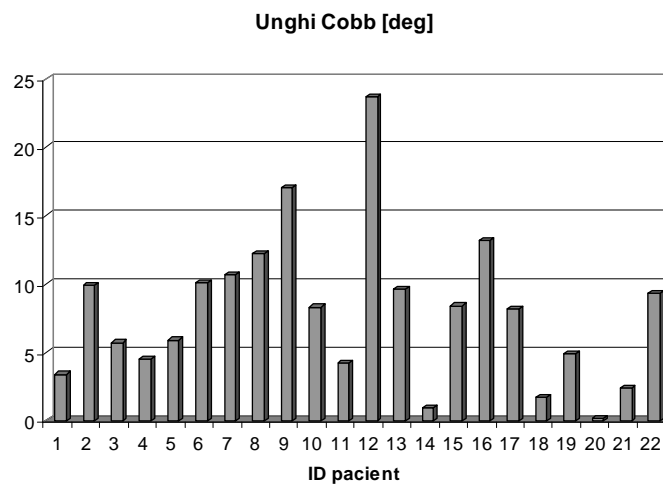


Fig. 6.12. Variația parametrului Unghiul Cobb pe lotul studiat

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

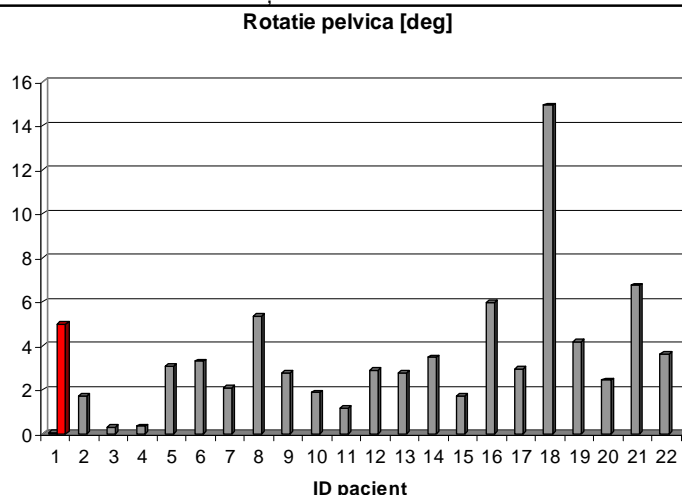


Fig. 6.13. Variația parametrului Rotație pelvică pe lotul studiat

Tabelul 6.2. Incidența procentuală a defectelor de coloană pentru lotul studiat

	Nr. pacienti cu valori normale	Nr. pacienti cu valori in afara valorilor normale	Nr.pacienti cu defecte [%]
Inclinatia trunchiului	14	8	36
Cifoza toracica	12	10	45
Lordoza lombara	8	14	64
Unghiul sacru	11	11	50
Oblicitate pelvica	21	1	5
Oblicitate umar	18	4	18
Dist.scapula dreapta	22	0	0
Dist.scapula stanga	22	0	0
Unghi Cobb	22	0	0
Rotatie pelvica	21	1	5

Pe baza informației numerice și grafice de mai sus rezultă următoarele concluzii:

- subiecții prezintă deformații de coloană vizibile cu preponderență în planul sagital
- incidența cea mai ridicată se înregistrează pentru cazurile de cifoză toracică și lordoză lombară
- consecutiv lordozei lombare, unghiul sacral se modifică și trece în domeniul valorilor anormale
- înclinația trunchiului, deși nu prezintă valori excesiv de mari, este în toate cazurile anterioară, tot ca o consecință a lordozei sau/și cifozei
- scolioza severă, indicată prin valori ale unghiului Cobb peste 25 deg, distanțe scapulare peste 10 mm și înclinări laterale peste 5 deg, nu este prezentă. Totuși

parametrii scoliotici la nivelul unor segmente ale coloanei pune în evidență deformații scoliotice destul de semnificative atât la nivel toracic, cât și lombar

□ se consideră importantă introducerea parametrilor deformație scoliotică dreapta/stânga, care descriu mai corect forma coloanei decât parametrii globali de tip Cobb

□ înclinarea laterală, deși este prezentă în toate cazurile de scolioză, poate avea valori nenule și în absența acesteia. Reprezentările grafice din anexe indică pentru majoritatea subiecților o înclinare spre stânga, explicabilă prin postura incorectă în bancă sau la birou, practică în mod curent

□ defectele de coloană depistate la subiecții investigați nu pun probleme de limitare sau blocare totală a mobilității, ci sunt de natură posturală

□ pentru tipurile de deformații mici este suficientă corecția prin controlul conștient al posturii, mai ales în poziția șezând

□ în cazurile cu deformații mai accentuate sunt necesare corsetele de corecție

□ la grupa de vârstă și la nivelul defectelor depistate în lotul de subiecți investigați recuperarea totală este posibilă

□ investigația parametrilor posturali de coloană vertebrală este obligatorie pentru elevii din ciclul primar și gimnazial în scopul depistării precoce a deformațiilor de coloană. Se asigură astfel prevenția afecțiunilor grave generate de deformațiile severe și corectarea deformațiilor ușoare cu disconfort minim pentru pacient și costuri reduse pentru societate.

6.5. Concluzii și contribuții personale

În prezentul capitol este conceput 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. Au fost prezentate rezultatele numerice în urma analizei informației numerice și grafice. Programul experimental, care poate fi privit totodată ca un studiu medical, a validat principiul 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.

Printre contribuțiile originale din acest capitol se pot aminti:

- ❑ selectarea unui lot de pacienți, relevant pentru ilustrarea metodelor, algoritmilor și soft-urilor specializate propuse în capitolele anterioare
- ❑ efectuarea măsurărilor, prelevarea datelor pacienților, prelucrarea informației cu accesoriile soft ale echipamentului InSpeck și a soft-urilor originale dedicate
- ❑ interpretarea rezultatelor studiului clinic, pe baza rezultatelor tabelare și grafice obținute prin postprocesare
- ❑ validarea conceptului prin care a fost configurat sistemul InSpeck în scopul investigării coloanei vertebrale, precum și a aplicațiilor soft prin care acest sistem furnizează o informație complexă și de cea mai bună calitate

Bibliografie

[B1],[B2],[C4],[D1],[X1],[***].

7. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Prezenta teză pornește de la observația că, în prezent, practica medicală devine tot mai dependentă de aportul ingineriei, cu precădere în zona examenelor paraclinice.

Tendința actuală urmărește implementarea unor metode cât mai puțin invazive și cu potențial informațional cât mai larg. Deși aceste metode există pe scară relativ largă, se constată că sunt necesare perfecționări care vizează creșterea sensibilității, atât în privința metodei în sine, cât și a echipamentului care aplică metoda, în scopul obținerii unor rezultate cu grad de certitudine ridicat, pe o arie cât mai largă de parametri.

Prin prezenta teză se consideră oportună propunerea unei metode total nonvazive 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. Alegerea acestui grup 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, la creșterea globală a nivelului de sănătate în special a populației tinere, precum și la diminuarea costurilor sociale și economice semnificative în cazul acestui grup de maladii.

Concret se formulează următoarele obiective ale tezei:

- ❑ *Elaborarea unei metode de reconstrucție 3D a formei torsului uman prin configurarea unui sistem bazat pe scanarea optică și prelevarea digitală a imaginii*
- ❑ *Identificarea unor posibilități practice de prelevare a coordonatelor vertebrelor pe imaginea 3D reconstruită*
- ❑ *Stabilirea algoritmilor de calcul ai unui set complet de parametri de evaluare a*

deformațiilor de coloană

- ❑ *Realizarea unei aplicații soft originale, destinate creerii unei baze de date conținând fișele pacienților, stocării datelor numerice brute, calculului parametrilor specifici coloanei vertebrale, prezentării rezultatelor grafice și numerice*
- ❑ *Elaborarea unui model grafic 3D al coloanei vertebrale standard, pe baza datelor statistice de manual, cu posibilitatea personalizării modelului în funcție de pacient, în scopul vizualizării deformației și urmării evoluției acesteia*
- ❑ *Realizarea unui program experimental, asimilat unui studiu clinic bazat pe datele obținute prin investigarea unui lot de pacienți, prin metoda și cu aplicația soft elaborată.*

Pe parcursul lucrării se pot evidenția următoarele realizări teoretice și experimentale:

- ❑ realizarea unei sinteze utile demersului ingineresc ulterior privind anatomia coloanei vertebrale, cu detalii referitoare la elementele componente ale acesteia, respectiv cu definirea posturii normale și a tipurilor de deformații posibile
- ❑ analiza amplă a unor elemente de etiologie, simptomatologie, taxonomie pe diverse criterii, diagnosticare prin examen clinic și paraclinic și profilaxie, respectiv tratament, relative la scolioze, care reprezintă deformațiile de coloană vertebrală cu incidența cea mai ridicată
- ❑ demonstrarea importanței 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
- ❑ prezentarea metodelor și echipamentelor disponibile în prezent pentru diagnosticarea 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, computer tomografele cu raze Roentgen, ultrasunete și cu rezonanță magnetică nucleară, echipamentul Zebris și echipamentul InSpeck. Analiza caracteristicilor și performanțelor 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
 - se observă că evoluția în timp a aparatelor de imagistică medicală 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
- elaborarea unui material sintetic privind metodele de reconstrucție și prelucrare a imaginilor digitale, material care prezintă baza matematică a modelării coloanei vertebrale, cu toate elementele sale morfologice, în capitolul 5
- propunerea unei soluții 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 a aproximativ jumătate din corpul uman. Cu ajutorul facilităților de montaj s-a realizat un sistem capabil să asigure vizualizarea torsului uman, considerat suficient pentru investigarea coloanei vertebrale

- ❑ concepția unui mod de operare necesar prelevării coordonatelor unui set de 27 de puncte, care include puncte caracteristice pentru 21 de vertebre, omoplați, umeri și șolduri
- ❑ propunerea utilizării unor marcheri speciali, de diverse forme, aplicați de către un cadru medical pe suprafața spatelui pacientului investigat, în scopul indicării punctelor de prelevare a coordonatelor 3D
- ❑ elaborarea bazelor matematice de calcul a 16 parametri numerici de caracterizare a posturii sau deformațiilor permanente de coloană
- ❑ crearea programului original INBIRE, o aplicație complexă, cu interfață prietenoasă și cu facilități grafice și numerice multiple. Programul este compatibil cu soft-urile accesorii FAPS și EM ale InSpeck și determină, de fapt caracterul dedicat de imagistică medicală a coloanei pentru întreaga configurație hard. În completarea acestui program, pentru investigarea complementară a deformațiilor severe însoțite de rotații patologice permanente ale vertebrelor, a fost concepută o aplicație soft specială
- ❑ modelarea, într-o versiune total originală, a coloanei vertebrale, cu ajutorul soft-ului 3dsMax 7. Modelul se bucură de atributul de standard și conține detalii, precum formele și dimensiunile de atlas ale vertebrelor cervicale, toracale, lombare și sacrale, elemente care nu au fost întâlnite în literatura de specialitate
- ❑ stocarea modelului standard și stabilirea procedurilor pentru obținerea imaginilor 3D ale unor structuri personalizate. Sunt exemplificate modelele coloanelor vertebrale a mai multor pacienți ale căror date au fost prelevate cu ajutorul soft-ului INBIRE
- ❑ proiectarea și realizarea unui program experimental de validare a principiului proiectului teoretic de configurare a sistemului bazat pe scanare optică, precum și a funcționalității tuturor secvențelor soft originale, dedicate examenului paraclinic al coloanei vertebrale
- ❑ desfășurarea programului experimental, echivalent cu un studiu clinic, care a cuprins un lot de 22 de elevi, de ambele sexe, cu vârsta cuprinsă între 8 și 10 ani
- ❑ analiza rezultatelor măsurărilor, care au oferit o informație bogată în parametri numerici și ilustrare grafică, ceea ce a permis o caracterizare completă a pacienților și o diagnosticare exactă privind prezența/absența deformațiilor, natura și severitatea acestora.

Printre cele mai importante contribuții personale din teză se enumeră următoarele:

- sinteza materialului bibliografic din domeniul medicinei, cu referire centrată pe anatomia și patologia coloanei vertebrale, descrierea principalelor tipuri de deformații ale coloanei vertebrale, cu detalierea etiologiei, simptomatologiei și tratamentului scoliozelor
- sinteza informațiilor privind metodele și echipamentele de diagnosticare utilizate în examenul paraclinic al coloanei vertebrale, cu abordare din perspectiva inginerescă
- evaluarea comparativă a performanțelor echipamentelor utilizate în diagnosticarea coloanei vertebrale (aparatele Roentgen, Computer – Tomograf Roentgen, Computer – Tomograf cu rezonanță magnetică nucleară, Computer – Tomograf cu ultrasunete, Echipamentul Zebris cu ultrasunete și sistemul InSpeck cu scanare optică). Sunt vizate, în principal, criteriile: caracter invaziv/noninvaziv, informație calitativă/cantitativă, durată și cost al investigației, oportunitate în examenul paraclinic al coloanei vertebrale.
- identificarea principalelor metode de reconstrucție a imaginilor, respectiv reprezentarea principiilor de calcul matematic.
- stabilirea unei configurații adecvate aplicației medicale vizate (evaluarea calitativă și cantitativă a deformațiilor de coloană vertebrală) a echipamentelor InSpeck, care realizează digitizarea prin scanarea optică a unei scene date
- propunerea unei set de 27 de puncte aferente unui număr de vertebre, cuprinse în segmentul C7 – S3, umerilor, omoplaților și șoldurilor
- soluționarea problemei identificării acestor puncte pe imaginea 3D reconstruită prin aplicarea pe torsul pacientului a unor marcheri de diverse forme
- definirea parametrilor pentru caracterizarea formei și poziției coloanei vertebrale și elaborarea bazei matematice pentru setul de parametri definiți
- elaborarea unei aplicații soft MS Visual Basic, de mare complexitate, pentru generarea unui raport complet, grafo-numeric de evaluare a posturii și deformațiilor de coloană
- conceperea unui model de calcul pentru determinarea unghiului de rotație relativă dintre două vertebre

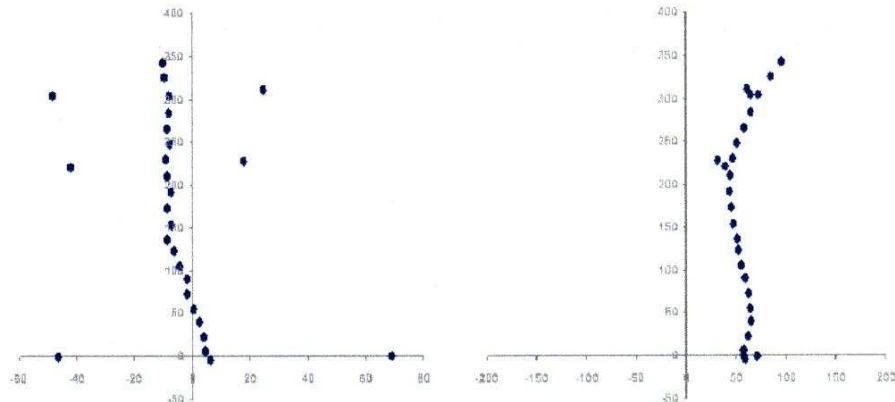
- ❑ elaborarea unei aplicații soft pentru determinarea rotației vertebrelor
- ❑ realizarea unei sinteze a principalelor modalități de reprezentare grafică în spațiul 3D
- ❑ modelarea 3D a coloanei vertebrale standard (pentru un pacient cu coloană vertebrală normală)
- ❑ realizarea modelelor de vertebre cu toate detaliile de atlas anatomic și caracteristicile de formă și dimensiuni specifice zonei de apartenență (cervicală, toracică, lombară, sacrală)
- ❑ stabilirea procedurilor de realizare a unui model 3D de coloană vertebrală personalizată, pentru pacientul investigat, prin prelucrarea relativ simplă a modelului standard
- ❑ selectarea unui lot de pacienți, relevant pentru ilustrarea metodelor, algoritmilor și soft-urilor specializate propuse în lucrare
- ❑ efectuarea măsurătorilor, prelucrarea informației cu accesoriile soft ale echipamentului InSpeck și a soft-urilor originale dedicate
- ❑ interpretarea rezultatelor studiului clinic, pe baza rezultatelor tabelare și grafice obținute prin postprocesare
- ❑ validarea conceptului prin care a fost configurat sistemul InSpeck în scopul investigării coloanei vertebrale, precum și a aplicațiilor soft prin care acest sistem furnizează o informație complexă și de cea mai bună calitate.

ANEXA1

REZULTATELE STUDIULUI CLINIC EFECTUAT CU AJUTORUL PROGRAMULUI INBIRE

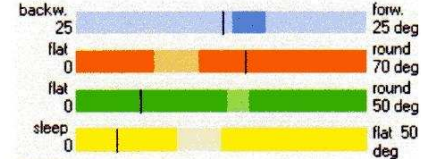
(datele personale ale pacienților investigați au fost decupate în scopul satisfacerii cerinței de
confidențialitate)

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

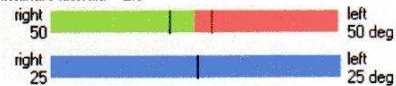
Inclinația trunchi = 5.79
Cifoza toracică = 40.55
Lordoza lombară = 22.22
Ungiul sacru = 6.91



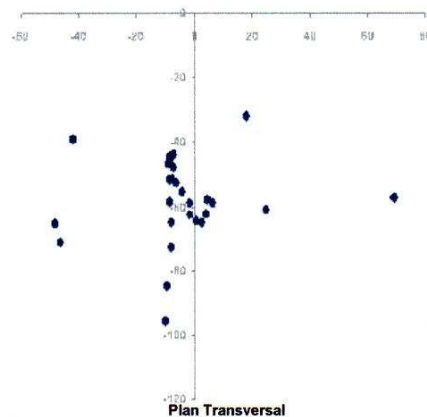
Oblicitate pelvica = 0.96
Oblicitate umar = 1.74
Distanta scapula dreapta = 3.5
Distanta scapula stanga = 3.2

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 9.34
Deformație scolioțică stanga = 5.69
Inclinație laterală = 2.5

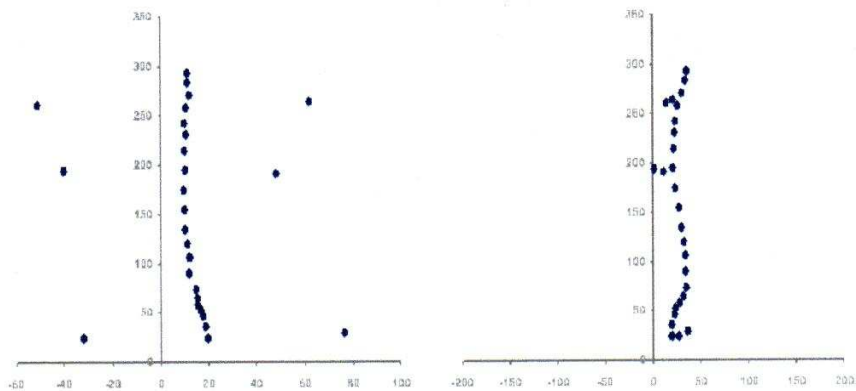


Unghiul Cobb = 3.4
Lungime totală = 362
Lungime toracică = 211
Lungime lombară = 85
Rotatie pelvica = 0.08



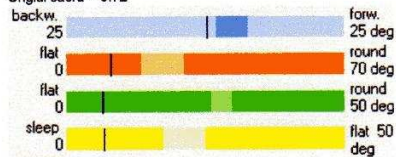
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinația trunchi = 2.9
 Cifoza toracică = 10.98
 Lordoza lombară = 13.08
 Unghiul sacru = 6.72



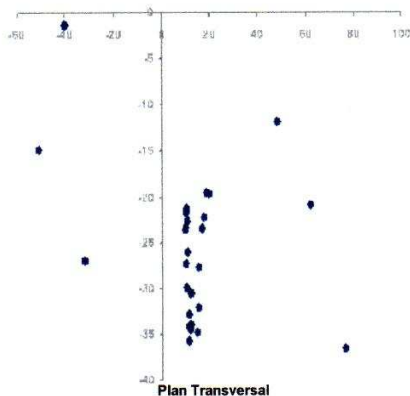
Oblicitate pelvica = 2.61
 Oblicitate umar = 5.35
 Distanța scapula dreapta = 1.5
 Distanța scapula stanga = 1.2

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 3.76
 Deformație scolioțică stanga = 0.71
 Inclinație laterală = 1.51



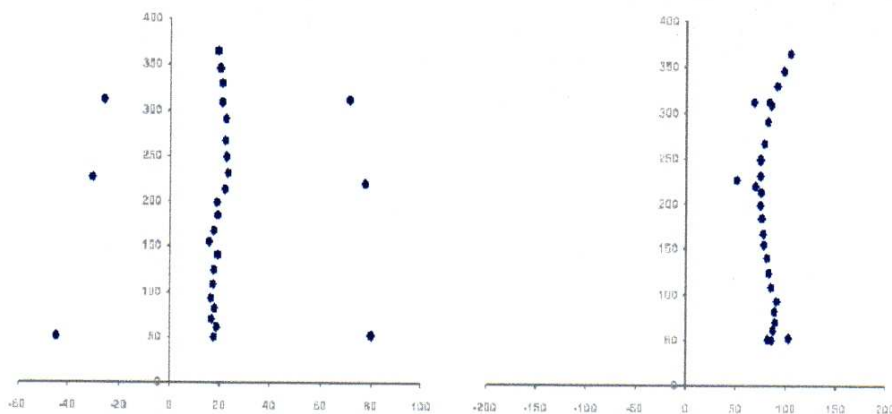
Unghiul Cobb = 9.9
 Lungime totală = 276
 Lungime toracică = 180
 Lungime lombară = 58
 Rotatie pelvica = 1.74



Plan Transversal

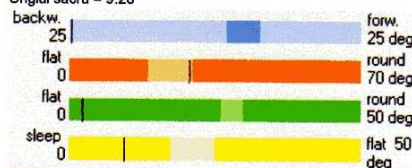
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinația trunchi = 3.08
 Cifoza toracică = 28.49
 Lordoza lombară = 4.28
 Ungiul sacru = 9.28



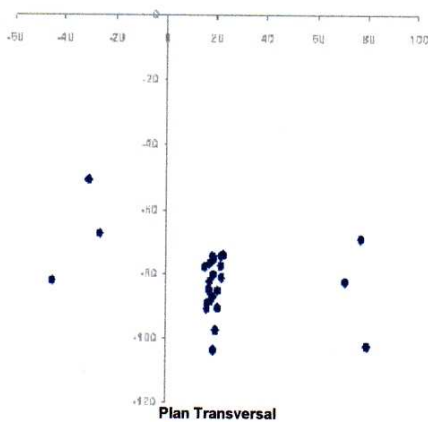
Oblicitate pelvica = 0.4
 Oblicitate umar = 14.25
 Distanța scapula dreapta = 0.4
 Distanța scapula stanga = 0.4

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 11.8
 Deformație scolioțică stanga = 12.18
 Inclinație laterală = 0.46

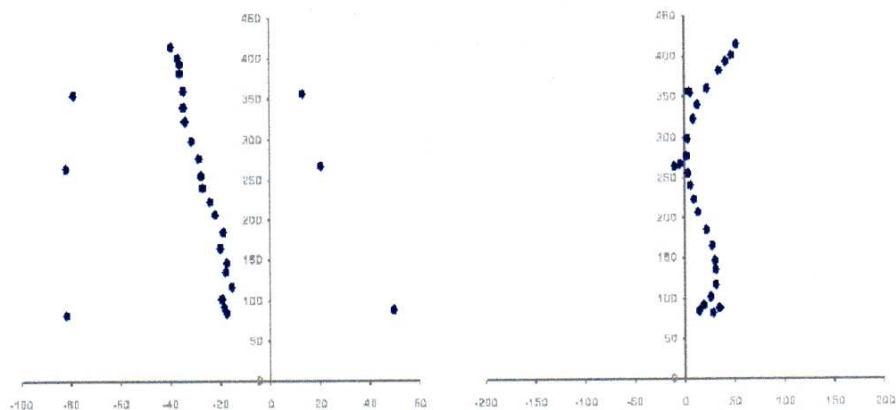


Unghiul Cobb = 5.7
 Lungime totală = 323
 Lungime toracică = 195
 Lungime lombară = 75
 Rotatia pelvica = 0.3



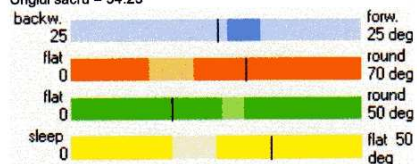
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinația trunchi = 4.1
 Cifoza toracică = 41.96
 Lordoza lombară = 34.55
 Unghiul sacru = 34.23



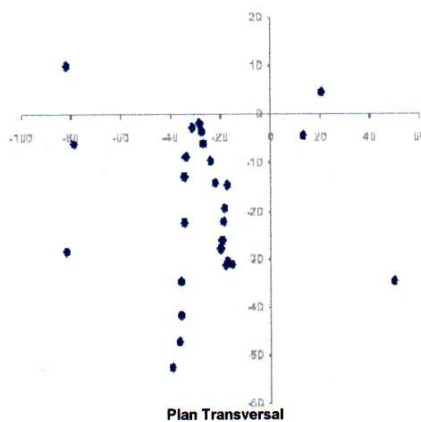
Oblicitate pelvica = 2.41
 Oblicitate umar = 5.71
 Distanța scapula dreapta = 0.6
 Distanța scapula stanga = 0.9

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 5.87
 Deformație scolioțică stanga = 0.42
 Inclinație laterală = 3.67

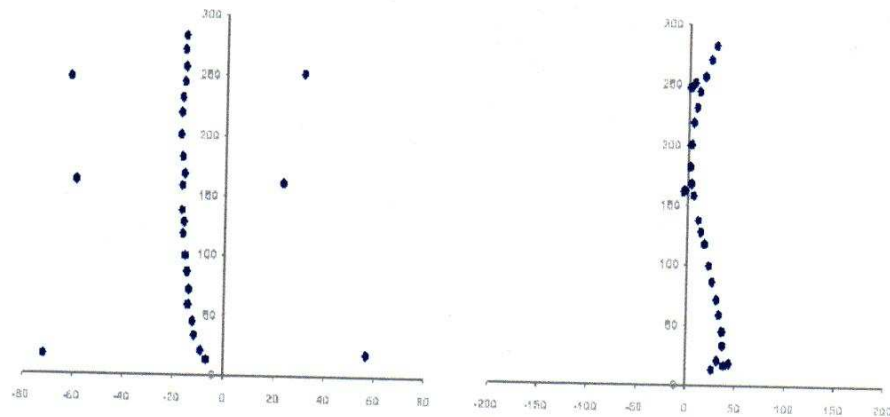


Unghiul Cobb = 4.5
 Lungime totală = 352
 Lungime toracică = 206
 Lungime lombară = 94
 Rotatie pelvica = 0.33



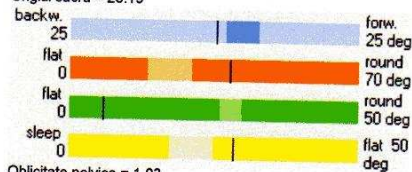
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

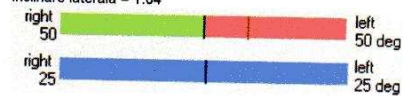
Inclinația trunchi = 2.23
 Cifoza toracică = 38.55
 Lordoza lombară = 11.35
 Unghiul sacru = 28.19



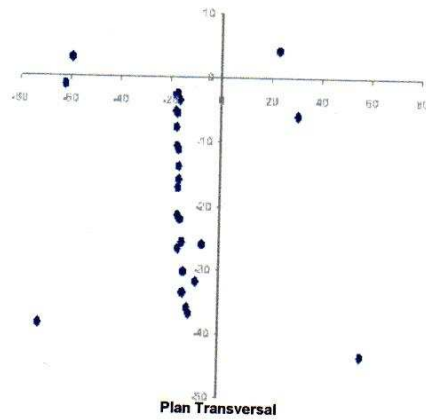
Oblicitate pelvica = 1.03
 Oblicitate umar = 11.2
 Distanța scapula dreapta = 1.9
 Distanța scapula stanga = 1.9

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 0.7
 Deformație scolioțică stanga = 15.28
 Inclinație laterala = 1.04

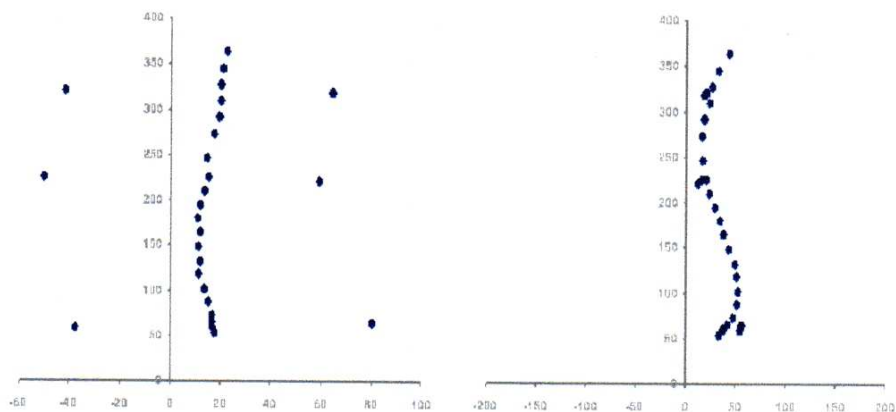


Unghiul Cobb = 5.9
 Lungime totală = 282
 Lungime toracică = 158
 Lungime lombară = 75
 Rotatia pelvica = 3.07



Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigarii: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinatia trunchi = 0.78
 Cifoza toracica = 51.03
 Lordoza lombara = 43.93
 Ungiul sacru = 32.51



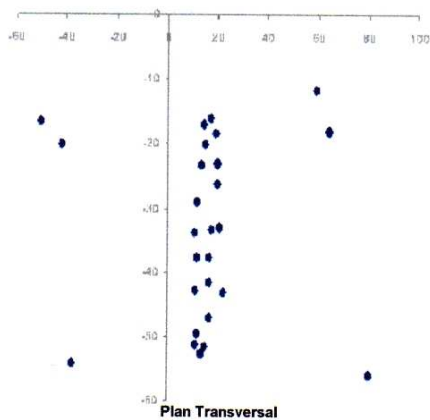
Oblicitate pelvica = 2.4
 Oblicitate umar = 0.91
 Distanța scapula dreapta = 1.6
 Distanța scapula stanga = 1.1

Plan Sagital

Deformatie scoliotica dreapta = 2.59
 Deformatie scoliotica stanga = 5.1
 Inclinare laterala = 1.02

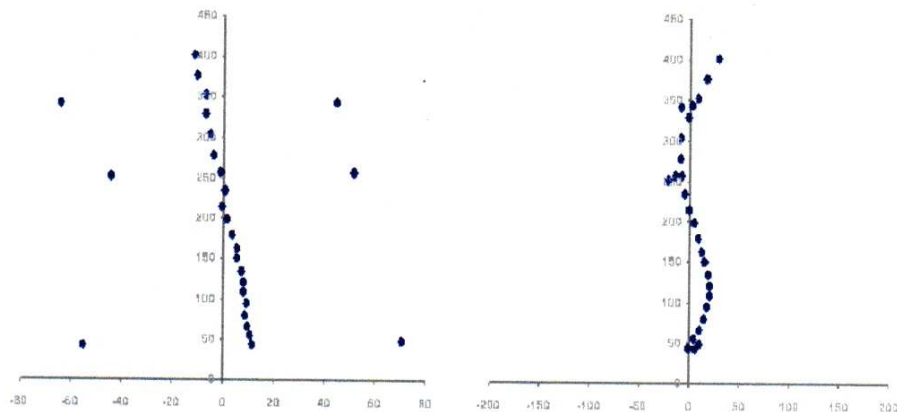


Unghiul Cobb = 10.1
 Lungime totala=327
 Lungime toracica= 203
 Lungime lombara=78
 Rotatia pelvica = 3.3



Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinația trunchi = 2.41
 Cifoza toracică = 36.85
 Lordoza lombară = 26.59
 Ungiul sacru = 25.44



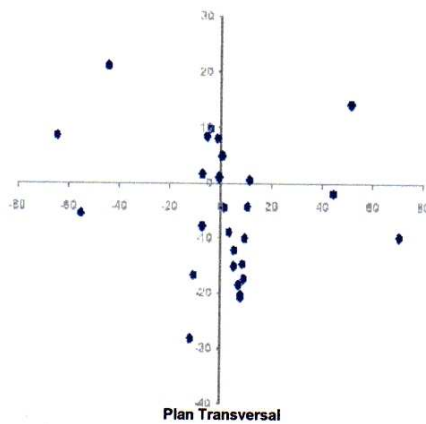
Oblicitate pelvica = 2.99
 Oblicitate umăr = 4.97
 Distanța scapula dreapta = 1.2
 Distanța scapula stanga = 1.3

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 2.34
 Deformație scolioțică stanga = 5.19
 Inclinație laterală = 3.62

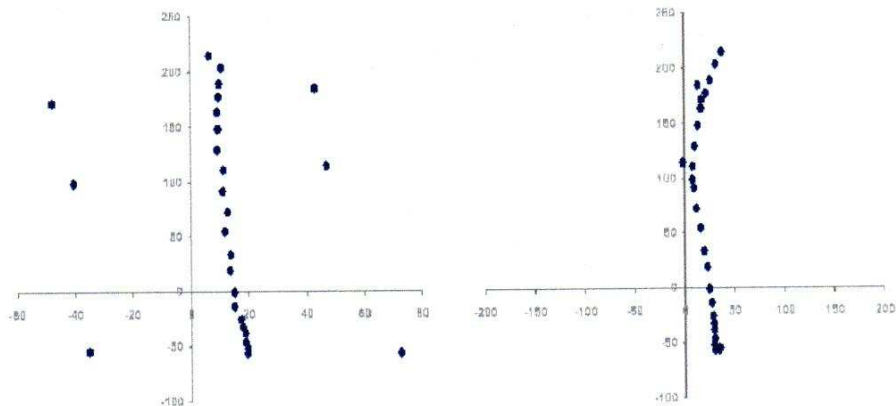


Unghiul Cobb = 10.7
 Lungime totală = 373
 Lungime toracică = 234
 Lungime lombară = 72
 Rotatie pelvica = 2.09



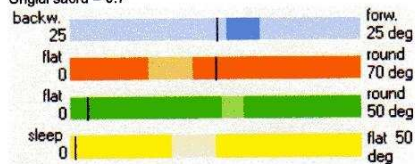
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

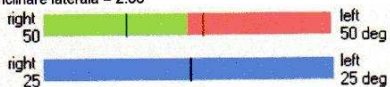
Inclinația trunchi = 1.97
 Cifoza toracică = 34.91
 Lordoza lombară = 5.78
 Unghiul sacru = 0.7



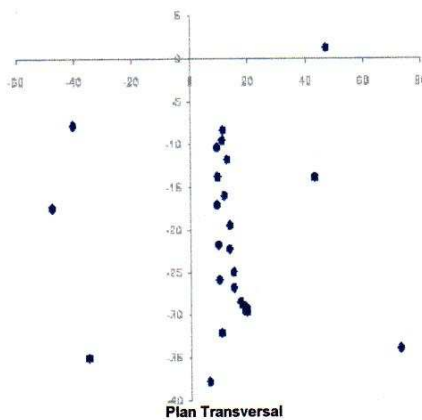
Oblicitate pelvica = 1.08
 Oblicitate umar = 8.59
 Distanța scapula dreapta = 7.5
 Distanța scapula stanga = 5

Plan Sagital

Deformație scoliotică dreapta = 21.8
 Deformație scoliotică stanga = 5.51
 Inclinație laterală = 2.66



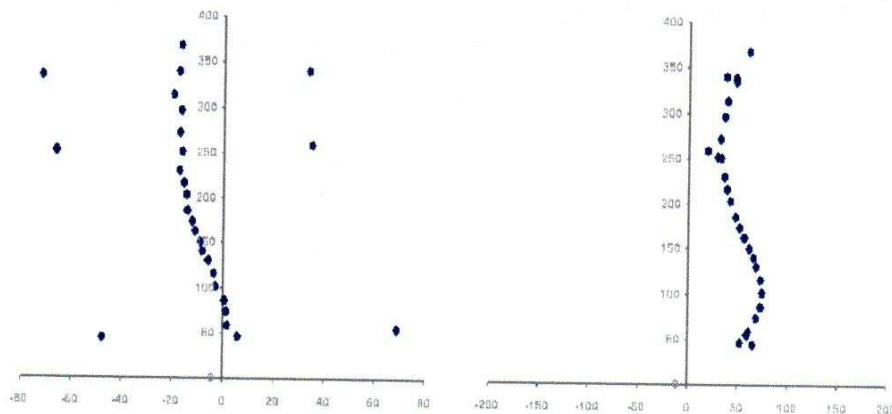
Unghiul Cobb = 12.2
 Lungime totală = 279
 Lungime toracică = 190
 Lungime lombară = 58
 Rotatie pelvica = 5.34



Plan Transversal

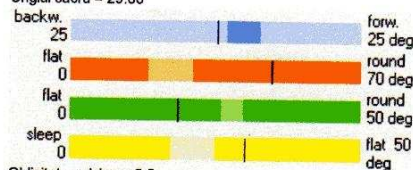
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinația trunchi = 2.6
 Cifoza toracică = 48.27
 Lordoza lombară = 36.98
 Unghiul sacru = 29.88



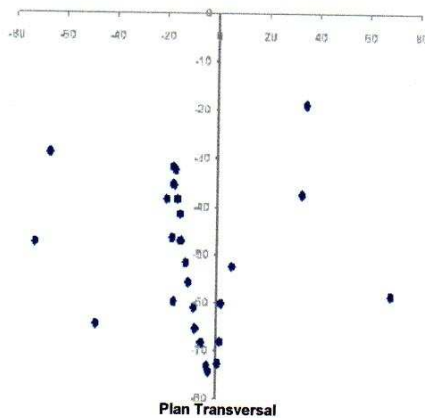
Oblicitate pelvica = 5,5
 Oblicitate umar = 1,45
 Distanța scapula dreapta = 3
 Distanța scapula stanga = 2,8

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 11,88
 Deformație scolioțică stanga = 0,79
 Inclinație laterală = 3,58

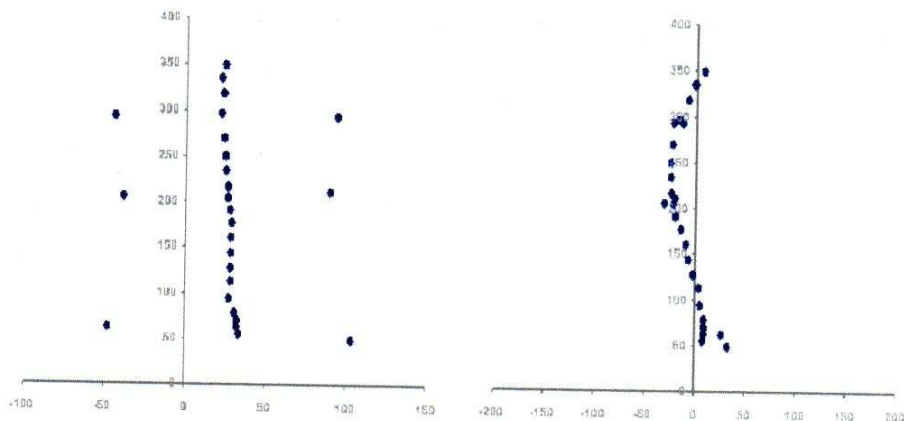


Unghiul Cobb = 17
 Lungime totală = 340
 Lungime toracică = 196
 Lungime lombară = 67
 Rotatia pelvica = 2,77



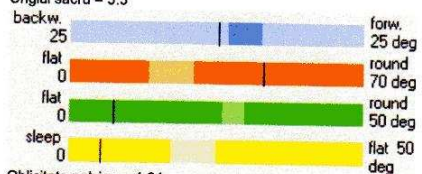
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

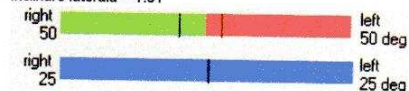
Inclinația trunchi = 0.36
 Cifoza toracică = 45.74
 Lordoza lombară = 14.82
 Ungiul sacru = 5.3



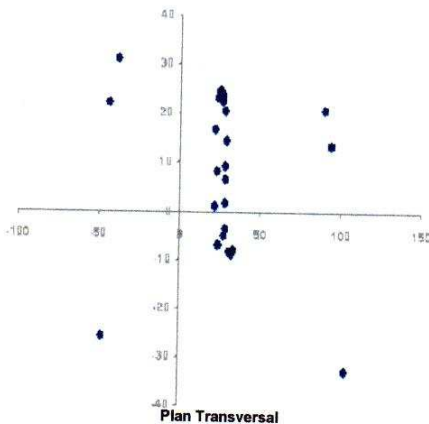
Oblicitate pelvica = 4.84
 Oblicitate umăr = 0.91
 Distanța scapula dreapta = 0.5
 Distanța scapula stanga = 0.5

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 9.47
 Deformație scolioțică stanga = 5.23
 Inclinație laterală = 1.61

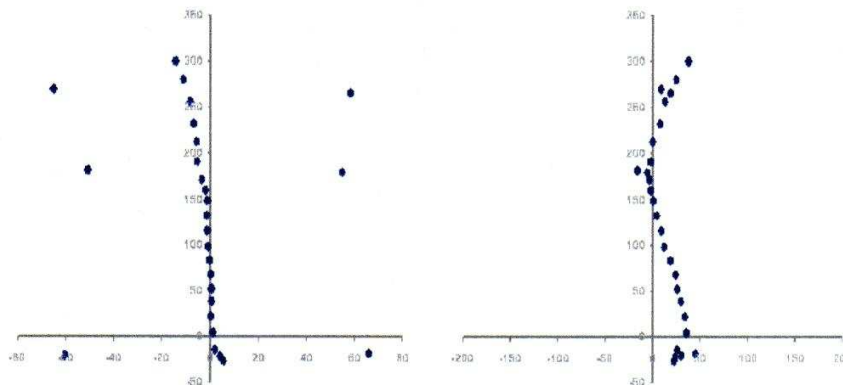


Unghiul Cobb = 8.3
 Lungime totală = 305
 Lungime toracică = 198
 Lungime lombară = 75
 Rotatia pelvica = 1.87



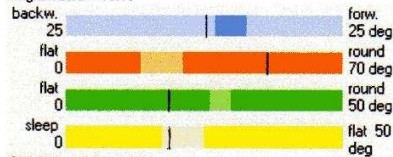
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

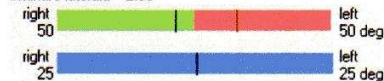
Inclinația trunchi = 0.38
 Cifoza toracică = 50.55
 Lordoza lombară = 36.9
 Unghiul sacru = 18.19



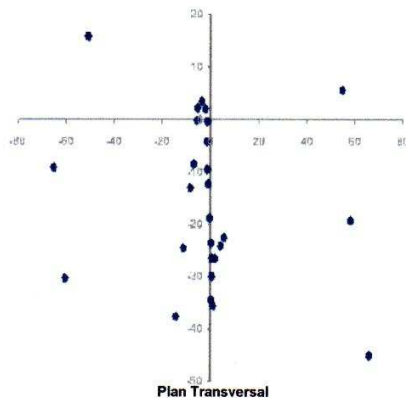
Oblicitate pelvică = 0.83
 Oblicitate umăr = 17.24
 Distanța scapula dreapta = 1.7
 Distanța scapula stanga = 2.4

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 7.26
 Deformație scolioțică stanga = 15.55
 Inclinație laterală = 2.95

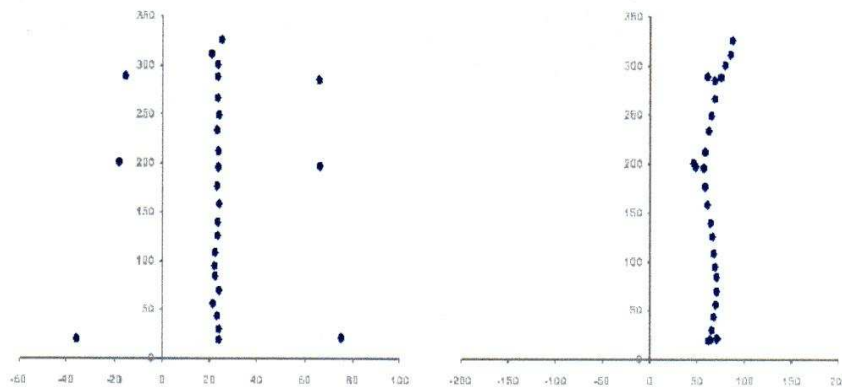


Unghiul Cobb = 4.2
 Lungime totală = 345
 Lungime toracică = 206
 Lungime lombară = 81
 Rotatie pelvică = 1.16



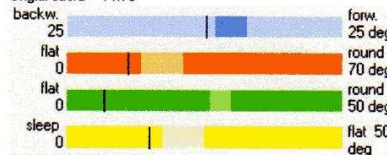
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinația trunchi = 3.84
 Cifoza toracică = 15.42
 Lordoza lombară = 13.23
 Unghiul sacru = 14.75



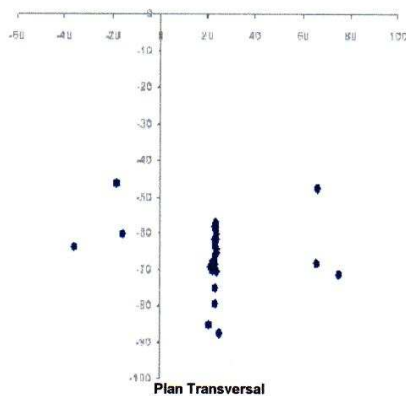
Oblicitate pelvica = 0.61
 Oblicitate umar = 4.75
 Distanța scapula dreapta = 2
 Distanța scapula stanga = 2

Plan Sagital

Deformație scoliotică dreapta = 15.54
 Deformație scoliotică stanga = 3.31
 Inclinație laterală = 0.41

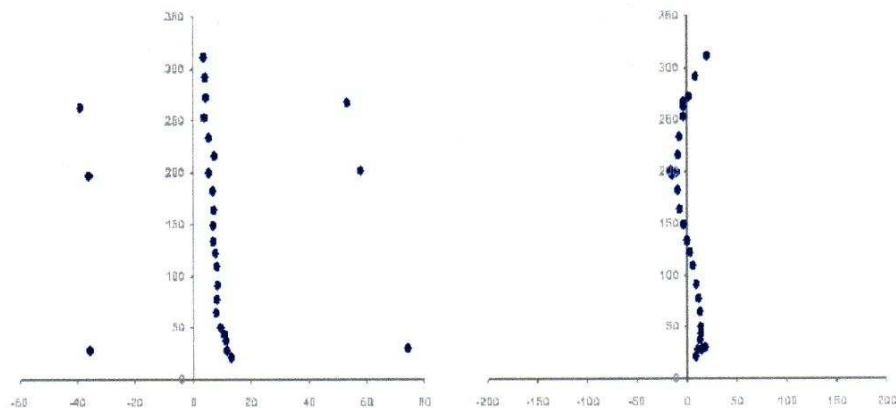


Unghiul Cobb = 23.7
 Lungime totală = 314
 Lungime toracică = 191
 Lungime lombară = 70
 Rotatia pelvica = 2.89



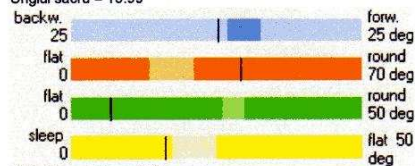
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

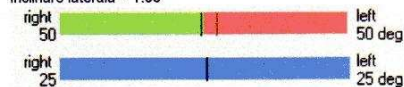
Inclinația trunchi = 1.41
 Cifoza toracica = 40.55
 Lordoza lombara = 13.49
 Unghiul sacru = 15.99



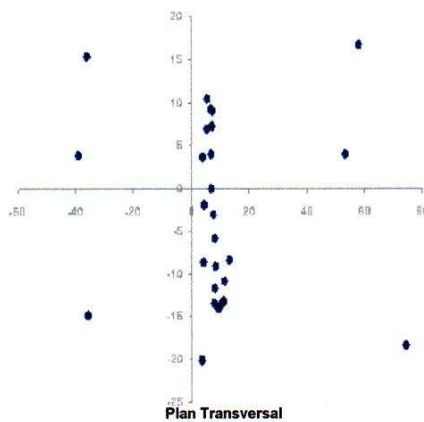
Oblicitate pelvica = 0.95
 Oblicitate umar = 2.21
 Distanța scapula dreapta = 2.3
 Distanța scapula stanga = 2.7

Plan Sagital

Deformație scolioțica dreapta = 1.37
 Deformație scolioțica stanga = 4.52
 Inclinație laterala = 1.56

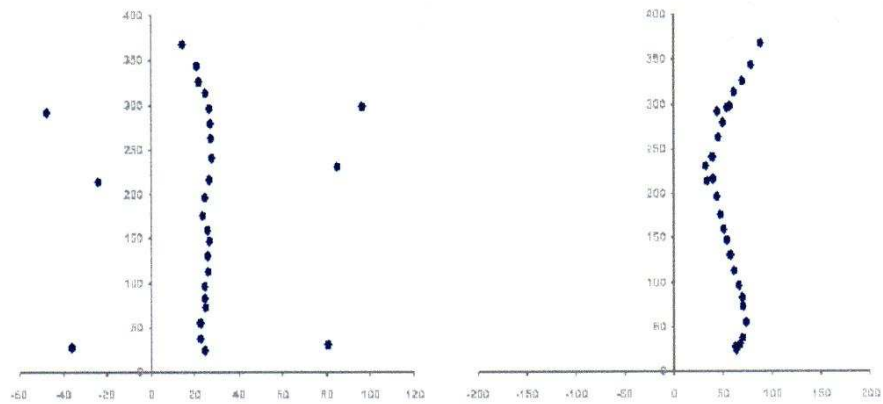


Unghiul Cobb = 9.6
 Lungime totala = 299
 Lungime toracica = 187
 Lungime lombara = 67
 Rotatia pelvica = 2.78



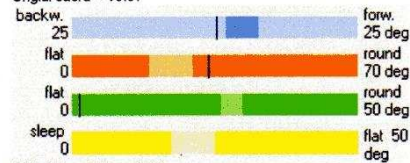
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

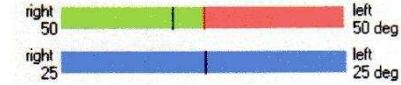
Inclinația trunchi = 3.49
 Cifoza toracica = 33.19
 Lordoza lombara = 2.22
 Ungiul sacru = 18.97



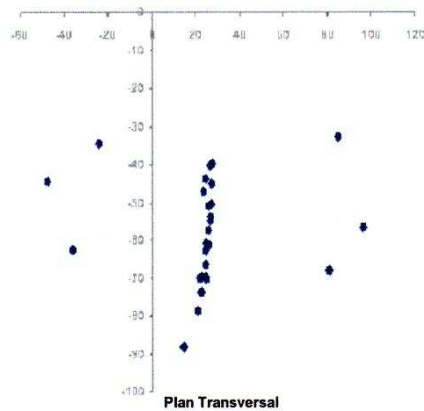
Oblicitate pelvica = 1.41
 Oblicitate umar = 0
 Distanța scapula dreapta = 2.7
 Distanța scapula stanga = 3.6

Plan Sagital

Deformație scolioțica dreapta = 10.83
 Deformație scolioțica stanga = 0.72
 Inclinație laterala = 1.49

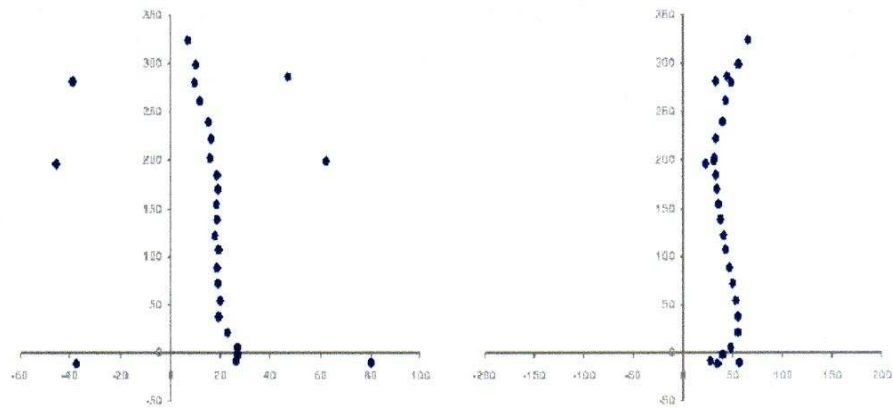


Unghiul Cobb = 0.9
 Lungime totala=362
 Lungime toracica= 207
 Lungime lombara=76
 Rotatia pelvica = 3.49



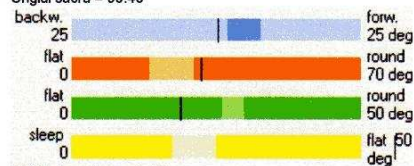
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

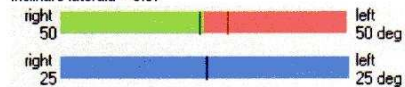
Inclinatia trunchi = 1.88
 Cifoza toracica = 31.27
 Lordoza lombara = 37.22
 Ungiul sacru = 55.45



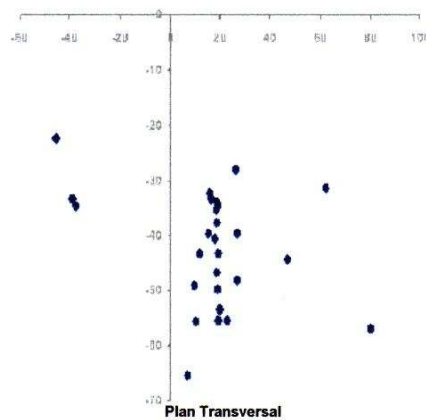
Oblicitate pelvica = 0.49
 Oblicitate umar = 0.37
 Distanta scapula dreapta = 2.5
 Distanta scapula stanga = 2.2

Plan Sagital

Deformatie scoliotica dreapta = 1.97
 Deformatie scoliotica stanga = 8.15
 Inclinare laterala = 3.57



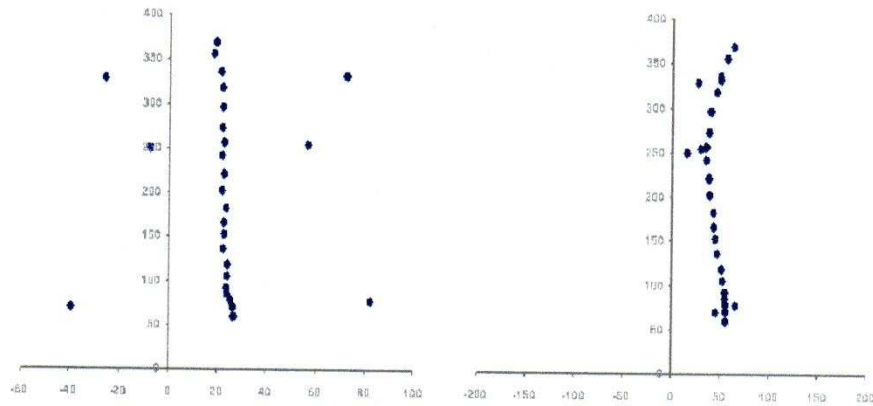
Unghiul Cobb = 13.2
 Lungime totala=354
 Lungime toracica=197
 Lungime lombara=88
 Rotatia pelvica = 5.98



Plan Transversal

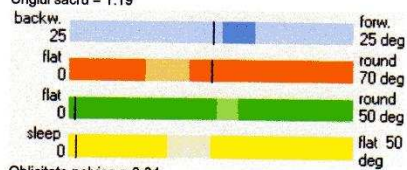
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

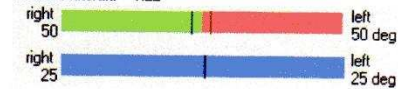
Inclinația trunchi = 1.67
 Cifoza toracică = 34.97
 Lordoza lombară = 2.15
 Unghiul sacru = 1.19



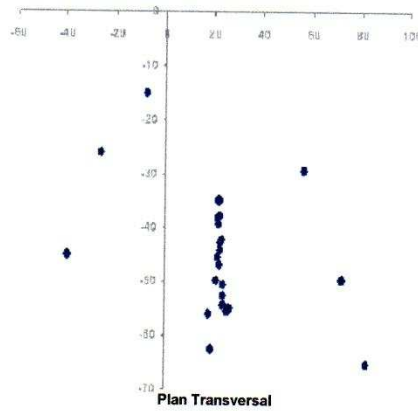
Oblicitate pelvica = 3.34
 Oblicitate umar = 5.75
 Distanța scapula dreapta = 1.8
 Distanța scapula stanga = 2.2

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 4.49
 Deformație scolioțică stanga = 2.93
 Inclinație laterală = 1.22

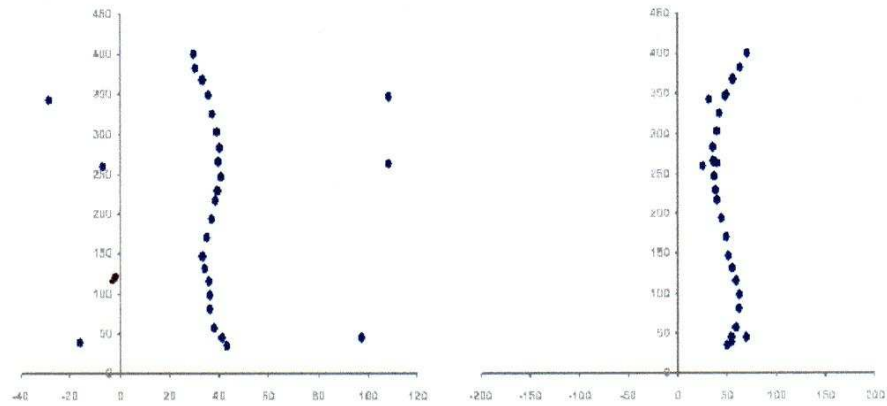


Unghiul Cobb = 8.2
 Lungime totală = 316
 Lungime toracică = 207
 Lungime lombară = 68
 Rotatie pelvica = 2.97



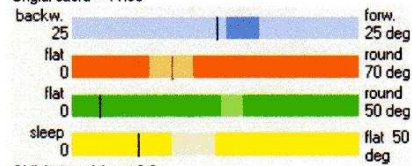
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

Inclinația trunchi = 7.89
 Cifoza toracica = 24.36
 Lordoza lombara = 9.43
 Ungiul sacru = 11.55



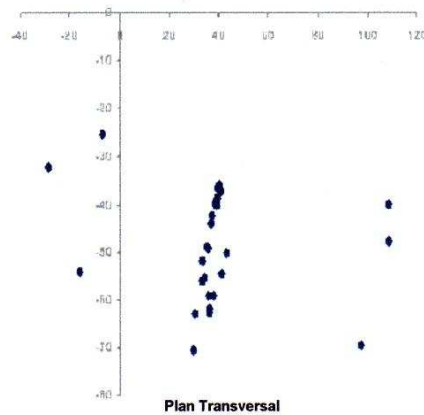
Obicinate pelvica = 2.9
 Obicinate umar = 4.19
 Distanta scapula dreapta = 26.3
 Distanta scapula stanga = 325.4

Plan Sagital

Deformatie scoliotica dreapta = 33.05
 Deformatie scoliotica stanga = 11.23
 Inclinare laterala = 21.56

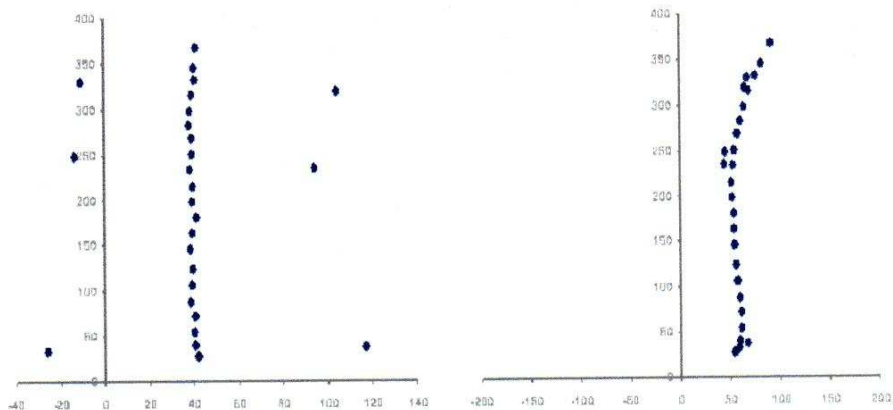


Unghiul Cobb = 1.7
 Lungime totala=528
 Lungime toracica=213
 Lungime lombara=99
 Rotatia pelvica = 14.92



Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

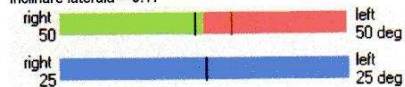
Inclinația trunchi = 5.98
 Cifoza toracică = 28.85
 Lordoza lombară = 0.93
 Unghiul sacru = 13.39



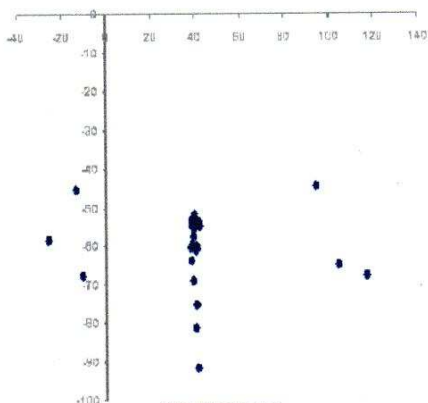
Oblicitate pelvica = 1.49
 Oblicitate umar = 1.85
 Distanța scapula dreapta = 5
 Distanța scapula stanga = 6.1

Plan Sagital

Deformație scoliotică dreapta = 3.57
 Deformație scoliotică stanga = 9.95
 Inclinație laterală = 0.17

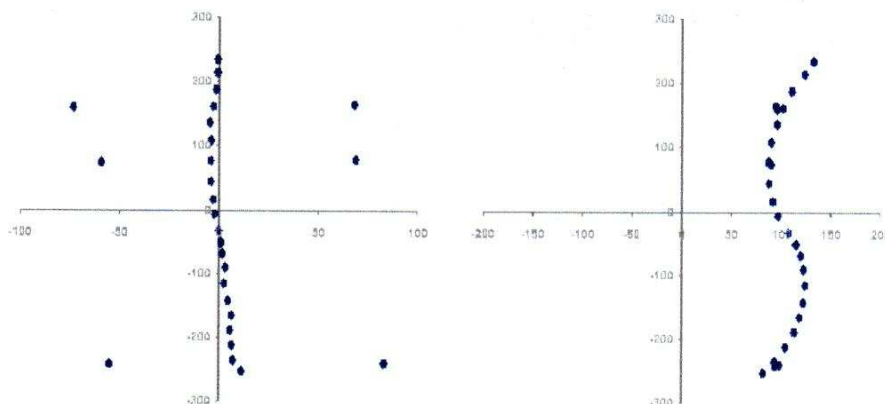


Unghiul Cobb = 4.9
 Lungime totală = 349
 Lungime toracică = 187
 Lungime lombară = 92
 Rotatie pelvica = 4.17



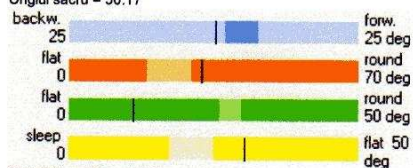
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

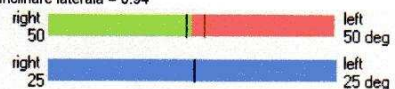
Inclinația trunchi = 2.56
 Cifoza toracica = 31.76
 Lordoza lombara = 21.8
 Ungiul sacru = 30.17



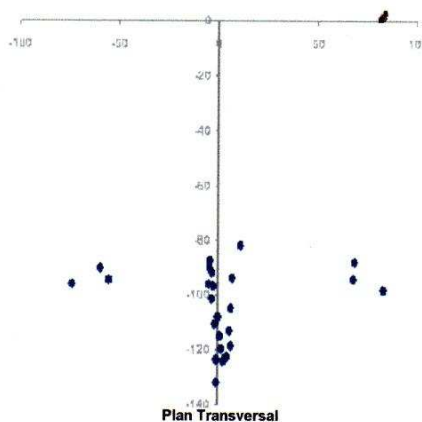
Oblicitate pelvica = 0.28
 Oblicitate umar = 1.74
 Distanța scapula dreapta = 2.7
 Distanța scapula stanga = 2.6

Plan Sagital

Deformație scolioțica dreapta = 2.2
 Deformație scolioțica stanga = 4.56
 Inclinație laterala = 0.94

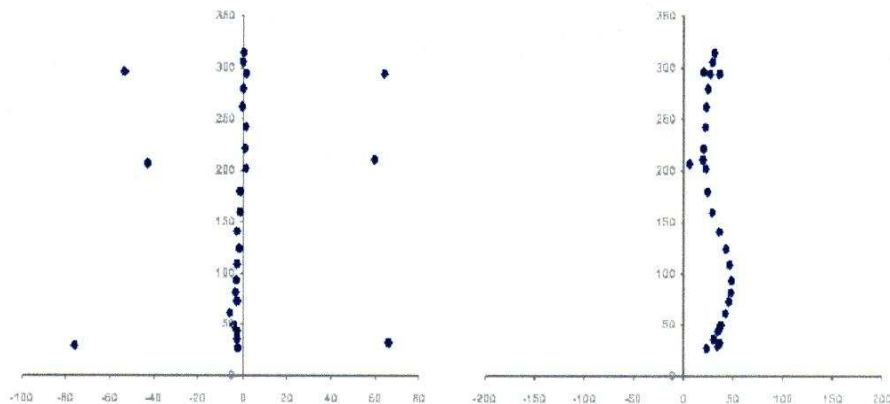


Unghiul Cobb = 0.2
 Lungime totala = 509
 Lungime toracica = 295
 Lungime lombara = 121
 Rotatia pelvica = 2.44



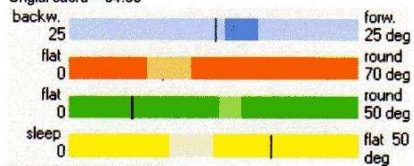
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

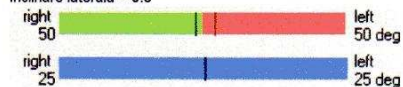
Inclinația trunchi = 1.35
 Cifoza toracica = 22.48
 Lordoza lombara = 21.32
 Ungiul sacru = 34.63



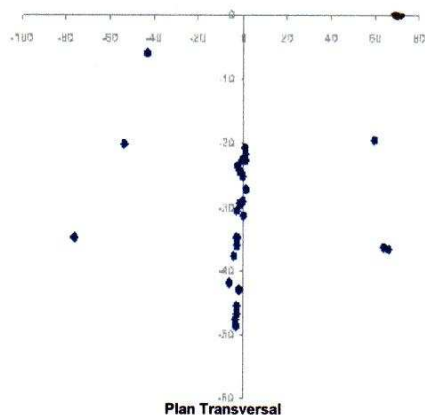
Oblicitate pelvica = 1.27
 Oblicitate umar = 0.56
 Distanța scapula dreapta = 0.8
 Distanța scapula stanga = 0.9

Plan Sagittal

Deformație scolioțica dreapta = 3.09
 Deformație scolioțica stanga = 4.38
 Inclinație laterala = 0.6

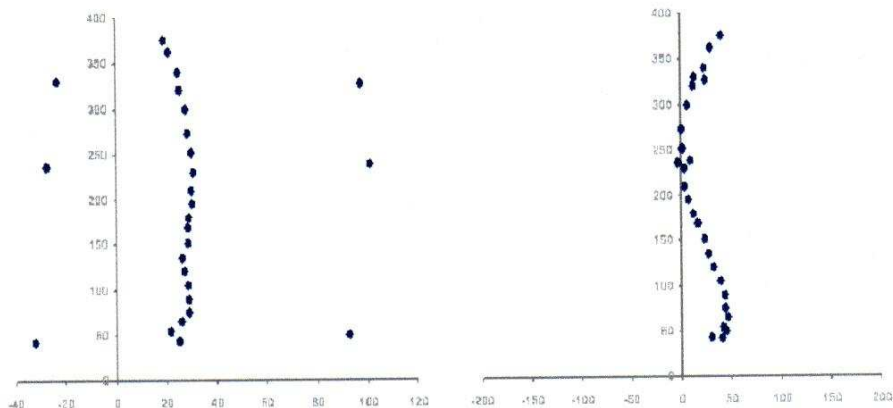


Unghiul Cobb = 2.4
 Lungime totala=299
 Lungime toracica=202
 Lungime lombara=61
 Rotatia pelvica = 6.74



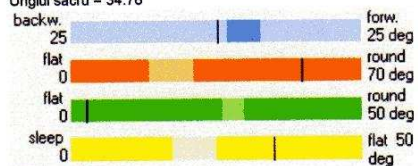
Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație a deformațiilor de coloană vertebrală

Data investigării: 10/15/2008



Plan Frontal

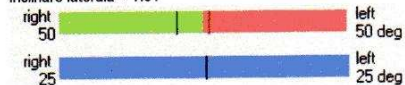
Inclinația trunchi = 0.54
 Cifoza toracică = 55.28
 Lordoza lombară = 5.25
 Unghiul sacru = 34.76



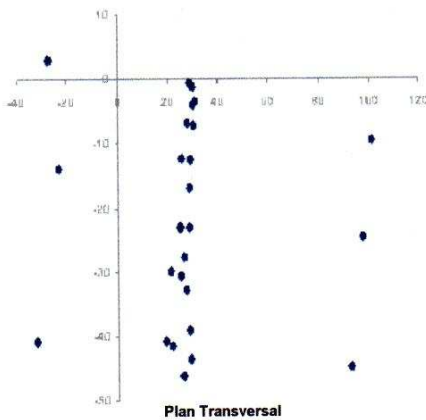
Oblicitate pelvică = 3.53
 Oblicitate umăr = 22.04
 Distanța scapula dreapta = 1.4
 Distanța scapula stanga = 2.5

Plan Sagital

Deformație scolioțică dreapta = 9.82
 Deformație scolioțică stanga = 1.95
 Inclinație laterală = 1.31



Unghiul Cobb = 9.3
 Lungime totală = 357
 Lungime toracică = 220
 Lungime lombară = 80
 Rotatie pelvică = 3.62



ANEXA 2

CODUL SURSĂ AL PROGRAMULUI INBIRE

Private Declare Function BitBlt Lib "gdi32" (ByVal hDestDC As Long, ByVal X As Long, ByVal Y As Long, ByVal nWidth As Long, ByVal nHeight As Long, ByVal hSrcDC As Long, ByVal xSrc As Long, ByVal ySrc As Long, ByVal dwRop As Long) As Long

Public db As Database
Public rs As Recordset
Public bCalculate As Boolean

Private Enum LanguageOffsets
langEnglish = 201
langRomana = 101
End Enum

Private Enum StringIDs
'labeluri rezulate
resParametriiPosturali = 0
resInclinatiaTrunchi = 1
resCifozaToracica = 2
resLordozaLombara = 3
resUngiulSacru = 4
resOblicitatePelvica = 5
resOblicitateUmar = 6
resDistantaScapulaDreapta = 7
resDistantaScapulaStanga = 8
resRotatiaPelvica = 9
resDeformatiaScoliotica = 10
resDeformatieScolioticaDreapta = 11
resDeformatieScolioticaStanga = 12
resInclinareLaterala = 13
resUnghiCobb = 14
resLungimeTotala = 15
resLungimeToracica = 16
resLungimeLombara = 17

resUnghiulCobb = 12

'butoane
resSave = 29
resImport = 30
resCalculeaza = 31
resPrint = 32
resLanguage = 33
resCancel = 34
resExit = 35

'pagini
resPage1 = 39
resPage2 = 40
resPage3 = 41

'labeluri informatii generale pacient
resID = 42
resNume = 43
resPrenume = 44
resOcupatia = 45

'label grafic
resFrontal = 59
resTransversal = 60
resSagital = 61

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

'caption taburi
resTabCaption0 = 64
resTabCaption1 = 65
resTabCaption2 = 66

End Enum

Private Declare Function GetProfileString Lib "kernel32.dll" Alias "GetProfileStringA" (ByVal lpAppName As
String, ByVal lpKeyName As String, ByVal lpDefault As String, ByVal lpReturnedString As String, ByVal nSize As
Long) As Long

' citeste din fisierul de resurse si seteaza denumiriel in limba selectata
Private Sub LoadStrings(ByVal offset As Integer)
    lblParametriiPosturali.Caption = LoadResString(resParametriiPosturali + offset)
    lblInclinatiaTrunchi.Caption = LoadResString(resInclinatiaTrunchi + offset)
    lblCifozaToracica.Caption = LoadResString(resCifozaToracica + offset)
    lblLordozaLombara.Caption = LoadResString(resLordozaLombara + offset)
    lblUnghiulSacru.Caption = LoadResString(resUnghiulSacru + offset)
    lblOblicitatePelvica.Caption = LoadResString(resOblicitatePelvica + offset)
    lblOblicitateUmar.Caption = LoadResString(resOblicitateUmar + offset)
    lblDistantaScapulaDreapta.Caption = LoadResString(resDistantaScapulaDreapta + offset)
    lblDistantaScapulaStanga.Caption = LoadResString(resDistantaScapulaStanga + offset)
    lblRotatiaPelvica.Caption = LoadResString(resRotatiaPelvica + offset)
    lblDeformatiaScoliotica.Caption = LoadResString(resDeformatiaScoliotica + offset)
    lblDeformatieScolioticaDreapta.Caption = LoadResString(resDeformatieScolioticaDreapta + offset)
    lblDeformatieScolioticaStanga.Caption = LoadResString(resDeformatieScolioticaStanga + offset)
    lblInclinareLaterala.Caption = LoadResString(resInclinareLaterala + offset)
    lblUnghiulCobb.Caption = LoadResString(resUnghiCobb + offset)
    lblLungimeTotala.Caption = LoadResString(resLungimeTotala + offset)
    lblLungimeToracica.Caption = LoadResString(resLungimeToracica + offset)
    lblLungimeLombara.Caption = LoadResString(resLungimeLombara + offset)

    cmdSave.Caption = LoadResString(resSave + offset)
    btnImport.Caption = LoadResString(resImport + offset)
    cmdCalculeaza.Caption = LoadResString(resCalculeaza + offset)
    cmdPrint.Caption = LoadResString(resPrint + offset)
    cmdLanguage.Caption = LoadResString(resLanguage + offset)
    btnCancel.Caption = LoadResString(resCancel + offset)
    btnExit.Caption = LoadResString(resExit + offset)

    lblID.Caption = LoadResString(resID + offset)
    lblNume.Caption = LoadResString(resNume + offset)
    lblPrenume.Caption = LoadResString(resPrenume + offset)
    lblOcupatia.Caption = LoadResString(resOcupatia + offset)

    lblPlanFrontal.Caption = LoadResString(resFrontal + offset)
    lblPlanTransversal.Caption = LoadResString(resTransversal + offset)
    lblPlanSagital.Caption = LoadResString(resSagital + offset)

    SSTab1.TabCaption(0) = LoadResString(resTabCaption0 + offset)
    SSTab1.TabCaption(1) = LoadResString(resTabCaption1 + offset)
    SSTab1.TabCaption(2) = LoadResString(resTabCaption2 + offset)
End Sub

Public Function GetDefaultPrinter() As Boolean
    Dim strBuffer As String * 254
    Dim iRetVal As Long

    ' Retrieve current default printer information
    iRetVal = GetProfileString("windows", "device", "", strBuffer, 254)
    strDefaultPrinterInfo = Left(strBuffer, InStr(strBuffer, Chr(0)) - 1)

    If strDefaultPrinterInfo = "" Then
        GetDefaultPrinter = False
    Else

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

    GetDefaultPrinter = True
    End If

End Function

Private Sub btnCancel_Click()
'goleste controalele. Atentie: NU sterge din baza de date!
    txtID.Text = ""
    txtNume.Text = ""
    txtPrenume.Text = ""
    txtOcupatia.Text = ""

    GridPacienti.Clear
    GridPacienti.Rows = 2

    GridCoordonate.Clear
    GridCoordonate.Rows = 2

    txtInclinatiaTrunchi.Text = ""
    txtCifozaToracica.Text = ""
    txtLordozaLombara.Text = ""
    txtUnghiulSacru.Text = ""
    txtOblicitatePelvica.Text = ""
    txtOblicitateUmar.Text = ""
    txtDistantaScapulaDreapta.Text = ""
    txtDistantaScapulaStanga.Text = ""
    txtRotatiaPelvica.Text = ""
    txtDeformatieScolioticaDreapta.Text = ""
    txtDeformatieScolioticaStanga.Text = ""
    txtInclinareLaterala.Text = ""
    txtUnghiCobb.Text = ""
    txtLungimeTotala.Text = ""
    txtLungimeToracica.Text = ""
    txtLungimeLombara.Text = ""
    txtObs.Text = ""

    Picture0.Cls
    Picture1.Cls
    Picture2.Cls
    Picture3.Cls

    Line1.X1 = Shape11.Left + Shape11.Width / 2
    Line1.X2 = Shape11.Left + Shape11.Width / 2

    Line2.X1 = Shape1.Left + Shape1.Width / 2
    Line2.X2 = Shape1.Left + Shape1.Width / 2

    Line3.X1 = Shape3.Left
    Line3.X2 = Shape3.Left

    Line4.X1 = Shape5.Left
    Line4.X2 = Shape5.Left

    Line5.X1 = Shape7.Left
    Line5.X2 = Shape7.Left

    Line6.X1 = Shape9.Left
    Line6.X2 = Shape9.Left

    Line7.X1 = Shape10.Left
    Line7.X2 = Shape10.Left

    SSTab1.Tab = 0
    bCalculate = False

End Sub

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

Private Sub btnExit_Click()
    db.Close
    Set db = Nothing

    End
End Sub
Private Sub btnImport_Click()
'importa in baza de date in tabelul "Coordonate" datele din fisierul Excel
'selectat printr-un dialog. Apeleaza procedura de populare tabel coordonate de pe pagina a doua
Dim oXL As Excel.Application
Dim oWB As Excel.Workbook
Dim oWS As Excel.Worksheet
Dim FName As String
'Dim MyDB As Database
Dim MyRS As DAO.Recordset
Dim row As Integer
Dim k

    If txtID.Text = "" Then
        Exit Sub
    End If
    Screen.MousePointer = 11

'verific daca pacientul cu ID curent are atasate coordonatele
'daca da nu se mai realizeaza importul
sqlString = "SELECT * FROM Coordonate WHERE IDPacient=" & Trim(txtID.Text)
Set rs1 = db.OpenRecordset(sqlString)
If rs1.RecordCount > 0 Then
    rs1.Close
    Set rs1 = Nothing

    Screen.MousePointer = 0
    Exit Sub
End If

dlgOpenExcel.InitDir = ""
dlgOpenExcel.DialogTitle = "Selecteaza fisierul Excel pentru importul datelor"
dlgOpenExcel.Filter = "Excel(*.xls)|*.xls"
dlgOpenExcel.ShowOpen
FName = dlgOpenExcel.FileName

If (Len(FName) = 0) Then
    Screen.MousePointer = 0
    Exit Sub
End If

Set oXL = New Excel.Application
On Error GoTo ErrorHandler

Set oWB = oXL.Workbooks.Open(FName)
Set oWS = oWB.Worksheets(1) ("Sheet1")

'Set MyDB = OpenDatabase(App.Path & "\BazaDeDate.mdb")
Set MyRS = db.OpenRecordset("Coordonate", dbOpenDynaset)

row = 3 'incepiand cu linia 3
k = ("A" & row)

Do While oWS.Range("A" & row).Value <> Empty
'repeta pina cind gaseste o linie cu celula A goala
With MyRS
    .AddNew
    !IDPacient = txtID.Text
    If oWS.Range("A" & row).Value <> "" Then
        !SimbolVertebra = oWS.Range("A" & row).Value
    End If
End With
row = row + 1
k = ("A" & row)

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

Else
    !SimbolVertebra = ""
End If
If oWS.Range("B" & row).Value = Empty Then
    !X = 0
Else
    !X = oWS.Range("B" & row).Value
End If
If oWS.Range("C" & row).Value = Empty Then
    !Y = 0
Else
    !Y = oWS.Range("C" & row).Value
End If
If oWS.Range("D" & row).Value = Empty Then
    !Z = 0
Else
    !Z = oWS.Range("D" & row).Value
End If
.Update
End With
row = row + 1

Loop

Screen.MousePointer = 0
GoTo CleanExit

FillGridCoordonate (txtID.Text)
SSTab1.Tab = 1

ErrorHandler:
    MsgBox Err.Number & ": " & Err.Description
CleanExit:
    MyRS.Close
    Set MyRS = Nothing
    If Not oXL Is Nothing Then Set oXL = Nothing
    If Not oWB Is Nothing Then Set oWB = Nothing
    If Not oWS Is Nothing Then Set oWS = Nothing
End Sub
Private Sub FillGridCoordonate(ID As String)
'populeaza tabelul de coordonate de pe pagina a doua
Dim i As Integer
Dim sqlString As String
Dim rs1 As DAO.Recordset

    If (ID = "") Then Exit Sub

    sqlString = "SELECT * FROM Coordonate WHERE IDPacient=" & Trim(ID)
    Set rs1 = db.OpenRecordset(sqlString)

    GridCoordonate.Clear
    GridCoordonate.Rows = 2

    If rs1.RecordCount > 0 Then
        rs1.MoveFirst

        SetHeaderGridCoordonate 'Seteaza capul de tabel
        i = 1
        While Not rs1.EOF
            GridCoordonate.TextMatrix(i, 0) = rs1.Fields(1).Value
            GridCoordonate.TextMatrix(i, 1) = rs1.Fields(2).Value
            GridCoordonate.TextMatrix(i, 2) = rs1.Fields(3).Value
            GridCoordonate.TextMatrix(i, 3) = rs1.Fields(4).Value

            GridCoordonate.Rows = GridCoordonate.Rows + 1
            rs1.MoveNext
        
```


Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

    i = i + 1
Wend

End If
For i = 1 To 27
If GridCoordonate.TextMatrix(i, 1) = GridCoordonate.TextMatrix(i + 1, 1) Then
GridCoordonate.TextMatrix(i + 1, 1) = GridCoordonate.TextMatrix(i, 1) + 0.1
End If
Next i

For i = 1 To 27
If GridCoordonate.TextMatrix(i, 2) = GridCoordonate.TextMatrix(i + 1, 2) Then
GridCoordonate.TextMatrix(i + 1, 2) = GridCoordonate.TextMatrix(i, 2) + 0.1
End If
Next i

For i = 1 To 27
If GridCoordonate.TextMatrix(i, 3) = GridCoordonate.TextMatrix(i + 1, 3) Then
GridCoordonate.TextMatrix(i + 1, 3) = GridCoordonate.TextMatrix(i, 3) + 0.1
End If
Next i

GridCoordonate.Refresh
rs1.Close

End Sub

Private Sub SetHeaderGridCoordonate()
'seteaza capul de tabel si latimea coloanelor in tabelul Pacienti pe prima pagina
GridCoordonate.Cols = 4
GridCoordonate.FixedCols = 0
GridCoordonate.ColWidth(0) = 1000
GridCoordonate.TextMatrix(0, 0) = "Denumire punct"
GridCoordonate.ColWidth(1) = 2000
GridCoordonate.TextMatrix(0, 1) = "X"
GridCoordonate.ColWidth(2) = 2000
GridCoordonate.TextMatrix(0, 2) = "Y"
GridCoordonate.ColWidth(3) = 2000
GridCoordonate.TextMatrix(0, 3) = "Z"

End Sub

Private Sub SetHeaderGridPacienti()
'seteaza capul de tabel si latimea coloanelor in tabelul coordonate pe pagina a doua
GridPacienti.Cols = 5
GridPacienti.Rows = 2

GridPacienti.ColWidth(0) = 500
GridPacienti.TextMatrix(0, 0) = "ID"
GridPacienti.ColWidth(1) = 3000
GridPacienti.TextMatrix(0, 1) = "Nume pacient"
GridPacienti.ColWidth(2) = 3000
GridPacienti.TextMatrix(0, 2) = "Prenume pacient"
GridPacienti.ColWidth(3) = 3000
GridPacienti.TextMatrix(0, 3) = "Ocupatia"
GridPacienti.ColWidth(4) = 6000
GridPacienti.TextMatrix(0, 4) = "Observatii"

End Sub

Private Sub cmdCalculeaza_Click()
Dim Alfa As Double

If txtID.Text = "" Then
MsgBox ("Nu exista date!")
Exit Sub
End If
If GridCoordonate.Rows = 2 Then 'nu s-au incarcat in tabel coordonatele
MsgBox ("Nu exista informatii despre coloana!!!")

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```
Exit Sub
End If

Screen.MousePointer = 11

TraseazaGrafic1
TraseazaGrafic2
TraseazaGrafic3

CalculFormule
CalculazaProcent

bCalculate = True
SSTab1.Tab = 2

Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub CalculFormule()
On Error Resume Next
'Atribuire coordonate
'Vertebra C7
xc7 = GridCoordonate.TextMatrix(1, 1)
yc7 = GridCoordonate.TextMatrix(1, 2)
zc7 = GridCoordonate.TextMatrix(1, 3)

'Vertebra T1
xt1 = GridCoordonate.TextMatrix(2, 1)
yt1 = GridCoordonate.TextMatrix(2, 2)
zt1 = GridCoordonate.TextMatrix(2, 3)

'Vertebra T2
xt2 = GridCoordonate.TextMatrix(3, 1)
yt2 = GridCoordonate.TextMatrix(3, 2)
zt2 = GridCoordonate.TextMatrix(3, 3)

'Vertebra T3
xt3 = GridCoordonate.TextMatrix(4, 1)
yt3 = GridCoordonate.TextMatrix(4, 2)
zt3 = GridCoordonate.TextMatrix(4, 3)

'Vertebra T4
xt4 = GridCoordonate.TextMatrix(5, 1)
yt4 = GridCoordonate.TextMatrix(5, 2)
zt4 = GridCoordonate.TextMatrix(5, 3)

'Vertebra T5
xt5 = GridCoordonate.TextMatrix(6, 1)
yt5 = GridCoordonate.TextMatrix(6, 2)
zt5 = GridCoordonate.TextMatrix(6, 3)

'Vertebra T6
xt6 = GridCoordonate.TextMatrix(7, 1)
yt6 = GridCoordonate.TextMatrix(7, 2)
zt6 = GridCoordonate.TextMatrix(7, 3)

'Vertebra T7
xt7 = GridCoordonate.TextMatrix(8, 1)
yt7 = GridCoordonate.TextMatrix(8, 2)
zt7 = GridCoordonate.TextMatrix(8, 3)

'Vertebra T8
xt8 = GridCoordonate.TextMatrix(9, 1)
yt8 = GridCoordonate.TextMatrix(9, 2)
zt8 = GridCoordonate.TextMatrix(9, 3)
```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

'Vertebra T9

xt9 = GridCoordonate.TextMatrix(10, 1)
yt9 = GridCoordonate.TextMatrix(10, 2)
zt9 = GridCoordonate.TextMatrix(10, 3)

'Vertebra T10

xt10 = GridCoordonate.TextMatrix(11, 1)
yt10 = GridCoordonate.TextMatrix(11, 2)
zt10 = GridCoordonate.TextMatrix(11, 3)

'Vertebra T11

xt11 = GridCoordonate.TextMatrix(12, 1)
yt11 = GridCoordonate.TextMatrix(12, 2)
zt11 = GridCoordonate.TextMatrix(12, 3)

'Vertebra T12

xt12 = GridCoordonate.TextMatrix(13, 1)
yt12 = GridCoordonate.TextMatrix(13, 2)
zt12 = GridCoordonate.TextMatrix(13, 3)

'Vertebra L1

xl1 = GridCoordonate.TextMatrix(14, 1)
yl1 = GridCoordonate.TextMatrix(14, 2)
zl1 = GridCoordonate.TextMatrix(14, 3)

'Vertebra L2

xl2 = GridCoordonate.TextMatrix(15, 1)
yl2 = GridCoordonate.TextMatrix(15, 2)
zl2 = GridCoordonate.TextMatrix(15, 3)

'Vertebra L3

xl3 = GridCoordonate.TextMatrix(16, 1)
yl3 = GridCoordonate.TextMatrix(16, 2)
zl3 = GridCoordonate.TextMatrix(16, 3)

'Vertebra L4

xl4 = GridCoordonate.TextMatrix(17, 1)
yl4 = GridCoordonate.TextMatrix(17, 2)
zl4 = GridCoordonate.TextMatrix(17, 3)

'Vertebra L5

xl5 = GridCoordonate.TextMatrix(18, 1)
yl5 = GridCoordonate.TextMatrix(18, 2)
zl5 = GridCoordonate.TextMatrix(18, 3)

'Vertebra S1

xs1 = GridCoordonate.TextMatrix(19, 1)
ys1 = GridCoordonate.TextMatrix(19, 2)
zs1 = GridCoordonate.TextMatrix(19, 3)

'Vertebra S2

xs2 = GridCoordonate.TextMatrix(20, 1)
ys2 = GridCoordonate.TextMatrix(20, 2)
zs2 = GridCoordonate.TextMatrix(20, 3)

'Vertebra S3

xs3 = GridCoordonate.TextMatrix(21, 1)
ys3 = GridCoordonate.TextMatrix(21, 2)
zs3 = GridCoordonate.TextMatrix(21, 3)

'Punct masurare pelvic dreapta

xp1 = GridCoordonate.TextMatrix(22, 1)
yp1 = GridCoordonate.TextMatrix(22, 2)
zp1 = GridCoordonate.TextMatrix(22, 3)

'Punct masurare pelvic stanga

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

xp2 = GridCoordonate.TextMatrix(23, 1)
yp2 = GridCoordonate.TextMatrix(23, 2)
zp2 = GridCoordonate.TextMatrix(23, 3)

'Punct masurare omoplat dreapta
xo1 = GridCoordonate.TextMatrix(24, 1)
yo1 = GridCoordonate.TextMatrix(24, 2)
zo1 = GridCoordonate.TextMatrix(24, 3)

'Punct masurare omoplat stanga
xo2 = GridCoordonate.TextMatrix(25, 1)
yo2 = GridCoordonate.TextMatrix(25, 2)
zo2 = GridCoordonate.TextMatrix(25, 3)

'Punct masurare umar dreapta
xu1 = GridCoordonate.TextMatrix(26, 1)
yu1 = GridCoordonate.TextMatrix(26, 2)
zu1 = GridCoordonate.TextMatrix(26, 3)

'Punct masurare umar stanga
xu2 = GridCoordonate.TextMatrix(27, 1)
yu2 = GridCoordonate.TextMatrix(27, 2)
zu2 = GridCoordonate.TextMatrix(27, 3)

'Parametri posturali
'InclinatiaTrunchi
Pi = 4 * Atn(1)
mc7l5 = (yc7 - yl5) / (zc7 - zl5)
InclinatiaTrunchi = Atn(mc7l5)
If InclinatiaTrunchi < 0 Then
txtInclinatiaTrunchi.Text = Round(180 * InclinatiaTrunchi / Pi + 90, 2)
Else
txtInclinatiaTrunchi.Text = Round(90 - 180 * InclinatiaTrunchi / Pi, 2)
End If

'Cifoza toracica
mc7t1 = (yc7 - yt1) / (zc7 - zt1)
mt12l1 = (yt12 - yl1) / (zt12 - zl1)
CifozaToracica = (mt12l1 - mc7t1) / (1 + mc7t1 * mt12l1)
txtCifozaToracica.Text = Round(Abs(180 * Atn(CifozaToracica) / Pi), 2)

'Lordoza lombara
ml1l2 = (yl1 - yl2) / (zl1 - zl2)
ml5s1 = (yl5 - ys1) / (zl5 - zs1)
LordozaLombara = (ml5s1 - ml1l2) / (1 + ml1l2 * ml5s1)
txtLordozaLombara.Text = Round(Abs(180 * Atn(LordozaLombara) / Pi), 2)

'Unghiul sacru
If zs3 <> 0 And ys3 Then
ms1s3 = (ys1 - ys3) / (zs1 - zs3)
UnghiulSacru = Atn(ms1s3)
If UnghiulSacru < 0 Then
txtUnghiulSacru = Round(90 + 180 * UnghiulSacru / Pi, 2)
Else
txtUnghiulSacru = Round(90 - 180 * UnghiulSacru / Pi, 2)
End If
Else
txtUnghiulSacru = ""
End If

'Oblicitate pelvica
If xp1 <> 0 And xp2 <> 0 Then
mp1p2 = (yp1 - yp2) / (xp1 - xp2)
OblicitatePelvica = Atn(mp1p2)
txtOblicitatePelvica = Round(Abs(180 * OblicitatePelvica / Pi), 2)
Else

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

txtOblicitatePelvica = ""
End If

'Oblicitate umar
If xs1 <> 0 And xs2 <> 0 Then
  ms1s2 = (ys1 - ys2) / (xs1 - xs2)
  OblicitateUmar = Atn(ms1s2)
  If OblicitateUmar < 0 Then
    txtOblicitateUmar = Round(Abs(90 + 180 * OblicitateUmar / Pi), 2)
  Else
    txtOblicitateUmar = Round(Abs(90 - 180 * OblicitateUmar / Pi), 2)
  End If
Else
  txtOblicitateUmar = ""
End If

'Distanta scapula dreapta
If xo1 <> 0 And xo2 <> 0 And yo1 <> 0 Then
  yinto1o2 = yo1 + (yo2 - yo1) / (xo2 - xo1) * (xc7 - xo1)
  DistantaScapulaDreapta = Abs(yo1 - yinto1o2)
  txtDistantaScapulaDreapta.Text = Round(DistantaScapulaDreapta, 1)
Else
  txtDistantaScapulaDreapta.Text = ""
End If

'Distanta scapula stanga
If xo1 <> 0 And xo2 <> 0 And yo2 <> 0 Then
  DistantaScapulaStanga = Abs(yo2 - yinto1o2)
  txtDistantaScapulaStanga.Text = Round(DistantaScapulaStanga, 1)
Else
  txtDistantaScapulaStanga.Text = ""
End If

'Rotatia pelvica
If xu2 <> 0 And xu1 <> 0 And xp1 <> 0 And xp2 <> 0 Then
  mu1u2t = (zu2 - zu1) / (xu2 - xu1)
  mp1p2t = (zp1 - zp2) / (xp1 - xp2)
  RotatiaPelvica = (mp1p2t - mu1u2t) / (1 + mp1p2t * mu1u2t)
  txtRotatiaPelvica.Text = Round(Abs(180 / Pi * Atn(RotatiaPelvica)), 2)
Else
  txtRotatiaPelvica.Text = ""
End If

'Deformatie scoliotica
'Deformatie scoliotica dreapta
mc7t1ss = (yc7 - yt1) / (xc7 - xt1)
mt11t12s = (yt11 - yt12) / (xt11 - xt12)
DeformatieScolioticaDreapta = (mt11t12s - mc7t1ss) / (1 + mt11t12s * mc7t1ss)
If DeformatieScolioticaDreapta < 45 Then
  txtDeformatieScolioticaDreapta.Text = Round(Abs(180 / Pi * Atn(DeformatieScolioticaDreapta)), 2)
Else
  txtDeformatieScolioticaDreapta.Text = 90 - Round(Abs(180 / Pi * Atn(DeformatieScolioticaDreapta)), 2)
End If

'Deformatie scoliotica stanga
If xs1 <> 0 And xs3 <> 0 Then
  ms1s3s = (ys1 - ys3) / (xs1 - xs3)
  DeformatieScolioticaStanga = (ms1s3s - mt11t12s) / (1 + ms1s3s * mt11t12s)
  If DeformatieScolioticaStanga < 45 Then
    txtDeformatieScolioticaStanga.Text = Round(Abs(180 / Pi * Atn(DeformatieScolioticaStanga)), 2)
  Else
    txtDeformatieScolioticaStanga.Text = 90 - Round(Abs(180 / Pi * Atn(DeformatieScolioticaStanga)), 2)
  End If
Else
  txtDeformatieScolioticaStanga.Text = ""
End If

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

'Inclinare laterala
ms1c7f = (ys1 - yc7) / (xs1 - xc7)
InclinareLaterala = Atn(ms1c7f)
If InclinareLaterala < 0 Then
    txtInclinareLaterala.Text = Round(90 + 180 / Pi * InclinareLaterala, 2)
Else
    txtInclinareLaterala.Text = Round(90 - 180 / Pi * InclinareLaterala, 2)
End If

'Unghiul Cobb
ml5l4s = (yl5 - yl4) / (xl5 - xl4)
mt1t2s = (yt2 - yt1) / (xt2 - xt1)
UnghiulCobb = Atn((1 / mt1t2s - 1 / ml5l4s) / (1 + 1 / mt1t2s * 1 / ml5l4s))
txtUnghiCobb.Text = Round(Abs(UnghiulCobb * 180 / Pi), 1)

'Lungime totala
c7t1 = Sqr((xc7 - xt1) ^ 2 + (yc7 - yt1) ^ 2 + (zc7 - zt1) ^ 2)
t1t2 = Sqr((xt1 - xt2) ^ 2 + (yt1 - yt2) ^ 2 + (zt1 - zt2) ^ 2)
t2t3 = Sqr((xt2 - xt3) ^ 2 + (yt2 - yt3) ^ 2 + (zt2 - zt3) ^ 2)
t3t4 = Sqr((xt4 - xt3) ^ 2 + (yt4 - yt3) ^ 2 + (zt4 - zt3) ^ 2)
t4t5 = Sqr((xt4 - xt5) ^ 2 + (yt4 - yt5) ^ 2 + (zt4 - zt5) ^ 2)
t5t6 = Sqr((xt5 - xt6) ^ 2 + (yt5 - yt6) ^ 2 + (zt5 - zt6) ^ 2)
t6t7 = Sqr((xt6 - xt7) ^ 2 + (yt6 - yt7) ^ 2 + (zt6 - zt7) ^ 2)
t7t8 = Sqr((xt7 - xt8) ^ 2 + (yt7 - yt8) ^ 2 + (zt7 - zt8) ^ 2)
t8t9 = Sqr((xt8 - xt9) ^ 2 + (yt8 - yt9) ^ 2 + (zt8 - zt9) ^ 2)
t9t10 = Sqr((xt9 - xt10) ^ 2 + (yt9 - yt10) ^ 2 + (zt9 - zt10) ^ 2)
t10t11 = Sqr((xt10 - xt11) ^ 2 + (yt10 - yt11) ^ 2 + (zt10 - zt11) ^ 2)
t11t12 = Sqr((xt11 - xt12) ^ 2 + (yt11 - yt12) ^ 2 + (zt11 - zt12) ^ 2)
t12l1 = Sqr((xt12 - xl1) ^ 2 + (yt12 - yl1) ^ 2 + (zt12 - zl1) ^ 2)
l1l2 = Sqr((xl1 - xl2) ^ 2 + (yl1 - yl2) ^ 2 + (zl1 - zl2) ^ 2)
l2l3 = Sqr((xl2 - xl3) ^ 2 + (yl2 - yl3) ^ 2 + (zl2 - zl3) ^ 2)
l3l4 = Sqr((xl3 - xl4) ^ 2 + (yl3 - yl4) ^ 2 + (zl3 - zl4) ^ 2)
l4l5 = Sqr((xl4 - xl5) ^ 2 + (yl4 - yl5) ^ 2 + (zl4 - zl5) ^ 2)
l5s1 = Sqr((xl5 - xs1) ^ 2 + (yl5 - ys1) ^ 2 + (zl5 - zs1) ^ 2)
s1s2 = Sqr((xs1 - xs2) ^ 2 + (ys1 - ys2) ^ 2 + (zs1 - zs2) ^ 2)
s2s3 = Sqr((xs2 - xs3) ^ 2 + (ys2 - ys3) ^ 2 + (zs2 - zs3) ^ 2)

LungimeToracica = t1t2 + t2t3 + t3t4 + t4t5 + t5t6 + t6t7 + t7t8 + t8t9 + t9t10 + t10t11 + t11t12
txtLungimeToracica.Text = Round(LungimeToracica, 0)

LungimeLombara = t12l1 + l1l2 + l2l3 + l3l4 + l4l5
txtLungimeLombara = Round(LungimeLombara, 0)

If xs2 <> 0 And xs3 <> 0 Then
    LungimeTotala = c7t1 + LungimeToracica + LungimeLombara + l5s1 + s1s2 + s2s3
    txtLungimeTotala.Text = Round(LungimeTotala, 0)
Else
    txtLungimeTotala.Text = ""
End If

End Sub
Private Sub CalculeazaProcent()
Const maxCT = 70
Const maxLL = 50
Const maxTI = 25
Const maxUS = 50
Const maxLI = 25
Const maxSD = 50
Pi = 4 * Atn(1)

'cifoza toracica
CT = Val(txtCifozaToracica.Text)
prCT = CT * 100 / maxCT
pos = (Shape3.Width * prCT) / 100 + Shape3.Left
Line3.X1 = pos

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

Line3.X2 = pos
Line3.Y1 = Shape3.Top
Line3.Y2 = Line3.Y1 + Shape3.Height

'lordoza lombara
LL = Val(txtLordozaLombara.Text)
prLL = LL * 100 / maxLL
pos = (Shape5.Width * LL) / 100 + Shape5.Left
Line4.X1 = pos
Line4.X2 = pos
Line4.Y1 = Shape5.Top
Line4.Y2 = Line4.Y1 + Shape5.Height

'inclinatia totala trunchi
ITT = InclinatiaTrunchi * 180 / Pi
prITT = ITT * 100 / maxTI
pos = Shape1.Width / 2 + (Shape1.Width * prITT) / 100 + Shape1.Left
Line2.X1 = pos
Line2.X2 = pos
Line2.Y1 = Shape1.Top
Line2.Y2 = Line2.Y1 + Shape1.Height

'unghiul sacru
If txtUnghiulSacru.Text <> "" Then
    US = Val(txtUnghiulSacru.Text)
    prUS = US * 100 / maxUS
    pos = (Shape7.Width * prUS) / 100 + Shape7.Left
    Line5.X1 = pos
    Line5.X2 = pos
    Line5.Y1 = Shape7.Top
    Line5.Y2 = Line5.Y1 + Shape7.Height
End If

'inclinatia laterala
IL = InclinareLaterala * 180 / Pi
prIL = IL * 100 / maxLI
pos = (Shape11.Width / 2 + Shape11.Width * prIL / 100) + Shape11.Left
Line1.X1 = pos
Line1.X2 = pos
Line1.Y1 = Shape11.Top
Line1.Y2 = Line1.Y1 + Shape11.Height

'deformatia scoliotica
DSS = Val(txtDeformatieScolioticaStanga.Text)
DSD = Val(txtDeformatieScolioticaDreapta.Text)
prDSS = DSS * 100 / maxSD
prDSD = DSD * 100 / maxSD
pos = (Shape10.Width - Shape10.Width * prDSD / 100) + Shape10.Left
Line6.X1 = pos
Line6.X2 = pos
Line6.Y1 = Shape10.Top
Line6.Y2 = Line6.Y1 + Shape10.Height
pos = (Shape9.Width * prDSS / 100) + Shape9.Left
Line7.X1 = pos
Line7.X2 = pos
Line7.Y1 = Shape9.Top
Line7.Y2 = Line7.Y1 + Shape9.Height

End Sub

Private Sub TraseazaGrafic1()
Dim oXL As Object
Dim oBook As Object
Dim oSheet As Object
Dim chartXY As Object

```


Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

Dim iRow As Integer
Dim iCol As Integer
Dim hExcel As Long

Const cNumRows = 27

ReDim atemp(1 To cNumRows, 1 To 3)

Set oXL = CreateObject("Excel.application")
On Error GoTo ErrorHandler

Set oBook = oXL.Workbooks.Add
Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)

For iRow = 1 To cNumRows
    For iCol = 1 To 3
        atemp(iRow, iCol) = Val(GridCoordonate.TextMatrix(iRow, iCol))
    Next iCol
Next iRow

oSheet.Range("A1").Resize(cNumRows, 3).Value = atemp

'X in functie de Y Plan frontal
oSheet.Range("A1:B27").Select 'ramine

oBook.Charts.Add
oBook.ActiveChart.ChartType = xlXYScatter
oBook.ActiveChart.SetSourceData Source:=oSheet.Range("A1:B27"), PlotBy:=xlColumns
oBook.ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Sheet1"
With oBook.ActiveChart
    .HasAxis(xlCategory, xlPrimary) = True
    .HasAxis(xlValue, xlPrimary) = True
End With
oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).CategoryType = xlAutomatic
With oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory)
    .HasMajorGridlines = False
    .HasMinorGridlines = False
End With
With oBook.ActiveChart.Axes(xlValue)
    .HasMajorGridlines = False
    .HasMinorGridlines = False
End With
oBook.ActiveChart.HasLegend = False
oBook.ActiveChart.PlotArea.Select
With oXL.Selection.Border
    .Weight = xlThin
    .LineStyle = xlNone
End With
With oXL.Selection.Interior
    .ColorIndex = 2
    .PatternColorIndex = 1
    .Pattern = xlSolid
End With
oBook.ActiveChart.Axes(xlValue).Select
With oXL.Selection.Border
    .ColorIndex = 16
    .Weight = xlMedium
    .LineStyle = xlContinuous
End With
With oXL.Selection
    .MajorTickMark = xlOutside
    .MinorTickMark = xlNone
    .TickLabelPosition = xlNextToAxis
End With
With oBook.ActiveChart.Axes(xlValue)
    .MinimumScaleIsAuto = True

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```
.MaximumScaleAuto = True
.MinorUnitIsAuto = True
.MajorUnitIsAuto = True
.Crosses = xlAutomatic
.ReversePlotOrder = False
.ScaleType = xlLinear
.DisplayUnit = xlNone
End With
oXL.Selection.TickLabels.AutoScaleFont = True
With oXL.Selection.TickLabels.Font
.Name = "Arial Black"
.FontStyle = "Regular"
.Size = 10
.Strikethrough = False
.Superscript = False
.Subscript = False
.OutlineFont = False
.Shadow = False
.Underline = xlUnderlineStyleNone
.ColorIndex = 48
.Background = xlAutomatic
End With
oBook.ActiveChart.PlotArea.Select
oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
With oXL.Selection.Border
.ColorIndex = 16
.Weight = xlMedium
.LineStyle = xlContinuous
End With
With oXL.Selection
.MajorTickMark = xlOutside
.MinorTickMark = xlNone
.TickLabelPosition = xlNextToAxis
End With
oXL.Selection.TickLabels.AutoScaleFont = True
With oXL.Selection.TickLabels.Font
.Name = "Arial Black"
.FontStyle = "Regular"
.Size = 10
.Strikethrough = False
.Superscript = False
.Subscript = False
.OutlineFont = False
.Shadow = False
.Underline = xlUnderlineStyleNone
.ColorIndex = 48
.Background = xlAutomatic
End With
oBook.ActiveChart.SeriesCollection(1).Select
With oXL.Selection.Border
.Weight = xlHairline
.LineStyle = xlNone
End With
With oXL.Selection
.MarkerBackgroundColorIndex = xlAutomatic
.MarkerForegroundColorIndex = xlAutomatic
.MarkerStyle = xlCircle
.Smooth = False
.MarkerSize = 7
.Shadow = False
End With
oBook.ActiveChart.ChartArea.Select
With oXL.Selection.Border
.Weight = 1
.LineStyle = 0
End With
```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

If atemp(20, 1) = 0 Then
    oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
    With oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory)
        .MinimumScale = -100
        .MaximumScale = 100
        .MinorUnitIsAuto = True
        .MajorUnitIsAuto = True
        .Crosses = xlAutomatic
        .ReversePlotOrder = False
        .ScaleType = xlLinear
        .DisplayUnit = xlNone
    End With
End If

oBook.ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Sheet1"
oBook.ActiveChart.Export FileName:=App.Path & "\Grafic1.gif", FilterName:="GIF"
Picture0.Picture = LoadPicture(App.Path & "\Grafic1.gif", vbLPCustom)
Picture1.PaintPicture Picture0.Picture, 0, 0, 4800, 4800
Picture0.Cls

If FileExists(App.Path & "\Grafic1.gif") Then
    Kill App.Path & "\Grafic1.gif"
End If

GoTo CleanExit

ErrorHandler:
    MsgBox Err.Number & ": " & Err.Description
CleanExit:
    oBook.Close savechanges:=False
    oXL.Quit
    Set oXL = Nothing
End Sub

Private Sub TraseazaGrafic2()
    Dim oXL As Object
    Dim oBook As Object
    Dim oSheet As Object
    Dim chartXY As Object

    Dim iRow As Integer
    Dim iCol As Integer

    Const cNumRows = 27

    ReDim atemp(1 To cNumRows, 1 To 2)

    Set oXL = CreateObject("Excel.application")
    On Error GoTo ErrorHandler

    Set oBook = oXL.Workbooks.Add
    Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)

    For iRow = 1 To cNumRows
        For iCol = 1 To 2
            If iCol = 1 Then
                atemp(iRow, iCol) = (-1) * Val(GridCoordonate.TextMatrix(iRow, iCol + 2))
            Else
                atemp(iRow, iCol) = Val(GridCoordonate.TextMatrix(iRow, iCol))
            End If
        Next iCol
    Next iRow

    oSheet.Range("A1").Resize(cNumRows, 2).Value = atemp
    'Y in functie de Z Plan sagital

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvasive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

oSheet.Range("A1:B27").Select 'ramine

oBook.Charts.Add
oBook.ActiveChart.ChartType = xlXYScatter
oBook.ActiveChart.SetSourceData Source:=oSheet.Range("A1:B27"), PlotBy:=xlColumns
oBook.ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Sheet1"
With oBook.ActiveChart
    .HasAxis(xlCategory, xlPrimary) = True
    .HasAxis(xlValue, xlPrimary) = True
End With
oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).CategoryType = xlAutomatic
With oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory)
    .HasMajorGridlines = False
    .HasMinorGridlines = False
End With
With oBook.ActiveChart.Axes(xlValue)
    .HasMajorGridlines = False
    .HasMinorGridlines = False
End With
oBook.ActiveChart.HasLegend = False
oBook.ActiveChart.PlotArea.Select
With oXL.Selection.Border
    .Weight = xlThin
    .LineStyle = xlNone
End With
With oXL.Selection.Interior
    .ColorIndex = 2
    .PatternColorIndex = 1
    .Pattern = xlSolid
End With
oBook.ActiveChart.Axes(xlValue).Select
With oXL.Selection.Border
    .ColorIndex = 16
    .Weight = xlMedium
    .LineStyle = xlContinuous
End With
With oXL.Selection
    .MajorTickMark = xlOutside
    .MinorTickMark = xlNone
    .TickLabelPosition = xlNextToAxis
End With
With oBook.ActiveChart.Axes(xlValue)
    .MinimumScaleIsAuto = True
    .MaximumScaleIsAuto = True
    .MinorUnitIsAuto = True
    .MajorUnitIsAuto = True
    .Crosses = xlAutomatic
    .ReversePlotOrder = False
    .ScaleType = xlLinear
    .DisplayUnit = xlNone
End With
oXL.Selection.TickLabels.AutoScaleFont = True
With oXL.Selection.TickLabels.Font
    .Name = "Arial Black"
    .FontStyle = "Regular"
    .Size = 10
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = 48
    .Background = xlAutomatic
End With
oBook.ActiveChart.PlotArea.Select

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
With oXL.Selection.Border
    .ColorIndex = 16
    .Weight = xlMedium
    .LineStyle = xlContinuous
End With
With oXL.Selection
    .MajorTickMark = xlOutside
    .MinorTickMark = xlNone
    .TickLabelPosition = xlNextToAxis
End With
oXL.Selection.TickLabels.AutoScaleFont = True
With oXL.Selection.TickLabels.Font
    .Name = "Arial Black"
    .FontStyle = "Regular"
    .Size = 10
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = 48
    .Background = xlAutomatic
End With
oBook.ActiveChart.SeriesCollection(1).Select
With oXL.Selection.Border
    .Weight = xlHairline
    .LineStyle = xlNone
End With
With oXL.Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = xlAutomatic
    .MarkerForegroundColorIndex = xlAutomatic
    .MarkerStyle = xlCircle
    .Smooth = False
    .MarkerSize = 7
    .Shadow = False
End With
oBook.ActiveChart.ChartArea.Select
With oXL.Selection.Border
    .Weight = 1
    .LineStyle = 0
End With

'scalarea graficului pentru axa ox
oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
With oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory)
    .MinimumScale = -200 '400
    .MaximumScale = 200 '400
    .MinorUnitIsAuto = True
    .MajorUnitIsAuto = True
    .Crosses = xlAutomatic
    .ReversePlotOrder = False
    .ScaleType = xlLinear
    .DisplayUnit = xlNone
End With

oBook.ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Sheet1"
oBook.ActiveChart.Export FileName:=App.Path & "\Grafic3.gif", FilterName:="GIF"
Picture0.Picture = LoadPicture(App.Path & "\Grafic3.gif", vbLPCustom)
Picture3.PaintPicture Picture0.Picture, 0, 0, 4800, 4800
Picture0.Cls

If FileExists(App.Path & "\Grafic3.gif") Then
    Kill App.Path & "\Grafic3.gif"
End If

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

GoTo CleanExit

ErrorHandler:
    MsgBox Err.Number & ": " & Err.Description
CleanExit:
    oBook.Close savechanges:=False
    oXL.Quit
    Set oXL = Nothing
End Sub

Private Sub TraseazaGrafic3()
Dim oXL As Object
Dim oBook As Object
Dim oSheet As Object
Dim chartXY As Object

Dim iRow As Integer
Dim iCol As Integer

    Const cNumRows = 27

    ReDim atemp(1 To cNumRows, 1 To 2)

    Set oXL = CreateObject("Excel.application")
    On Error GoTo ErrorHandler

    Set oBook = oXL.Workbooks.Add
    Set oSheet = oBook.Worksheets.Item(1)

    For iRow = 1 To cNumRows
        For iCol = 1 To 2
            If iCol = 1 Then
                atemp(iRow, iCol) = Val(GridCoordonate.TextMatrix(iRow, iCol))
            Else
                atemp(iRow, iCol) = Val(GridCoordonate.TextMatrix(iRow, iCol + 1))
            End If
        Next iCol
    Next iRow

    oSheet.Range("A1").Resize(cNumRows, 2).Value = atemp

'X in functie de Z Plan transversal
oSheet.Range("A1:B27").Select
oBook.Charts.Add
oBook.ActiveChart.ChartType = xlXYScatter
oBook.ActiveChart.SetSourceData Source:=oSheet.Range("A1:B27"), PlotBy:=xlColumns
oBook.ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Sheet1"
With oBook.ActiveChart
    .HasAxis(xlCategory, xlPrimary) = True
    .HasAxis(xlValue, xlPrimary) = True
End With
oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).CategoryType = xlAutomatic
With oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory)
    .HasMajorGridlines = False
    .HasMinorGridlines = False
End With
With oBook.ActiveChart.Axes(xlValue)
    .HasMajorGridlines = False
    .HasMinorGridlines = False
End With
oBook.ActiveChart.HasLegend = False
oBook.ActiveChart.PlotArea.Select
With oXL.Selection.Border
    .Weight = xlThin
    .LineStyle = xlNone

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

End With
With oXL.Selection.Interior
    .ColorIndex = 2
    .PatternColorIndex = 1
    .Pattern = xlSolid
End With
oBook.ActiveChart.Axes(xlValue).Select
With oXL.Selection.Border
    .ColorIndex = 16
    .Weight = xlMedium
    .LineStyle = xlContinuous
End With
With oXL.Selection
    .MajorTickMark = xlOutside
    .MinorTickMark = xlNone
    .TickLabelPosition = xlNextToAxis
End With
With oBook.ActiveChart.Axes(xlValue)
    .MinimumScaleIsAuto = True
    .MaximumScaleIsAuto = True
    .MinorUnitIsAuto = True
    .MajorUnitIsAuto = True
    .Crosses = xlAutomatic
    .ReversePlotOrder = False
    .ScaleType = xlLinear
    .DisplayUnit = xlNone
End With
oXL.Selection.TickLabels.AutoScaleFont = True
With oXL.Selection.TickLabels.Font
    .Name = "Arial Black"
    .FontStyle = "Regular"
    .Size = 10
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = 48
    .Background = xlAutomatic
End With
oBook.ActiveChart.PlotArea.Select
oBook.ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
With oXL.Selection.Border
    .ColorIndex = 16
    .Weight = xlMedium
    .LineStyle = xlContinuous
End With
With oXL.Selection
    .MajorTickMark = xlOutside
    .MinorTickMark = xlNone
    .TickLabelPosition = xlNextToAxis
End With
oXL.Selection.TickLabels.AutoScaleFont = True
With oXL.Selection.TickLabels.Font
    .Name = "Arial Black"
    .FontStyle = "Regular"
    .Size = 10
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = 48
    .Background = xlAutomatic

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

End With
oBook.ActiveChart.SeriesCollection(1).Select
With oXL.Selection.Border
    .Weight = xlHairline
    .LineStyle = xlNone
End With
With oXL.Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = xlAutomatic
    .MarkerForegroundColorIndex = xlAutomatic
    .MarkerStyle = xlCircle
    .Smooth = False
    .MarkerSize = 7
    .Shadow = False
End With
oBook.ActiveChart.ChartArea.Select
With oXL.Selection.Border
    .Weight = 1
    .LineStyle = 0
End With
If atemp(20, 1) = 0 Then
    oBook.ActiveChart.Axes(xlValue).Select
    With oBook.ActiveChart.Axes(xlValue)
        .MinimumScale = -120
        .MaximumScale = 20
        .MinorUnitIsAuto = True
        .MajorUnitIsAuto = True
        .Crosses = xlAutomatic
        .ReversePlotOrder = False
        .ScaleType = xlLinear
        .DisplayUnit = xlNone
    End With
End If
oBook.ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Sheet1"
oBook.ActiveChart.Export FileName:=App.Path & "\Grafic2.gif", FilterName:="GIF"
Picture0.Picture = LoadPicture(App.Path & "\Grafic2.gif", vbLPCustom)
Picture2.PaintPicture Picture0.Picture, 0, 0, 4800, 4800
Picture0.Cls

'sterg fisierele gif
If FileExists(App.Path & "\Grafic3.gif") Then
    Kill App.Path & "\Grafic3.gif"
End If

GoTo CleanExit

ErrorHandler:
    MsgBox Err.Number & ": " & Err.Description
CleanExit:
    oBook.Close savechanges:=False
    oXL.Quit
    Set oXL = Nothing
End Sub

Public Function FileExists(OrigFile As String)
'returneaza True daca fisierul exista
Dim fs
Set fs = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
FileExists = fs.FileExists(OrigFile)
End Function

Private Sub cmdLanguage_Click()
    If cmdLanguage.Caption = "Romanian" Then
        LoadStrings langRomana
        cmdLanguage.Picture = LoadPicture(App.Path & "\Icon\united_kingdom.gif")
    Else

```


Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

LoadStrings langEnglish
cmdLanguage.Picture = LoadPicture(App.Path & "\Icon\romania.gif")
End If
End Sub

Private Sub cmdNume_Click()
    CautaPacient
End Sub

Private Sub CautaPacient()
    'cautare pacienti dupa nume, populeaza gridul de pe prima pagina
Dim sqlString As String
Dim result As DAO.Recordset
Dim i As Integer

GridPacienti.Clear 'golesc tabela

sqlString = "SELECT * FROM Pacienti WHERE NumePacient=" & Trim(txtNume.Text) & ""
Set result = db.OpenRecordset(sqlString)

If result.RecordCount > 0 Then
    result.MoveFirst

    SetHeaderGridPacienti 'setez capul de tabel
    i = 1
    While Not result.EOF
        GridPacienti.TextMatrix(i, 0) = result.Fields(0).Value
        GridPacienti.TextMatrix(i, 1) = result.Fields(1).Value
        If result.Fields(2).Value <> "" Then
            GridPacienti.TextMatrix(i, 2) = result.Fields(2).Value
        End If
        If result.Fields(3).Value <> "" Then
            GridPacienti.TextMatrix(i, 3) = result.Fields(3).Value
        End If
        If result.Fields(4).Value <> "" Then
            GridPacienti.TextMatrix(i, 4) = result.Fields(4).Value
        End If
        GridPacienti.Rows = GridPacienti.Rows + 1
        result.MoveNext

        i = i + 1
    Wend

    'seteaza textboxurile cu valorile primei linii din tabel
    txtID.Text = GridPacienti.TextMatrix(1, 0)
    txtNume.Text = GridPacienti.TextMatrix(1, 1)
    txtPrenume.Text = GridPacienti.TextMatrix(1, 2)
    txtOcupatia.Text = GridPacienti.TextMatrix(1, 3)
    txtObs.Text = GridPacienti.TextMatrix(1, 4)
Else
    MsgBox ("Nu exista pacientul in baza de date!")
    txtNume.SetFocus
End If
End Sub

Private Sub cmdPrint_Click()

If Not GetDefaultPrinter() Then
    MsgBox ("Nu exista imprimanta instalata!")
    Exit Sub
End If

If txtID.Text = "" Then
    MsgBox ("Introduceti un pacient!!!")
    Exit Sub
End If

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

'Tipareste la imprimanta
With Printer

```
.FontName = "MS Sans Serif"
.FontSize = 10
.FontBold = True
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 500
```

```
Printer.Print "Raport Inspeck. Pacient: " & txtNume.Text & " " & txtPrenume
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 800
Printer.Print "Data investigarii: " & Date
```

```
Printer.PaintPicture Picture1.Image, 2000, 1050
Printer.PaintPicture Picture3.Image, 7000, 1050
.FontSize = 8
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 6000
Printer.Print "Plan Frontal"
.FontBold = False
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 6200
Printer.Print "Inclinatia trunchi = " & txtInclinatiaTrunchi.Text
.CurrentX = 1000
```

```
.CurrentY = 6400
Printer.Print "Cifoza toracica = " & txtCifozaToracica.Text
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 6600
Printer.Print "Lordoza lombara = " & txtLordozaLombara.Text
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 6800
Printer.Print "Ungiul sacru = " & txtUngiulSacru.Text
```

```
'printeaza primul grup de shape-uri
Picture5.Visible = False
Picture5.Width = PictureShapes1.Width
Picture5.Height = PictureShapes1.Height
Picture5.AutoRedraw = True
PictureShapes1.AutoRedraw = False
PictureShapes1.ScaleMode = 3 'pixel
BitBlt Picture5.hDC, 0, 0, PictureShapes1.ScaleWidth, PictureShapes1.ScaleHeight, PictureShapes1.hDC,
0, 0, vbSrcCopy
Printer.PaintPicture Picture5.Image, 1000, 7000
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 8700
Printer.Print "Oblicitate pelvica = " & txtOblicitatePelvica.Text
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 8900
Printer.Print "Oblicitate umar= " & txtOblicitateUmar.Text
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 9100
Printer.Print "Distanta scapula dreapta = " & txtDistantaScapulaDreapta.Text
```

```
.CurrentX = 1000
.CurrentY = 9300
Printer.Print "Distanta scapula stanga = " & txtDistantaScapulaStanga.Text
```

```
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 6000
.FontBold = True
```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

Printer.Print "Plan Sagital"

.FontBold = False
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 6200
Printer.Print "Deformatie scoliotica dreapta = " & txtDeformatieScolioticaDreapta.Text
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 6400
Printer.Print "Deformatie scoliotica stanga = " & txtDeformatieScolioticaStanga.Text
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 6600
Printer.Print "Inclinare laterala = " & txtInclinareLaterala.Text

'printeaza al doilea grup de shape-uri
Picture5.Cls
Picture5.Visible = False
Picture5.Width = PictureShapes2.Width
Picture5.Height = PictureShapes2.Height
Picture5.AutoRedraw = True
PictureShapes2.AutoRedraw = False
PictureShapes2.ScaleMode = 3 'pixel
BitBlt Picture5.hDC, 0, 0, PictureShapes2.ScaleWidth, PictureShapes2.ScaleHeight, PictureShapes2.hDC,
0, 0, vbSrcCopy
Printer.PaintPicture Picture5.Image, 6000, 6800

.CurrentX = 6000
.CurrentY = 8000
Printer.Print "Unghiul Cobb = " & txtUnghiCobb.Text
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 8200
Printer.Print "Lungime totala=" & txtLungimeTotala
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 8400
Printer.Print "Lungime toracica= " & txtLungimeToracica
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 8600
Printer.Print "Lungime lombara=" & txtLungimeLombara
.CurrentX = 6000
.CurrentY = 8800
Printer.Print "Rotatia pelvica = " & txtRotatiaPelvica.Text

Printer.PaintPicture Picture2.Image, 3000, 9500
.CurrentX = 4800
.CurrentY = 14000
.FontBold = True
Printer.Print "Plan Transversal"
.FontBold = False

.CurrentX = 1000
.CurrentY = 14200
Printer.Print " " & txtObs.Text

.EndDoc

End With

End Sub

Private Sub cmdRomanian_Click()
    LoadStrings langRomana
End Sub

Private Sub cmdSave_Click()
'salveaza informatia din prima pagina in baza de date
'afiseaza ID-ul generat automat

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

```

If txtNume.Text = "" Then
    MsgBox ("Campul <Nume pacient> este gol!")
    txtNume.SetFocus
    Exit Sub
End If

rs.AddNew
rs!NumePacient = txtNume.Text
rs!PrenumePacient = txtPrenume.Text
rs!Ocupatia = txtOcupatia.Text
rs!Observatii = txtObs.Text
rs.Update
rs.MoveLast
txtID.Text = rs!ID

    CautaPacient
End Sub

Private Sub Form_Load()

    LoadStrings langRomana
    cmdLanguage.Caption = "Engleza"
    cmdLanguage.Picture = LoadPicture(App.Path & "\icon\united_kingdom.gif")

    Set db = OpenDatabase(App.Path & "\BazaDeDate.mdb")
    Set rs = db.OpenRecordset("Pacienti", dbOpenTable)

    StatusBar.Panels.Item(1).Text = "INBIRE" 'de modificat
    StatusBar.Panels.Item(2).Style = sbrDate
    StatusBar.Panels.Item(3).Style = sbrTime

    SSTab1.Tab = 0
    cmdCalculeaza.Enabled = False
    cmdPrint.Enabled = False
    cmdSave.Enabled = True
    btnImport.Enabled = True
    cmdLanguage.Enabled = True
    btnCancel.Enabled = True
    btnExit.Enabled = True

    txtID.Enabled = False
    bCalculate = False

End Sub

Private Sub GridPacienti_Click()
    If GridPacienti.Rows > 2 Then
        txtID.Text = GridPacienti.TextMatrix(GridPacienti.row, 0)
        txtNume.Text = GridPacienti.TextMatrix(GridPacienti.row, 1)
        txtPrenume.Text = GridPacienti.TextMatrix(GridPacienti.row, 2)
        txtOcupatia.Text = GridPacienti.TextMatrix(GridPacienti.row, 3)
        txtObs.Text = GridPacienti.TextMatrix(GridPacienti.row, 4)
    End If
End Sub

Private Sub GridPacienti_DbClick()
'selecteaza id-ul pacientului in funcție de linia selectata din tabelul pacienti de pe prima pagina
'seteaza pagina a doua ca fiind activa
    FillGridCoordonate (GridPacienti.TextMatrix(GridPacienti.row, 0))
    SSTab1.Tab = 1
End Sub

Private Sub SSTab1_Click(PreviousTab As Integer)
    If PreviousTab = 0 Then
        FillGridCoordonate (Val(txtID.Text))
    End If
End Sub

```

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

End If

If (txtID.Text <> "") And (GridCoordonate.Rows > 2) Then

 Select Case SSTab1.Tab

 Case 0

 cmdSave.Enabled = True
 btnImport.Enabled = True
 cmdCalculeaza.Enabled = False
 cmdPrint.Enabled = False
 cmdLanguage.Enabled = True
 btnCancel.Enabled = True
 btnExit.Enabled = True

 Case 1

 cmdSave.Enabled = False
 btnImport.Enabled = False
 If bCalculate = True Then
 cmdCalculeaza.Enabled = False
 Else
 cmdCalculeaza.Enabled = True
 End If
 cmdPrint.Enabled = False
 cmdLanguage.Enabled = True
 btnCancel.Enabled = True
 btnExit.Enabled = True

 Case 2

 cmdCalculeaza.Enabled = False
 If bCalculate = True Then
 cmdPrint.Enabled = True
 Else
 cmdPrint.Enabled = False
 End If
 cmdSave.Enabled = False
 btnImport.Enabled = False
 cmdLanguage.Enabled = True
 btnCancel.Enabled = True
 btnExit.Enabled = True

 End Select

Else

 cmdSave.Enabled = True
 btnImport.Enabled = True
 cmdCalculeaza.Enabled = False
 cmdPrint.Enabled = False
 cmdLanguage.Enabled = True
 btnCancel.Enabled = True
 btnExit.Enabled = True

End If

End Sub

BIBLIOGRAFIE

- [A1] Academy C.G. *Modelling Fundamentals 3dsMax I, II, 2008*
- [B1] Benameur S. *Reconstruction 3d biplanaire non supervisée de la colonne vertébrale et de la cage thoracique scoliotiques par modèles statistiques*, Doctorate Thesis École de Technologie Supérieure, Montréal, (2004)
- [B2] Birchall, D., Br. J. Radiol et al, *Analysis of Intravertebral Axial Rotation in Idiopathic Scoliosis Using 3D MRI* The Burden of Musculoskeletal Diseases in United States, (1998),
- [B3] Bratu, P. *Elastic system vibrations*, Technical Publishing House, Bucharest, 2000.
- [B4] Bratu, P. *Dynamics for equipment with elastic shafts*, Galati, 2002
- [B5] Bratu, P. *Machinery dynamics*, UTCB, Bucharest, 1987.
- [C1] Costin H. *Electronică Medicală* Editura Cantes Publ. House, Iasi (2000)
- [C2] Costin H., Georgescu G., Zegan G. *Medical Informatics. Theory and applications* Cantes Publ. House, Iasi (1998)
- [C3] Costin H. *Prelucrarea și analiza imaginilor. Aplicații în imagistică biomedicală*, Editura Tehnică-Info Chișinău (2003)

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

-
- | | | |
|------|---|---|
| [C4] | Chernukha, K., et al | <i>Lumbar Lordosis Measurement. A New Method Versus Cobb Technique, Spine, (1998), 23(1),</i> |
| [D1] | Douglas P. Breglia | <i>Generation of a -3d parametric solid model of the human spine using antropomorphic parameters, Doctorate thesis , (june 2006) Faculty of Engeneering and Tehnology Ohio University</i> |
| [D2] | Dean A. Entrekin | <i>On the Geometric Characterization of the Lenke Classification Scheme for Idiopathic Scoliosis Thesis Faculty of the Virginia Polytechnic Institute (2004)</i> |
| [D3] | Dumache C., Nicoară I. | <i>Utilizarea transformatelor Fourier la determinarea caracteristicii statice a traductorului optic de poziție utilizat în măsurarea mărimilor reglate. A XXIX-a sesiune de comunicări cu participare internațională, Academia Tehnică Militară, București 2001</i> |
| [D4] | Dreucean M. , Sticlaru C. | <i>CAD-CAE Models Library for Pre-Surgery Planning In „Product Engineering-Tools and Methods Based on Virtual Reality”, Springer Netherlands 2008</i> |
| [F1] | Friedrichs, A., Kletzin, U., | <i>Entwicklung intelligenter mobiler Systeme zurLangzeiterfassung von Körperdaten, 47. Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universität Ilmenau, September 2002</i> |
| [G1] | Gruescu, C.,Nicoara, I. | <i>Aparate optice. Analiza și sinteza sistemelor optice lenticulare.Ed. Politehnica Timișoara. (2004)</i> |
| [G2] | Gruescu C. Nicoară I. Pommersheim A. | <i>Aparate Optice Editura Orizonturi Universitare 2001 ISBN 973-8109-64-7</i> |
| [G3] | Gruescu C. Dumache C Nicoară I.Ionescu C. | <i>Quality Level Preservation For Optical Apparatuses</i> |

-
- Gugoasă Garaiman A.** *Manufactured In Small Series*
Scientific Bulletin of the
Politehnica University of
Timisoara, Transactions on
Management, Engineering
Economy. Transportation
Engineering, vol.52(66),
no.2/2007
- [G4] Gruescu C., Nicoară I.
Costache M., Ionescu C. *Metode Ray Tracing în optică
imaging și non-imaging* Editura
Politehnica Timișoara 2008
ISBN 978-973-625-542-7
- [G5] **Garaiman A.**, Nicoară I.,
Gruescu C., Amarandei M. *Labview application to get
reliability parameters for weibull
distributions* Buletinul Științific
al Universității "Politehnica" din
Timișoara România Tom 52
(66) 2010 Fascicola 1
- [G6] Gruescu C., Bodea R.,
Garaiman A., Costache
M., Lovasz E. *Relative rotation angle between
spinal vertebrae using complex
shape Markers* ANNALS of the
ORADEA
UNIVERSITY. Fascicle of
Management and Technological
Engineering, Volume VII (XVII),
2008
- [G7] Ghionea I.G. *3D Studio Max 4 Multimedia și
modelare asistată* București
2002
- [G8] Gillich G.R. *Dinamica mașinilor. Modelarea
sistemelor tehnice*, Editura
AGIR, București, 2004
- [G9] Gillich G.R. *Geometrie descriptivă și desen
tehnic*, Ed. AGIR, București,
2006
- [H1] Hedden D. M. *Comparison of three
noninvasive methods for
measuring scoliosis, Physical
Therapy*, (1992), on [L16] Lam,
G. C., et al, Vertebral rotation
measurement: a summary and
comparison of common
radiographic and CT methods,
Scoliosis (2008)
- [J1] Jianzhi L. *A two-dimensional human spine
simulation and threedimensional
spine model construction* Thesis

University of Florida (2001)

- [L1] Lovasz, E., Mateaş, M., Vilmoş, F. *Geometric Determination of the Human Spine in 3D*, Inter-Ing Conference 2003, Tg.-Mureş, Romania, 2003
- [L2] Lovasz, E., Mateaş, M., Micea M. *Determination of the Human Spine Geometry with CCD-cameras*. Simposioul Humboldt, Timișoara, 2005
- [M1] Munoz A. T. *Atlas of anatomy* Parramon's Editorial Team, Barron's Educational Series, INC. (1997)
- [M2] Mayer, T., et al *Use of Noninvasive Techniques for Quantification of Spinal Range-of-Motion in Normal Subjects and Chronic Low-Back Dysfunction Patients*, Spine (1984), vol. 9(6)
- [M3] Milenkovic, S., Kocijancic, R., Belojevic, G. *Left Handedness and Spine Deformities in Early Adolescence*, European Journal of Epidemiology, Volume [R4] The Burden of Musculoskeletal Diseases in United States, on [B5] Birchall, D., et al, (1998), Analysis of Intravertebral Axial Rotation in Idiopathic Scoliosis Using 3D MRI, Left Handedness and Spine Deformities in Early Adolescence, European Journal of Epidemiology
- [M4] Microsoft Press *Visual Basic 6.0, Ghidul programatorului*, Editura Teora, București, 1998
- [M5] Mateas M., Vacarescu V., Lovasz E., Nemes A., Mircea M. *About a new method for the 3D determination of the human spine geometry*
- [M6] Mateaş M., Davidescu A., Sticlaru C. *Consideration about Intelligent Braces Displacement Measurement* Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LIV (LVIII), Fasciculele 3 și 4
- [N1] Nemeş D. A., Gogulescu A. *Kinesiologie funcțională* editura medicală București Timișoara (2006)

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

- [N2] Nicoară I., Varga S., Pommersheim A., *Calculul și construcția aparatelor optice. Îndrumător de proiectare.* Lito IPT 1984
- [N3] Nicoară, I. *Calculul și construcția aparatelor optice. Vol.I* Litografia Universității "Politehnica" Timișoara, 1987
- [N4] Nicoară, I. *Calculul și construcția aparatelor optice. Vol.II* Litografia Universității "Politehnica" Timișoara, 1988
- [N5] Nicoară, I., Crețu, E., Tomiuc, L. *Considerații privind influența fondului în determinarea calității imaginilor prin sisteme optoelectronice* Analele Univ. Oradea Fasc. Mecanica, 1993
- [N6] Nicoară, I., Gruescu, C. Ațițoaiei, V., Duma, V. *Aparate optice. Vol.I* Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2000 ISBN 973-9400-95-7 973-9400-96-5 (Vol.I)
- [O1] Oxborrow, N. J. *Assessing the Child with Scoliosis: the Role of Surface Topography*, Arch Dis Child, (2000), 83:453-455 (Nov.)
- [P1] Papilian V. *Anatomia omului vol 1*, editura didactică și pedagogică București (1979)
- [P2] Policec A. , Gligor T.D., Ciocloada G. *Electronică Medicală* Editura Dacia (1983)
- [R1] Rustem P. *Electronică medicală*, Editura MATRIX ROM Bucuresti (2006)
- [R2] Rusu L., Morcovescu V., Dreucean M., Drăgulescu D., Stanciu A., Demian C. *Femur Modeling and Analysis for Surgical Implantation* Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara, Seria Automatică și Calculatoare, Vol. 49(63) 2004
- [S1] Simu C. *Electronică medicală - Vol. I*, Centrul de multiplicare UPT, Timișoara (2002).
- [S2] Stoia D. I., Dreucean, M. *Protocol for Gait Analysis Based on Laboratory Investigations* Proceedings of 2nd International Conference „Computational

- [S3] Stoia D.I, Tașcău M.T., Rusu L. *Mechanics and Virtual Engineering” COMEC 2007, 11-13 October 2007 Brașov, Biomechanical Behavior of a Cervical Fixation Screw, Third International Conference on Biomaterials and Medical Devices (BiomMedD'2008), Bucharest, Romania, November 13-16th, 2008*
- [T1] Tașcău M. T., Stoia D. I., Dreucean, M. *Gait Analysis using Zebris Measurement System Fiziologia-Physiology, Official Journal of the Romanian Society of Physiological Sciences ISSN 1223-2076 Nr. 3(55) Vol. 17, 2007*
- [T2] Tașcău M.T.,Stoia D.I. *Harmonic versus evasive movements in cervical spine mobility, Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, Volume VIII(XVIII), 2009*
- [T3] Tașcău M.T.,Stoia D.I. *Cervical Spine Mobility Using 3D Ultrasound-Based Measuring System, International Conference on Advancements of Medicine and Health Care through Technology, IFMBE, 2009*
- [V1] Vizireanu D.N. *“Prelucrarea primară a imaginilor digitale”, Editura Academiei Tehnice Militare, București, (2001),*
- [V2] Vizireanu D.N. *“Recunoașterea formelor – Elemente fundamentale”, Editura Academiei Tehnice Militare, București, (2002),*
- [V3] Vanneuville G., et al *A model of the human lumbar vertebral column: a preliminary study, Surg Radiol Anat (1995) 17 : 53-57, doi:10.1007/BF01629500*
- [V4] Văcărescu V., Lovasz E., Văcărescu .,Margineanu D. *The method for the evaluation of spinal column posture Annals of DAAAM & Proceedings,*

Contribuții privind implementarea unor tehnici noninvazive avansate de investigație
a deformațiilor de coloană vertebrală

- Annual, 2008
- [V5] Văcărescu I, Văcărescu V, Lovasz E, Mateaș M. *Aparate biomedicale*, Orizonturi Universitare Timișoara, 2001
- [V6] Văcărescu I, Văcărescu V, Lovasz E., Mateaș M. *Aparatură biomedicală (terapie intensivă, explorări funcționale, instrumentar stomatologic)*, Orizonturi Universitare Timișoara, 2001
- [V7] Volintiru C. *Bazele Teoriei Masurii și Calculului Integral* Editura Universitară București 2000
- [X1] Xhardez Y. Et collaborateurs *Vade-Mecum de Kinesithérapie et de Rééducation fonctionnelle*, 6e édition Editions Maloine, Paris, France Depot legal: Prodim Editeur, Bruxelles, Belgique (juin 2009)
- [Z1] Zsidai, A., Kocsis, L. *Ultrasound-based spinal column examination systems. Facta Universitatis Budapest, Series Physical Education and Sport, vol. 1, nr.8S, (2001)*
- [Z2] Zaharia C., Dumitrescu D., Teculescu D. *Scolioza clinica, terapie și recuperare*, editura medicală București (1980)
- [***] ***
- [***] www.shockfamily.net/skeleton/SPINE.HTML
- [***] <http://faculty.lonestar.edu/rchute/ap1chap/axial.ppt>
- [***] <http://www.freelearn.110mb.com/baseArtecles/3dsmax.html>
- [***] www.scribd.com/.../Kinesiologie-functionala
- [***] http://www.lefo.ro/aelbiologie.lefo.ro/biologie/CS/dinamica_scheletului_uman/sel_coloana.htm
- [***] ro.wikipedia.org/wiki/Coloană_verttebrală
- [***] www.slideworld.org/.../The-Axial-Skeleton---part-2-The-Vertebral-Column-ppt-37807

- [***] wings.buffalo.edu/.../Orthopaedic%20Biomechanics/Lecture%2012.ppt

- [***] www.sfu.ca/~leyland/.../Spinal%20Biomechanics%20Short.pdf

- [***] <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online/>

- [***] <http://www.wrongdiagnosis.com/s/scoliosis/stats.htm>

- [***] http://www.boneandjointburden.org/pdfs/BMUS_chpt3_spinal%20deformity.pdf

- [***] <http://www.inspeck.com>

- [***] *The Burden of Musculoskeletal Diseases in United States,*
on
http://www.boneandjointburden.org/pdfs/BMUS_chpt3_spinal%20deformity.pdf

- [***] <http://www.zebris.de>

- [***] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gray_111_Vertebral_column-coloured.png