

UNIVERSITATEA DE MEDICINA CAROL DAVILA BUCURESTI

TEZĂ DE DOCTORAT

**INSTRUMENTA IA SEGMENTAR  
TEMPORAR ÎN SCOLIOZA IDIOPATIC  
A ADOLESCENTULUI**

***REZUMAT***

**Conducător Științific:**

**Prof. Dr. Dinu Antonescu**

**Doctorand:**

**Dr. Traian Ursu**

**București**

**2007**

## CUVANT INAINTE

Ideea acestei lucrari mi-a venit in cursul lungilor ore de operatie cand incercam sa obtin o corectie cat mai echilibrata si mai mare la o scolioza idiopatica a adolescentului, dar cu ce pret pentru pacient, o coloana cu o curbura insesizabila de multe ori, cu imbunatatirea functiilor cardio-respiratorii, dar, o coloana rigida, fixata permanent. Atunci a venit acesta idee de a putea face ceva mai mult pentru acesti pacienti, ceva mai fiziologic, obtinerea unei corectii a curburii, oprirea evolutiei bolii fara a interveni cu o manevra chirurgicala majora, cu un implant masiv, stiut fiind faptul ca in oricare din cele doua manevre enumerate se obtine o redoare, o limitare severa a mobilitatii coloanei.

Experimentul efectuat a vrut sa demonstreze ca fie si cu un implant minim, care ar putea fi introdus toracoscopic la om, se pot obtine curburi scoliotice similare cu cele din scolioza idiopatica a adolescentului. De aici pana la implementarea clinica a interventiei la om un mic pas, dar foarte important.

La inceputul acestei lucrari doresc sa amintesc o parte din persoanele fara de care aceasta teza nu ar fi existat. In primul rand vreau sa aduc cele mai calde multumiri Dl. Prof.Dr. Dinu Antonescu fara de care probabil, sigur, nu as fi apucat pe acest drum anevoios al chirurgiei spinale. Multumiri si pentru dirijarea si urmarirea acestei lucrari ca indumator de proiect. In al doilea rand, aduc un omagiu postum, Prof. Dr. Richard Porter de la care am invatat rigurozitatea adevaratei cercetari stiintifice si care a fost omul care a reusit sa aprinda in mine curiozitatea cercetarii ca arma a progresului. Un alt omagiu si sincere multumiri pentru munca depusa cu mine aduc lui Mr. Michael Edgar cel care a reusit sa ma invete ca un adevarat maestru marea majoritate a interventiilor chirurgiei spinale moderne. Sincere multumiri tin sa aduc si celui mai mare chirurg ortoped de coloana anterioara la ora actuala Dr. Peter Metz-Stavenhagen alaturi de care pot spune ca am deprins majoritatea abordurilor anterioare ale coloanei vertebrale, descrise si efectuate cu rigurozitatea nemteasca invatata in cei 18 ani cat a fost mana dreapta a Dr.Zielke. In sfarsit, dar nu cel din urma pe care il voi mentiona, aduc calde multumiri Dr. Horia Elefterescu de la Institutul de Medicina Vetrinara Bucuresti fara de care nu ar fi existat aceasta lucrare.

Si in sfarsit aduc multumiri familiei mele pentru intelegrea de care au dat dovada in lungii ani de efectuare a adestei lucrari.

Mai 2007, Bucuresti

Traian Ursu

## **Descrierea ipotezei, materialului si metoda folosita**

Ipoteza luata pentru aceasta lucrare este: putem obtine o instrumentatie segmentara care in timpul evolutiei curburi unei scolioze idiopatice a adolescentului sa poata corecta curbura si apoi sa fie indepartata? Am ales aceasta etiologie ca fiind cea mai frecventa si deasemenea cea mai previzibila ca evolutie a curburi scoliotice. Evolutia curburilor scoliotice de acest tip se poate prezice dupa evaluarea periodica a pacientului adolescent. Astfel se poate interveni in momentul de crestere rapida asupra evolutiei curburi printr-o astfel de instrumentatie. Deasemenea acesti factori dupa cercari recente se pare ca sunt influentati de dezvoltarea intra si extrauterina a coloanei vertebrale. De aceea in prima parte a studiului efectuat in mare parte la Universitatea din Cambridge si din Aberdeen am incercat descrierea cat mai exacta a evolutiei intra si extrauterine a coloanei vertebrale normale.

Dupa care am incercat experimental producerea unei scolioze intr-o perioada de crestere rapida a unui mamifer dupa care ajunsi in zona de curbura satisfacatoare dar si potential de crestere suficient, prin eliminarea implantului sa observam daca se mai produce corectia de la sine a curburi scoliotice, deci practic am incercat demonstrarea reversului pe un experiment animal.

Etapele desfasurarii proiectului:

1. descrierea evolutiei coloanei vertebrale la om si la caine (mamiferul ales de experiment);
2. descrierea biomecanicii coloanei vertebrale normale si scoliotice la om;
3. descrierea implantelor folosite pana azi la nivelul coloanei vertebrale si consideratiuni asupra biomecanicii implantului;
4. alegerea animalului de experiment si descrierea perioadei optime de implantare;
5. obtinerea de radiografii standardizate de fata si de profil a zonei de interes;
6. interventia chirurgicala de implantare la animalul de experiment;
7. radiografierea postoperatorie standardizata si urmarirea evolutiei postoperatorii a animalului de experiment;
8. constatarea radiologica la 3 luni de la interventie a producerii scoliozei, prin aceleasi incidente;
9. extragerea materialului implantat si urmarirea pentru inca 3 luni a animalului de experiment;
10. obtinerea de radiografii standardizate finale de fata si de profil a zonei operate;

11. introducerea datelor obținute în sisteme tabelare pentru urmărirea statistică a rezultatelor;

12. concluzii și comentarii.

Alegerea animalului de experiment a fost făcută cu ajutorul și sprijinul nemijlocit al Dl. Dr. Horia Elefterescu de la Institutul de Medicină Veterinară București. În sprijinul acestei alegeri a venit faptul că există studii precedente de biomecanică comparativă între coloana umană și cea canină, studiul pe primat este foarte costisitor, iar cel pe porc ca și animal de experiment destul de des citat în studiul coloanei vertebrale este destul de greu de abordat chirurgical anterior abdominal prin intervenții repetate iar imunitatea acestuia se pare că este mai precară decât a câinelui.

Un număr de 16 câini rasa comună au fost aleși, de vârstă aproximativă de 12 săptămâni. Câinii au fost preluați cu avizul și sub controlul Serviciului de Ecarisaj București. Marcarea s-a făcut de la 1 la 16 sub supravegherea acestui serviciu.

Vârsta de 12 săptămâni a fost stabilită ca fiind perioada optimă după care începe creșterea rapidă a coloanei vertebrale ce se continuă până la 36 de săptămâni respectiv 9 luni.

Prima etapă efectivă de cercetare a fost obținerea de radiografii standardizate a zonei de intervenție chirurgicală. Zona aleasă, considerată asemănătoare cu toracala inferioară la om, a fost lombara superioară la câine respectiv L3-L4. Radiografiile obținute au fost scanate digital și introduse într-un sistem de măsurat unghiul dintre platourile vertebrale, echivalent unghiului Cobb dar măsurat după metoda programului folosit.

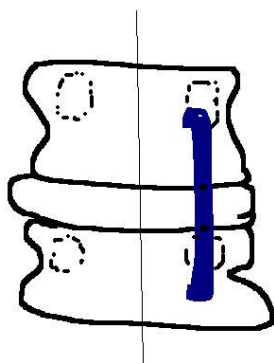


Figura 1: Aspect schematic al două vertebre cu scoabă asimetrică implantată – vedere din anterior

Intervențiile chirurgicale s-au desfășurat toate la Institutul de Medicină Veterinară București, de către Dr. H. Elefterescu ajutat de subsemnatul. Animalul de experiment a fost sub anestezie generală pe toată durata intervenției. S-a folosit un abord anterior clasic transperitoneal, evidențiindu-se astfel vertebrele lombare. S-a introdus apoi scoabă de oțel între cei doi corpi vertebrali paramedian (vezi fig. 1). Plaga a fost închisă apoi în planuri succesive. Intervențiile s-au desfășurat

în perioada 28.02.2005 – 11.03.2005, într-un număr de 2 intervenții pe zi pentru a comprima cât mai mult perioada operatorie în scopul obținerii unor rezultate cât mai precise raportate la vârstă. Datorită rezistenței deosebite a acestor animale la infecții nici una din plăgi nu a

supurat și nu s-au înregistrat decese în timpul intervențiilor chirurgicale și până la sfârșitul perioadei de studiu când întregul lot a fost returnat fără implantate Serviciului de Ecarisaj.

După intervenție cu animalul încă sub anestezie s-au mai efectuat un rând de radiografii pe zona operată pentru evidențierea poziționării implantelor.

După un interval de 3 luni (12 săptămâni) s-au efectuat radiografii standardizate pe aceeași zonă, pe care s-au măsurat unghiurile de deviere.

Au urmat intervențiile chirurgicale de extragere a implanturilor în perioada 30.05.2005 – 10.06.2005. Cainii au fost urmăriti din nou o perioadă de 3 luni (12 săptămâni), iar la sfârșitul lunii August 2005 am efectuat încă un set de radiografii de față și de profil pentru a observa corectia obținută prin creștere, după care întregul număr de câini a fost pus în libertate. Pe întreaga perioadă de studiu animalele nu au prezentat infecții abdominale sau de alt fel, starea de nutriție a fost menținută constant favorabilă cu alimentație granulară de același tip pe toată perioada studiului. După cum am mai spus nu s-a înregistrat nici un deces în rândul animalelor de experiment.

Radiografiile au fost efectuate la Institutul de Medicină Veterinară din București, Departamentul de Radiologie, pe filme 30cm x 40cm. Numărul de expuneri (128 filme) se afla în tabelul de mai jos.

| Momentul expunerii                    | Incidența de față | Incidența de profil |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------|
| Înainte de intervenție                | 16                | 16                  |
| Imediat după intervenție              | 16                | 16                  |
| La 3 luni de la intervenție           | 16                | 16                  |
| La 3 luni de la scoaterea implantelor | 16                | 16                  |

Tabelul 1 : numărul expunerilor efectuate

Radiografiile au fost apoi transferate pe suport electronic prin digitalizare cu ajutorul unui scanner profesional de A3 UMAX.

În vederea obținerii de rezultate cât mai precise următoarele măsurători ale unghiului Cobb au fost efectuate:

- obținerea coeficientului de eroare prin măsurarea pe calculator a aceleiași radiografii de 20 de ori;
- măsurarea de față și de profil a radiografiilor efectuate preoperator;
- evaluarea radiografiilor post-operatorii imediat fără măsurarea unghiurilor;

- evaluarea radiografiilor la 3 luni de la operație și măsurarea unghiurilor obținute;
- evaluarea radiografiilor la 3 luni de la extragerea implantelor și măsurarea unghiurilor obținute.

Programul de analiză computerizată a imaginii a fost DicomWorks v1.3.5., varianta cea mai nouă, de fapt ultima dată modificată în 2002. Programul este un “freeware” ce poate fi obținut de pe site-ul: <http://dicom.online.fr/> . Programul prezintă numeroase facilități de evaluare a distanțelor, unghiurilor, suprafețelor etc. după o prealabilă calibrare foarte precisă. Calcularea unghiurilor se face după o metodă foarte ingenioasă specifică acestui program, respectiv orice linie care se trasează manual între două puncte este automat înregistrată de program iar unghiul ce apare automat calculat este față de axa verticală a imaginii. Practic atunci când avem de calculat unghiul între două platforme vertebrale putem trasa linia unui platformă programul afișând automat unghiul față de axa verticală, iar apoi trasăm încă o linie pe unul din platformele pe care vrem să le măsurăm și bineînțeles programul generează un al doilea unghi față de axa verticală. În final, practic prin diferența dintre cele două unghiuri obținem valoarea unghiului Cobb. Un alt mare avantaj al programului este și acela că imaginile se pot evalua în orice poziție, el calculând totdeauna unghiul față de axa verticală.

După efectuarea calibrării luminozității și a contrastului pentru fiecare radiografie în parte se efectuează măsurarea unghiurilor de interes, marcând astfel platforma vertebrală superioară al vertebrei cefalice luate în calcul și platforma inferioară al celei mai caudale vertebre luate în calcul.

Unghiurile astfel obținute au fost introduse într-o bază de date tabelară pentru a ușura compararea rezultatelor.

## REZULTATE OBTINUTE

Rezultatele obtinute in fiecare etapa de studiu au fost introduse intr-un sistem tabelar de tip **Excel** (Microsoft® Office Excel 2003 (11.5207.5207)), calculele, graficele si analiza statistica au fost efectuate folosind programele **SigmaPlot** 2002 (for Windows Version 8.02 – Copyright® 1986-2001 SPSS Inc.) si **SigmaStat** (for Windows Version 3.5 Build 3.5.0.54 Copyright® 2006 Systat Software Inc.). Unghiurile masurate asa cum am mai aratat au fost masurate dupa metoda lui Cobb la doua vertebre succesive, pe radiografii standard de incidenta antero+posteroara si profil .

### *Calculul erorii de masuratoare pe radiografie*

Calculul erorii de masuratoare s-a efectuat cu ajutorul programului **DicomWorks** introducand aceasi radiografie intai de fata si apoi de profil de 20 de ori si repetand de la inceput masuratorile. Datele obtinute se afla in tabelul de mai jos.

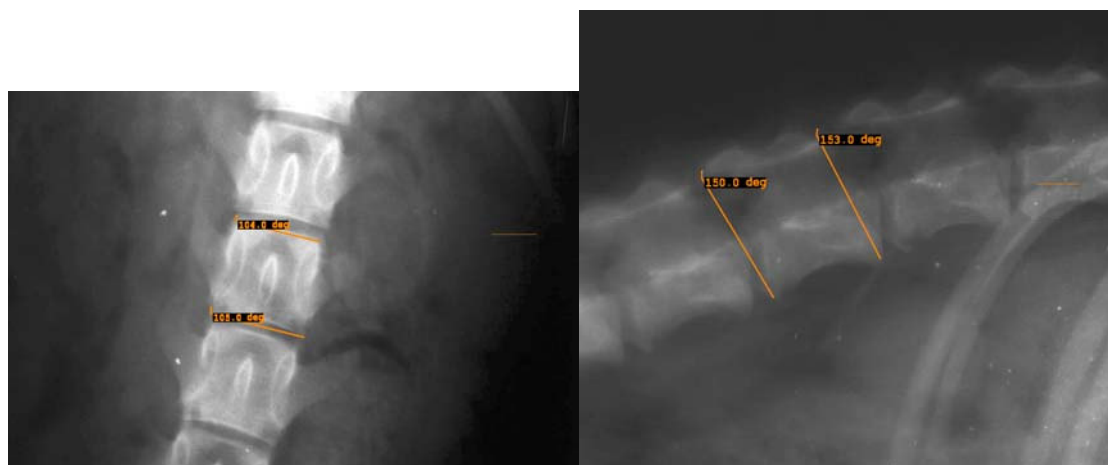


Figura nr. 2 : Masuratorile de calibrare pe fata si pe profil ce au fost repetate de 20 de ori

| Nr. Caz | Nr. Mas. | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi calculat fata | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi calculat profil |
|---------|----------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-----------------------|
| 8       | 1        | 104.0    | 105.0    | 1.0                 | 153.0    | 150.0    | 3.0                   |
| 8       | 2        | 103.8    | 104.0    | 0.2                 | 154.3    | 150.6    | 3.7                   |
| 8       | 3        | 102.5    | 103.4    | 0.9                 | 152.8    | 149.6    | 3.2                   |
| 8       | 4        | 104.8    | 105.2    | 0.4                 | 154.5    | 151.4    | 3.1                   |
| 8       | 5        | 103.0    | 103.8    | 0.8                 | 153.2    | 151.8    | 1.4                   |

|   |    |       |       |     |       |       |     |
|---|----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|
| 8 | 6  | 103.7 | 104.5 | 0.8 | 154.3 | 150.8 | 3.5 |
| 8 | 7  | 104.5 | 105.6 | 1.1 | 152.3 | 150.2 | 2.1 |
| 8 | 8  | 104.2 | 105.1 | 0.9 | 153.2 | 151.1 | 2.1 |
| 8 | 9  | 102.9 | 103.5 | 0.6 | 153.7 | 150.2 | 3.5 |
| 8 | 10 | 104.8 | 105.5 | 0.7 | 154.2 | 150.5 | 3.7 |
| 8 | 11 | 104.6 | 105.1 | 0.5 | 153.1 | 150.8 | 2.3 |
| 8 | 12 | 102.3 | 103.5 | 1.2 | 153.7 | 149.4 | 4.3 |
| 8 | 13 | 103.7 | 104.7 | 1.0 | 153.5 | 150.2 | 3.3 |
| 8 | 14 | 103.0 | 104.5 | 1.5 | 152.7 | 150.1 | 2.6 |
| 8 | 15 | 104.2 | 105.9 | 1.7 | 152.8 | 150.6 | 2.2 |
| 8 | 16 | 104.8 | 106.1 | 1.3 | 154.2 | 150.2 | 4.0 |
| 8 | 17 | 104.3 | 105.3 | 1.0 | 153.3 | 149.4 | 3.9 |
| 8 | 18 | 103.4 | 104.6 | 1.2 | 153.8 | 149.6 | 4.2 |
| 8 | 19 | 103.2 | 103.9 | 0.7 | 153.6 | 151.2 | 2.4 |
| 8 | 20 | 103.9 | 104.5 | 0.6 | 152.1 | 149.7 | 2.4 |

Tabel Nr. 2 : Masuratorile efectuate pe radiografiile de fata si de profil

Masuratorile efectuate in tabelul de mai sus sunt in grade sexagesimale diferenta reprezentand masurarea unui unghi Cobb intre doua vertebre succesive. Valorile marcate cu rosu sunt valorile Cobb intre cele doua vertebre.

Din punct de vedere statistic analizand erorile de masuratoare am obtinut urmatoarele rezultate:

Unghiul Cobb pentru masuratorile anteroposterioare:

#### Descriptive Statistics:

**Data source:** Calculul erorii in Teza statistica.SNB

| Column              | Size | Missing | Mean  | Std Dev | Std. Error | C.I. of Mean |
|---------------------|------|---------|-------|---------|------------|--------------|
| Unghi calculat fata | 20   | 0       | 0.905 | 0.369   | 0.0825     | 0.173        |

| Column              | Range | Max   | Min   | Median | 25%   | 75%   |
|---------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Unghi calculat fata | 1.500 | 1.700 | 0.200 | 0.900  | 0.650 | 1.150 |

| Column | Skewness | Kurtosis | K-S Dist. | K-S Prob. | Sum Sum of Squares |
|--------|----------|----------|-----------|-----------|--------------------|
|--------|----------|----------|-----------|-----------|--------------------|



|                     |       |        |        |       |        |        |
|---------------------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Unghi calculat fata | 0.249 | 0.0622 | 0.0985 | 0.779 | 18.100 | 18.970 |
|---------------------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|

Unghiul Cobb pentru masuratorile laterale:

### Descriptive Statistics:

**Data source:** Calculul erorii in Teza statistica.SNB

| Column                | Size | Missing | Mean  | Std Dev | Std. Error | C.I. of Mean |
|-----------------------|------|---------|-------|---------|------------|--------------|
| Unghi calculat profil | 20   | 0       | 3.045 | 0.818   | 0.183      | 0.383        |

| Column                | Range | Max   | Min   | Median | 25%   | 75%   |
|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Unghi calculat profil | 2.900 | 4.300 | 1.400 | 3.150  | 2.350 | 3.700 |

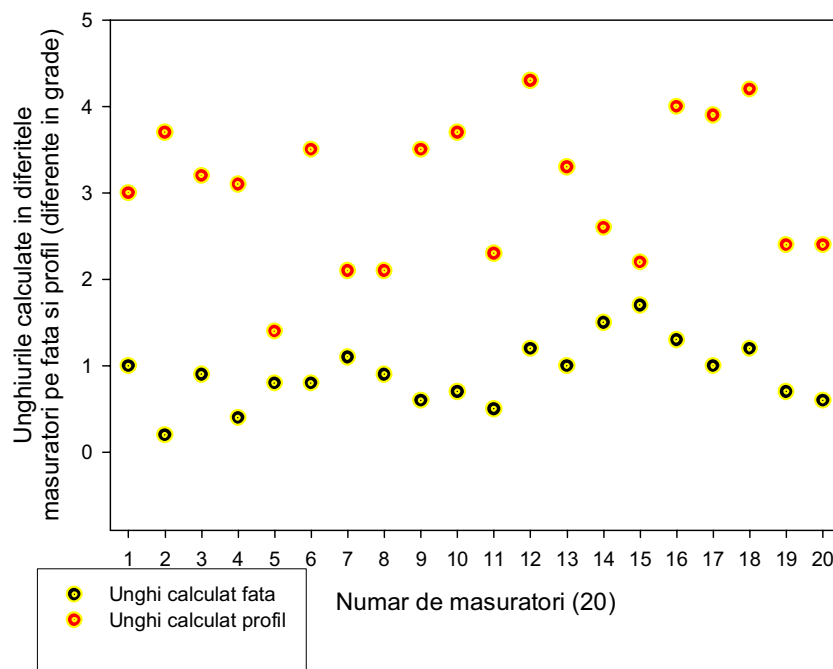
| Column                | Skewness | Kurtosis | K-S Dist. | K-S Prob. | Sum Sum of Squares |
|-----------------------|----------|----------|-----------|-----------|--------------------|
| Unghi calculat profil | -0.213   | -0.923   | 0.135     | 0.416     | 60.900198.150      |

In rezultatele de mai sus se pot observa urmatoarele:

- numarul de masuratori efectuate (**Size**) au fost de 20;
- media valorilor a fost (**Mean**) de 0,905<sup>0</sup> pentru radiografiile de fata unghi Cobb la specimenul numarul 8 ceea ce arata inclinarea dintre doua platouri succesive la animalul normal inainte de interventie si de 3,045<sup>0</sup> pe radiografiile de profil intre doua platouri succesive ceea ce indica preexistenta unei curburi in acest plan respectiv de cifoza lombara;
- **Std Dev** – deviatia standard a masuratorilor efectuate reprezinta functia ce calculeaza imprastierea variabilelor masurate fata de valoarea medie. In cazul masuratorilor pe fata se observa o valoare de 0,369 deviatie standard in cazul a 20 de masuratori ceea ce reprezinta o dispersie buna a rezultatelor respectiv o precizie destul de buna a masuratorilor efectuate, iar pentru masuratorile pe profil 0,818 ceea ce indica o dispersie mai mare si deci o precizie mai mica a masuratorilor efectuate pe aceasta incidenta.
- **Std Error** – eroarea standard este dependenta de deviatia standard si reprezinta eroarea media a metodei fata de media calculata a esantionului. Si aici se poate observa ca si in cazul radiografiilor de fata aceasta este de 0,0825 mult mai mica fata de cea a radiografiilor de profil unde este de 0,183.

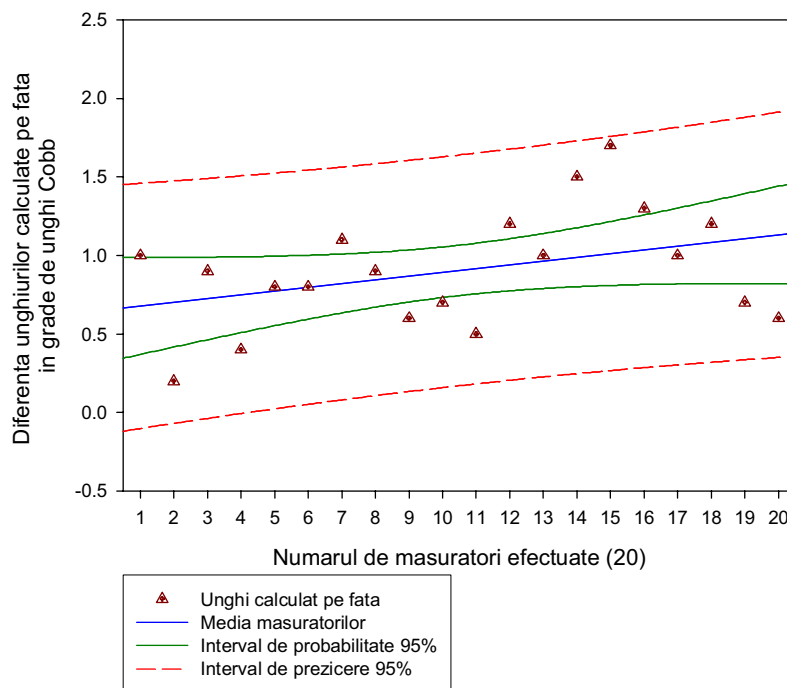
- **C I of the Mean** – intervalul de confidență a mediei reprezintă valoarea în care populația adevărată va cădea față de numărul maxim de măsurători, și valorile obținute de 0,173 pe radiografiile de față și de 0,383 pe profil indică o necesitate de a efectua repetitiv radiografiile pe profil care sunt cuprinse ca valoare într-un număr mai mic după acest tip de măsurătoare.
- **Median** – valoarea mediană a unghiului măsurat ce arată un unghi de  $0,900^0$  pentru două platouri succesive pe față și  $3,150^0$  pe profil. Se observă o mică variație față de medie deoarece această valoare statistică nu ia în considerare valorile extreme.
- **Skewness** – este o măsură a distribuției simetrice a grupului de măsurat în jurul valorii medii, o distribuție normală (simetrică) are “Skewness” egal cu 0. În măsurătorile noastre valoarea este de 0,249 la măsurătorile pe față și de -0,213 pentru măsurătorile pe profil ceea ce indică un grup nu foarte uniform cu o distribuție “normală” – simetrică.
- **Kurtosis** – măsura cât de ascuțită sau plată este distribuția variabilelor măsurate comparativ cu distribuția normală, o distribuție normală are o “Kurtosis” de 0. măsurătorile efectuate de noi arată valori de 0,0622 pentru radiografiile de față și -0,923 pentru cele de profil, ceea ce arată o distribuție relativ uniformă a valorilor.
- **K-S Distance** – distanța Kolmogorov-Smirnov reprezintă maximul distanței cumulative între histograma datelor măsurate și distribuția gaussiană a datelor din curba noastră. Aceste distanțe sunt de 0,0985 pentru față și de 0,135 pentru profil ceea ce arată distribuție apropiată de cea gaussiană a datelor noastre.

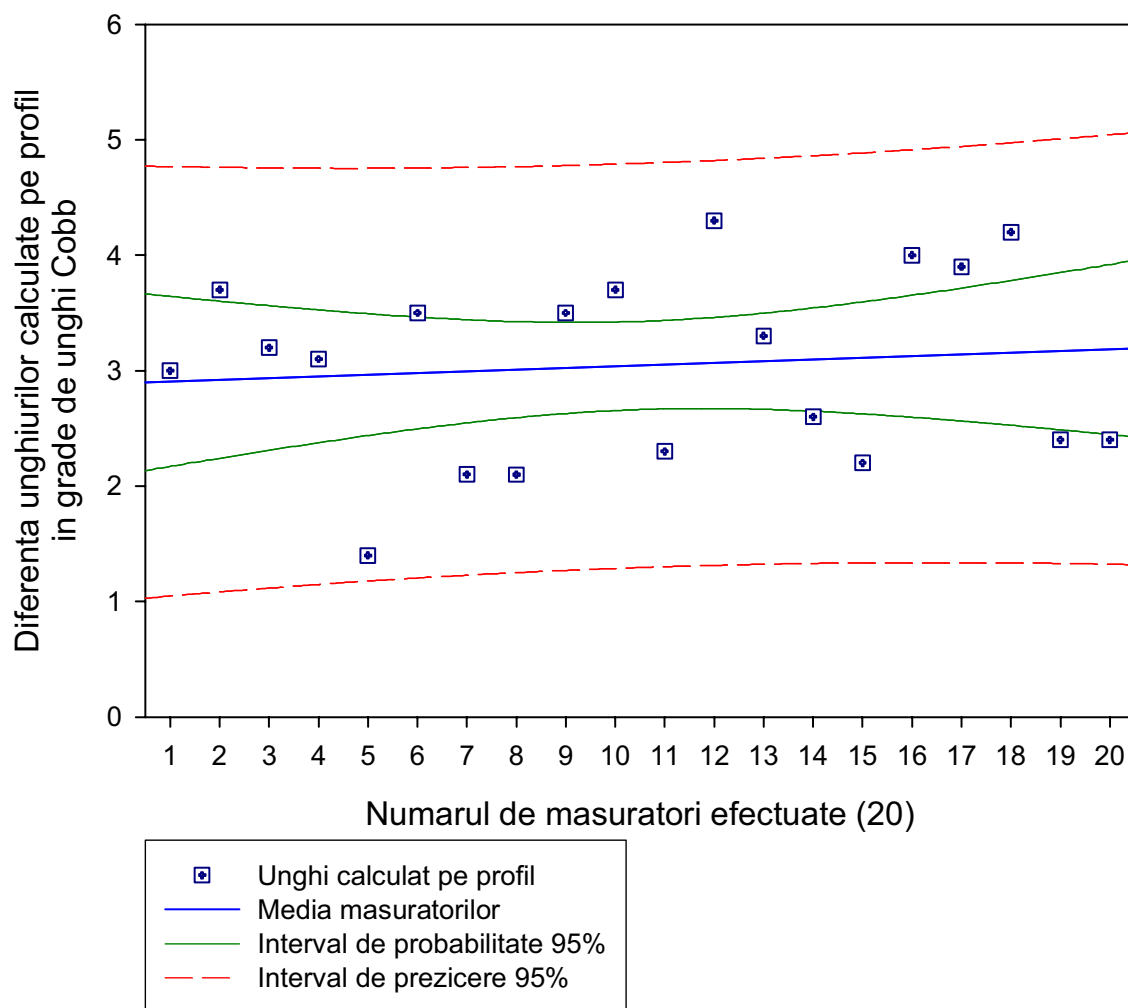
Analiza dinamică în timp a măsurătorilor a fost făcută cu ajutorul următoarelor grafice:



Grafic nr.1: Numar total de masuratori efectuate pe fata si pe profil

Grafic nr. 2: Calculul erorii de masuratoare a unghiului pe radiografiile de fata





Grafic nr. 3: Calculul erorii de masurare a unghiului pe radiografiile de profil

În concluzie se poate observa că măsurătorile efectuate se află într-o mare majoritate în marja de probabilitate de 95% iar interpretarea rezultatelor respectiv intervalul de prezicere în valoare de 95% acoperă o marjă de eroare de  $1,5^0$  pe radiografiile de față și de  $4,8^0$  pentru radiografiile de profil. Se mai poate observa că odată cu creșterea numărului de măsuratori pe același subiect apare o tendință de creștere a gradului Cobb măsurat ca și a gradului de eroare.

### *Masurarea unghiurilor înainte de intervenție*

Masuratoarea a fost efectuată după metoda prezentată anterior și în urma acesteia sau obținut următoarele rezultate :

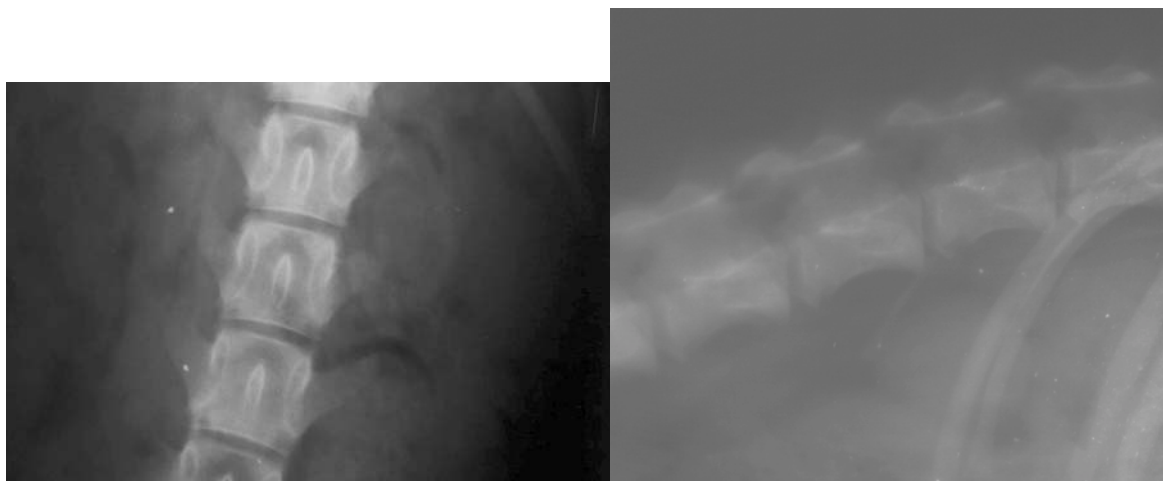


Figura nr 3 : Aspect preoperator a nivelului vertebral ce urmează a fi măsurat

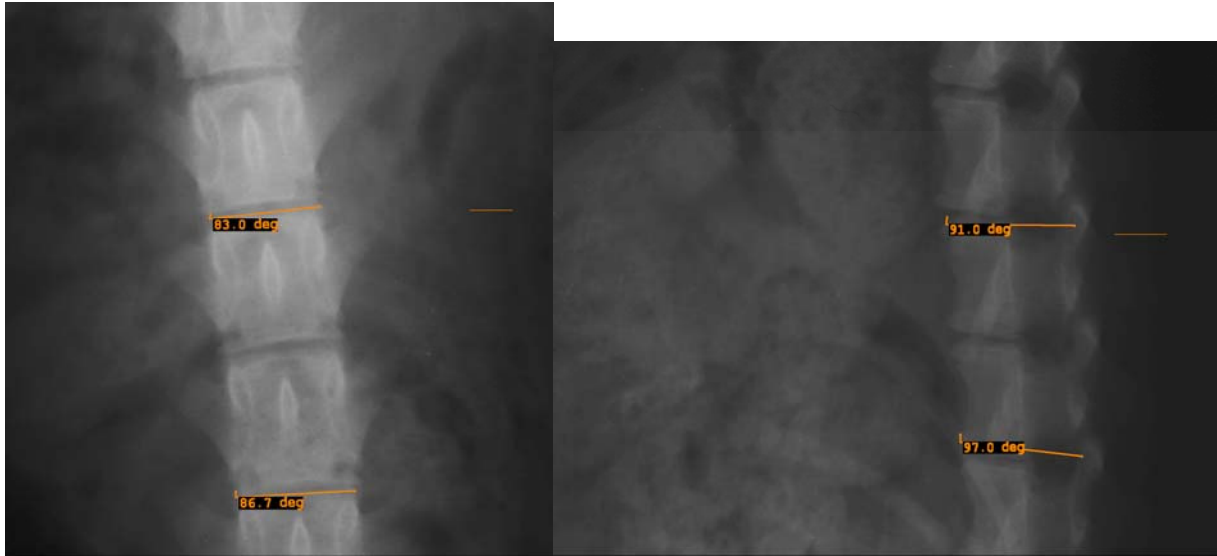
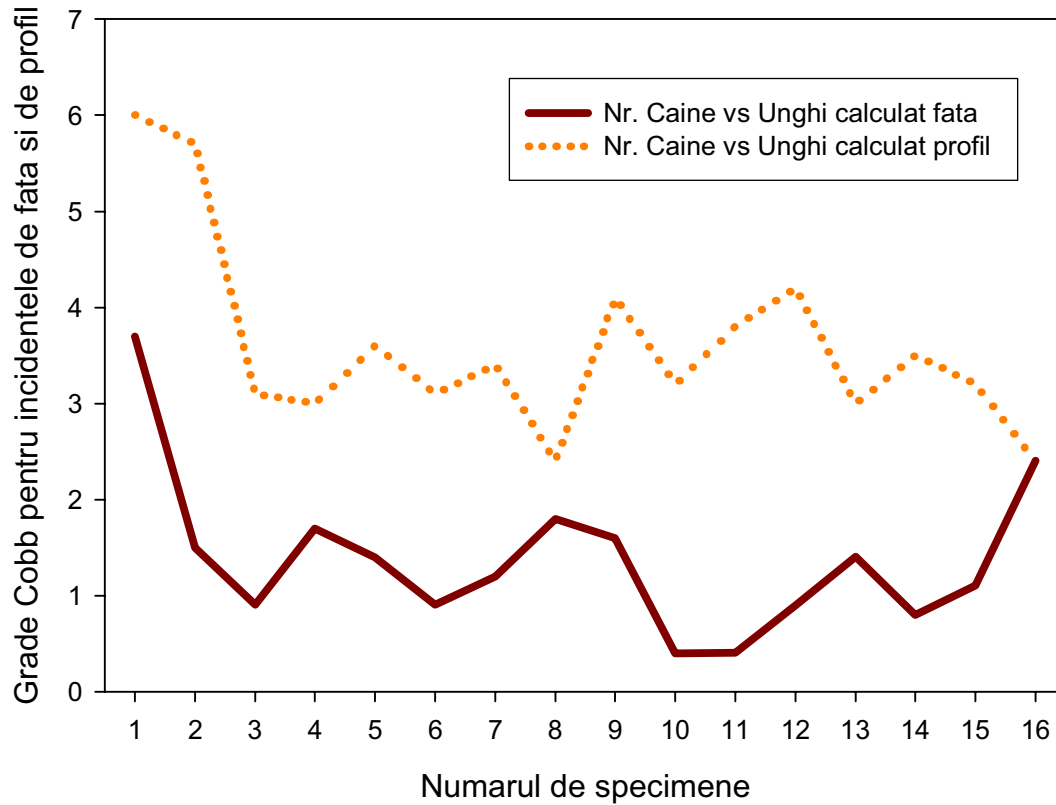


Figura nr. 4: Aspect preoperator cu vertebrele ca urmeaza a fi instrumentate cu masuratoare

| Nr. Caine | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi calculat fata | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi calculat profil |
|-----------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-----------------------|
| 1         | 86.7     | 83.0     | 3.7                 | 97.0     | 91.0     | 6.0                   |
| 2         | 103.4    | 101.9    | 1.5                 | 95.6     | 89.9     | 5.7                   |
| 3         | 94.0     | 93.1     | 0.9                 | 90.0     | 86.9     | 3.1                   |
| 4         | 97.8     | 96.1     | 1.7                 | 87.5     | 84.5     | 3.0                   |
| 5         | 87.1     | 85.7     | 1.4                 | 92.4     | 88.8     | 3.6                   |
| 6         | 107.0    | 106.1    | 0.9                 | 96.0     | 92.9     | 3.1                   |
| 7         | 102.3    | 101.1    | 1.2                 | 94.5     | 91.1     | 3.4                   |
| 8         | 93.8     | 92.0     | 1.8                 | 104.0    | 101.6    | 2.4                   |
| 9         | 99.6     | 98.0     | 1.6                 | 93.3     | 89.2     | 4.1                   |
| 10        | 103.6    | 103.2    | 0.4                 | 102.1    | 98.9     | 3.2                   |
| 11        | 106.2    | 105.8    | 0.4                 | 96.9     | 93.1     | 3.8                   |
| 12        | 103.1    | 102.2    | 0.9                 | 101.4    | 97.2     | 4.2                   |
| 13        | 96.0     | 94.6     | 1.4                 | 92.0     | 89.0     | 3.0                   |
| 14        | 92.8     | 92.0     | 0.8                 | 103.0    | 99.5     | 3.5                   |
| 15        | 94.9     | 93.8     | 1.1                 | 96.6     | 93.4     | 3.2                   |
| 16        | 92.4     | 90.0     | 2.4                 | 98.1     | 95.7     | 2.4                   |

Tabel nr. 3: Unghiurile Cobb calculate la speciemenle de experiment la nivelul ce urmeaza a fi instrumentat in incinenta de fata si de profil

### Masurarea unghiurilor initiale pe radiografiile de fata si de profil la speciemenle de experiment



Grafic nr. 4 : Reprezentand masuratorile initiale efectuate pentru evaluarea unghiurilor Cobb

#### Descriptive Statistics:

**Data source:** Unghiurile preoperator pe incidenta de fata in Teza statistica.SNB

| Column              | Size | Missing | Mean         | Std Dev | Std. Error | C.I. of Mean |
|---------------------|------|---------|--------------|---------|------------|--------------|
| Unghi calculat fata | 16   | 0       | <b>1.381</b> | 0.809   | 0.202      | 0.431        |

| Column              | Range | Max   | Min   | Median       | 25%   | 75%   |
|---------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Unghi calculat fata | 3.300 | 3.700 | 0.400 | <b>1.300</b> | 0.900 | 1.650 |

| Column              | Skewness | Kurtosis | K-S Dist. | K-S Prob. | SumSum | of     | Squares |
|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|--------|--------|---------|
| Unghi calculat fata | 1.609    | 3.762    | 0.177     | 0.192     | 22.100 | 40.350 |         |



**Descriptive Statistics:**

**Data source:** Unghiurile preoperator pe incidenta de preofil in Teza statistica.SNB

| Column                | Size | Missing | Mean  | Std Dev | Std. Error | C.I. of Mean |  |
|-----------------------|------|---------|-------|---------|------------|--------------|--|
| Unghi calculat profil | 16   | 0       | 3.606 | 1.010   | 0.252      | 0.538        |  |

| Column                | Range | Max   | Min   | Median | 25%   | 75%   |
|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Unghi calculat profil | 3.600 | 6.000 | 2.400 | 3.300  | 3.050 | 3.950 |

| Column                | Skewness | Kurtosis | K-S Dist. | K-S Prob. | SumSum | of Squares |
|-----------------------|----------|----------|-----------|-----------|--------|------------|
| Unghi calculat profil | 1.397    | 1.751    | 0.190     | 0.125     | 57.700 | 223.370    |



Figura nr. 5 : Verificarea postoperatorie a poziționării implantelor

*Masurarea unghiurilor la 3 luni de la interventie*

Masuratori efectuate la trei luni de la implantare înainte de interventia de extragere a implantelor.

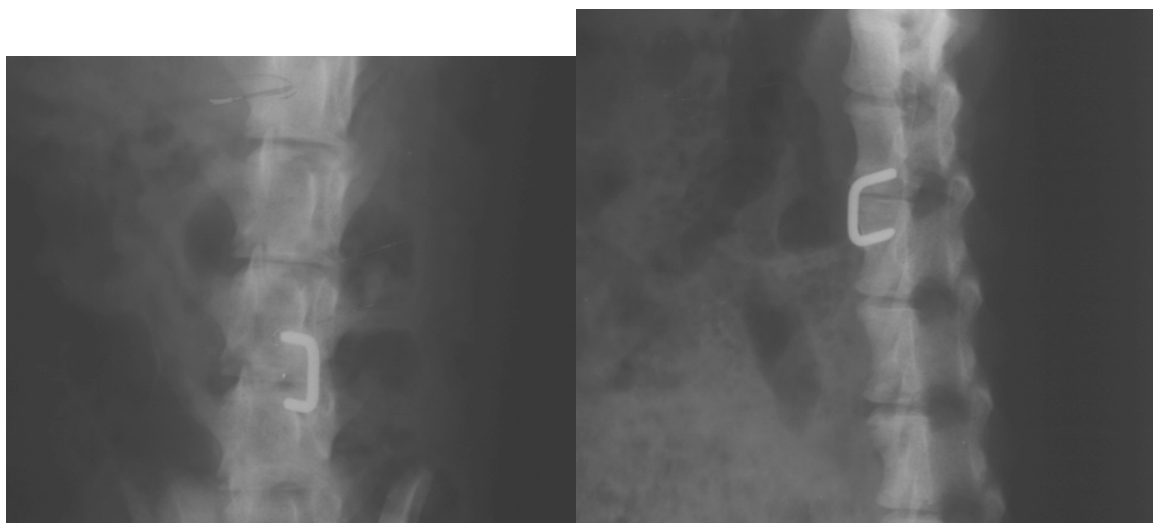


Figura nr. 6: Radiografiile la 3 luni de la operație introduse pentru măsurătoare în programul de analiză a imaginilor

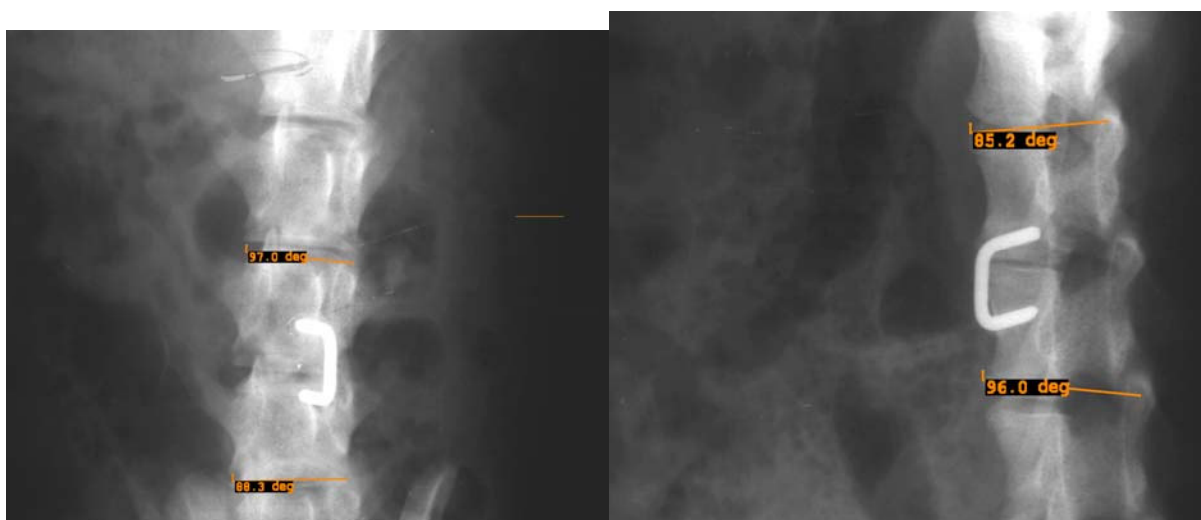


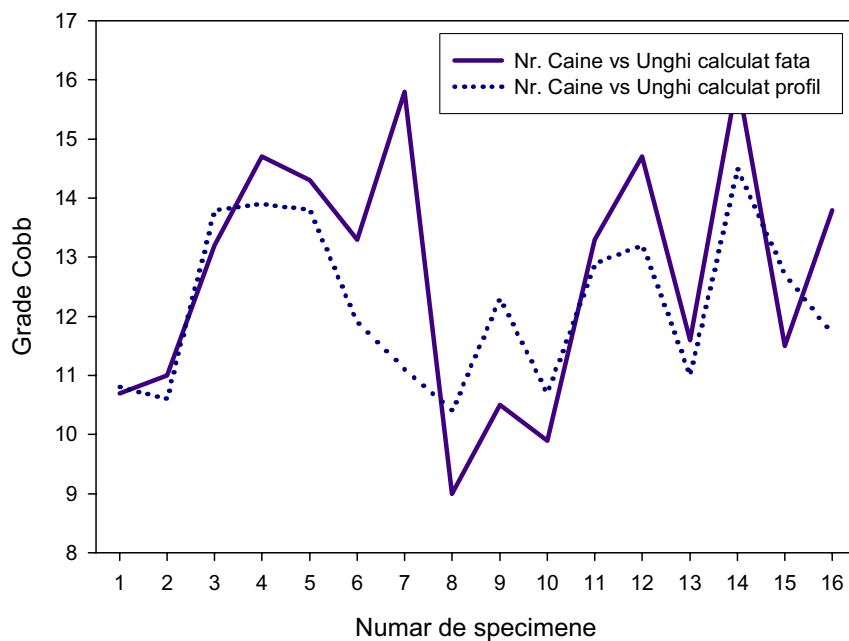
Figura nr. 7 : Măsurarea radiografiilor cu unghiurile Cobb la 3 luni de la intervenție

| Nr.<br>Caine | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi<br>calculat<br>fata | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi<br>calculat<br>profil |
|--------------|----------|----------|---------------------------|----------|----------|-----------------------------|
| 1            | 97.0     | 86.3     | 10.7                      | 96.0     | 85.2     | 10.8                        |
| 2            | 107.1    | 96.1     | 11.0                      | 106.4    | 95.8     | 10.6                        |

|    |       |      |      |       |      |      |
|----|-------|------|------|-------|------|------|
| 3  | 98.3  | 85.1 | 13.2 | 95.8  | 82.0 | 13.8 |
| 4  | 88.2  | 73.5 | 14.7 | 89.0  | 75.1 | 13.9 |
| 5  | 94.0  | 79.7 | 14.3 | 99.0  | 85.2 | 13.8 |
| 6  | 103.5 | 90.2 | 13.3 | 102.0 | 90.1 | 11.9 |
| 7  | 107.9 | 92.1 | 15.8 | 105.9 | 94.8 | 11.1 |
| 8  | 102.4 | 93.4 | 9.0  | 102.7 | 92.3 | 10.4 |
| 9  | 103.5 | 93.0 | 10.5 | 104.3 | 92.0 | 12.3 |
| 10 | 95.9  | 86.0 | 9.9  | 96.7  | 86.0 | 10.7 |
| 11 | 101.3 | 88.0 | 13.3 | 104.0 | 91.1 | 12.9 |
| 12 | 104.1 | 89.4 | 14.7 | 104.4 | 91.2 | 13.2 |
| 13 | 100.1 | 88.5 | 11.6 | 102.0 | 91.0 | 11.0 |
| 14 | 97.9  | 81.9 | 16.0 | 96.5  | 82.0 | 14.5 |
| 15 | 98.2  | 86.7 | 11.5 | 95.0  | 82.3 | 12.7 |
| 16 | 93.8  | 80.0 | 13.8 | 94.0  | 82.3 | 11.7 |

Tabel nr. 4 : Masuratorile de unghi Cobb efectuate la 3 luni de la operatie, pe radiografiile de fata si de profil

Masurarea unghiurilor la 3 luni de la operatie  
pe radiografii de fata si de profil  
la speciemenle de experiment



Grafic nr. 5: Reprezentand masuratorile efectuate la 3 luni de la operatie pentru evaluarea unghiurilor Cobb

**Descriptive Statistics:**

**Data source:** Unghi pe fata la 3 luni Data 3 in Teza statistica.SNB

| Column | Size | Missing | Mean          | Std Dev | Std. Error | C.I. of Mean |
|--------|------|---------|---------------|---------|------------|--------------|
| Col 2  | 16   | 0       | <b>12.706</b> | 2.147   | 0.537      | 1.144        |

| Column | Range | Max    | Min   | Median        | 25%    | 75%    |
|--------|-------|--------|-------|---------------|--------|--------|
| Col 2  | 7.000 | 16.000 | 9.000 | <b>13.250</b> | 10.850 | 14.500 |

| Column | Skewness | Kurtosis | K-S Dist. | K-S Prob. | Sum     | Sum of Squares |
|--------|----------|----------|-----------|-----------|---------|----------------|
| Col 2  | -0.0986  | -1.122   | 0.153     | 0.376     | 203.300 | 2652.330       |

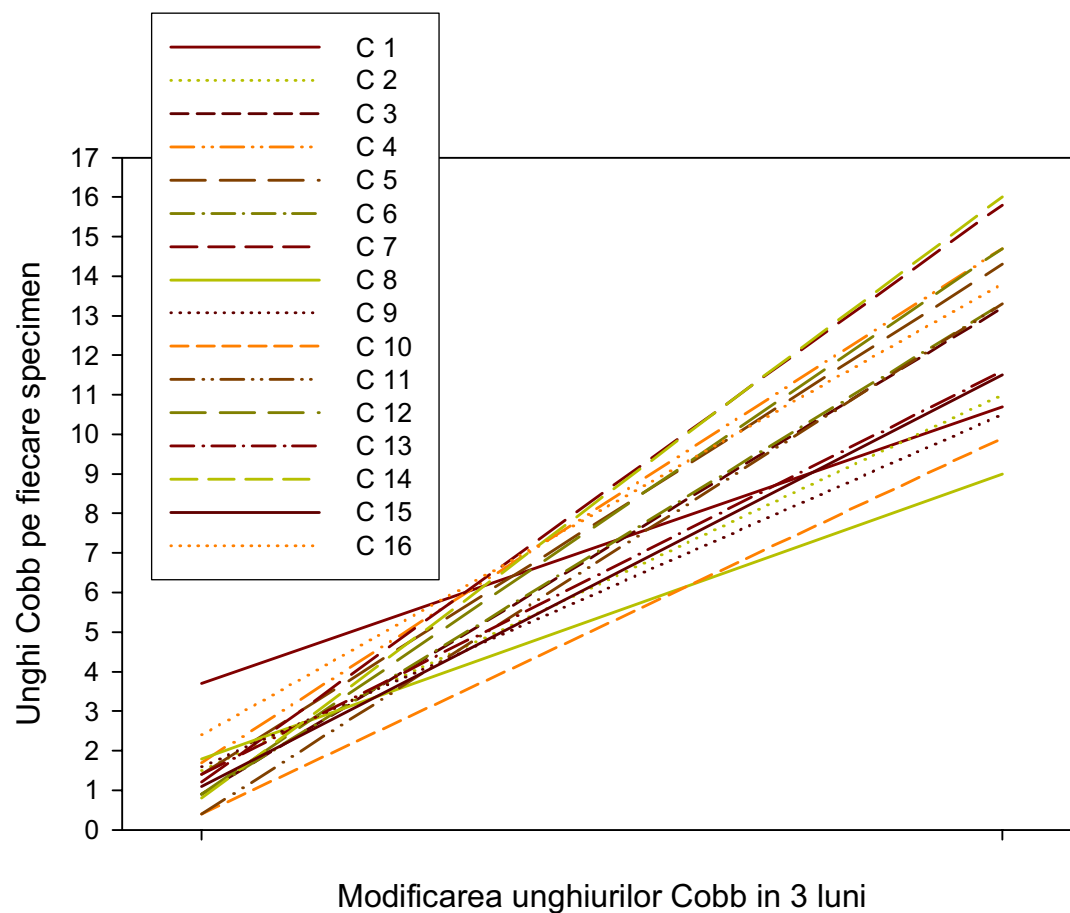
### Descriptive Statistics:

**Data source:** Unghiurile masurate pe profil la 3 luni Data 3 in Teza statistica.SNB

| Column | Size | Missing | Mean          | Std Dev | Std. Error | C.I. of Mean |
|--------|------|---------|---------------|---------|------------|--------------|
| Col 3  | 16   | 0       | <b>12.206</b> | 1.367   | 0.342      | 0.729        |

| Column | Range | Max    | Min    | Median        | 25%    | 75%    |
|--------|-------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| Col 3  | 4.100 | 14.500 | 10.400 | <b>12.100</b> | 10.900 | 13.500 |

| Column | Skewness | Kurtosis | K-S Dist. | K-S Prob. | Sum     | Sum of Squares |
|--------|----------|----------|-----------|-----------|---------|----------------|
| Col 3  | 0.207    | -1.426   | 0.166     | 0.273     | 195.300 | 2411.930       |



Grafic nr. 6 : Rata de crestere a unghiurilor Cobb pe fiecare specimen in intervalul de 3 luni de urmarire

#### Normality Test (Kolmogorov-Smirnov)

**Data source: Cresterea unghiurilor in 3 luni** Data 3 in Teza statistica.SNB

|         |                   |           |        |
|---------|-------------------|-----------|--------|
| Col 5:  | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 6:  | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 7:  | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 8:  | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 9:  | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 10: | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 11: | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 12: | K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |

|                           |           |        |
|---------------------------|-----------|--------|
| Col 13: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 14: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 15: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 16: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 17: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 18: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 19: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |
| Col 20: K-S Dist. = 0.260 | P > 0.200 | Passed |

A test that fails indicates that the data varies significantly from the pattern expected if the data was drawn from a population with a normal distribution.

A test that passes indicates that the data matches the pattern expected if the data was drawn from a population with a normal distribution.

*Masurarea unghiurilor la 6 luni de la inceperea experimentului si la 3 luni de la extragerea implantelor*

Metodologia de lucru a urmat acelasi tipic de pana acum, respectiv : introducerea radiografiilor si efectuarea masuratorilor in DicomWorks.

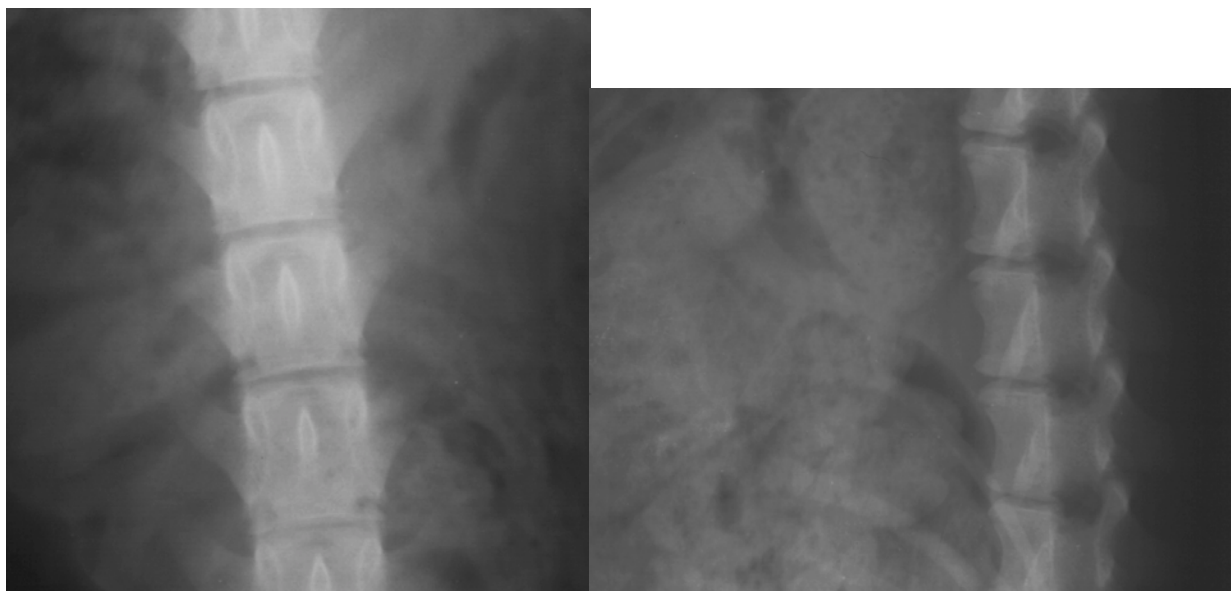


Figura nr. 8: Radiografiile introduse in programul de masurare fara unghiurile masurate

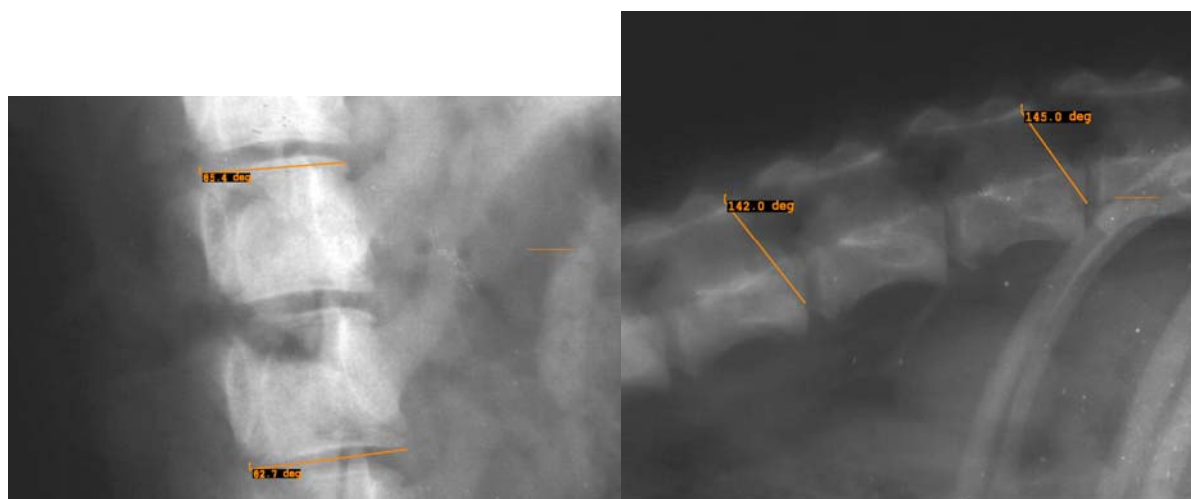
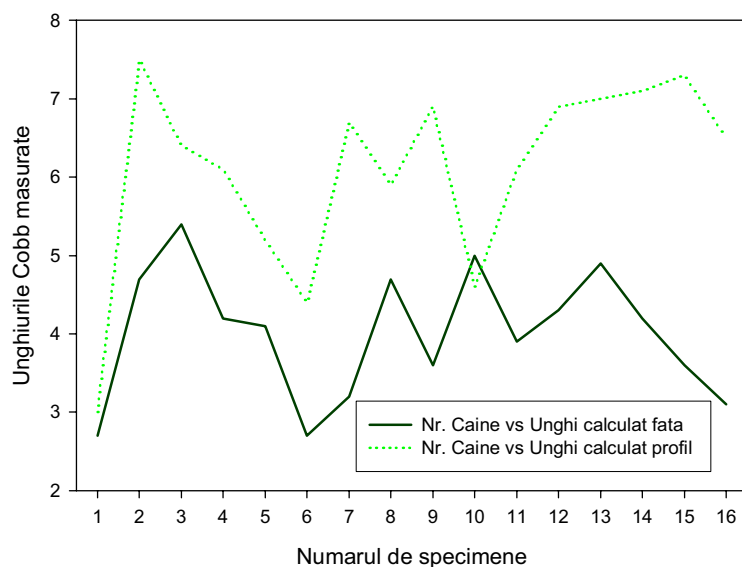


Figura nr. 9: Radiografiile la 6 luni de la începerea experimentului masurate

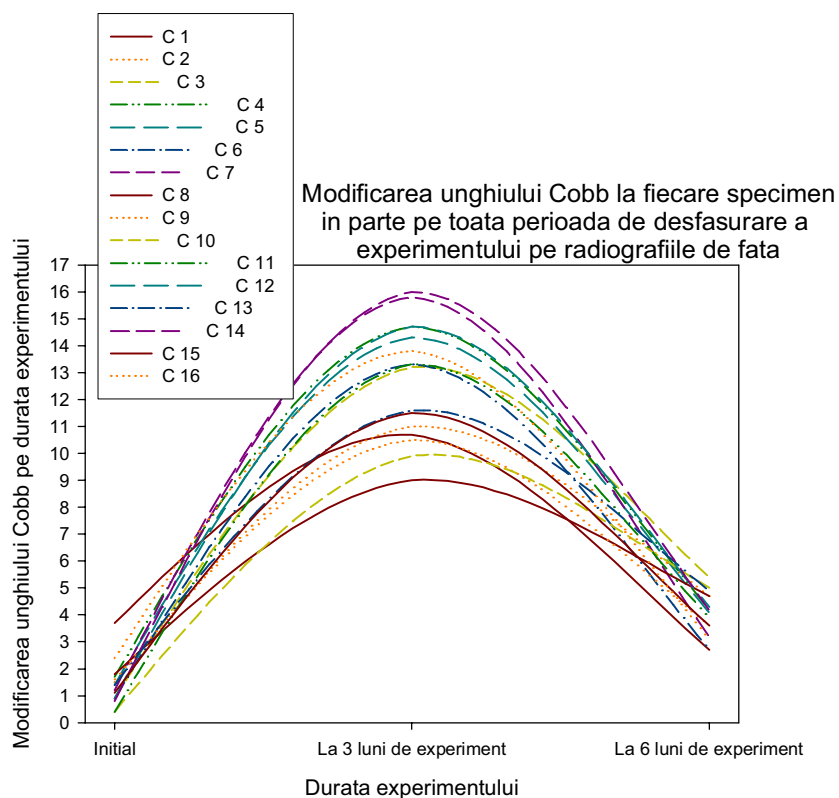
| Nr.<br>Caine | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi<br>fata | calculat | Pl. sup. | Pl. inf. | Unghi<br>profil | calculat |
|--------------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|-----------------|----------|
| 1            | 85.4     | 82.7     | 2.7           |          | 145.0    | 142.0    | 3.0             |          |
| 2            | 108.0    | 103.3    | 4.7           |          | 128.5    | 121.0    | 7.5             |          |
| 3            | 98.5     | 93.1     | 5.4           |          | 109.4    | 103.0    | 6.4             |          |
| 4            | 105.5    | 101.3    | 4.2           |          | 109.0    | 102.9    | 6.1             |          |
| 5            | 107.4    | 103.3    | 4.1           |          | 99.5     | 94.3     | 5.2             |          |
| 6            | 98.1     | 95.4     | 2.7           |          | 109.7    | 105.3    | 4.4             |          |
| 7            | 88.0     | 84.8     | 3.2           |          | 84.6     | 77.9     | 6.7             |          |
| 8            | 138.5    | 133.8    | 4.7           |          | 127.7    | 121.8    | 5.9             |          |
| 9            | 122.3    | 118.7    | 3.6           |          | 118.9    | 112.0    | 6.9             |          |
| 10           | 101.0    | 96.0     | 5.0           |          | 97.0     | 92.4     | 4.6             |          |
| 11           | 96.4     | 92.5     | 3.9           |          | 99.2     | 93.1     | 6.1             |          |
| 12           | 92.0     | 87.7     | 4.3           |          | 95.9     | 89.0     | 6.9             |          |
| 13           | 76.9     | 72.0     | 4.9           |          | 79.0     | 72.0     | 7.0             |          |
| 14           | 154.0    | 149.8    | 4.2           |          | 149.4    | 142.3    | 7.1             |          |
| 15           | 88.7     | 85.1     | 3.6           |          | 89.0     | 81.7     | 7.3             |          |
| 16           | 99.1     | 96.0     | 3.1           |          | 100.1    | 93.6     | 6.5             |          |

Tabel nr. 5 : Masuratorile efectuate la 3 luni de la scoaterea implantelor si la 6 luni de la începerea experimentului

Masurarea unghiurilor la 3 luni de la extragerea implantelor și 6 luni de la începerea experimentului pe radiografii de față și de profil

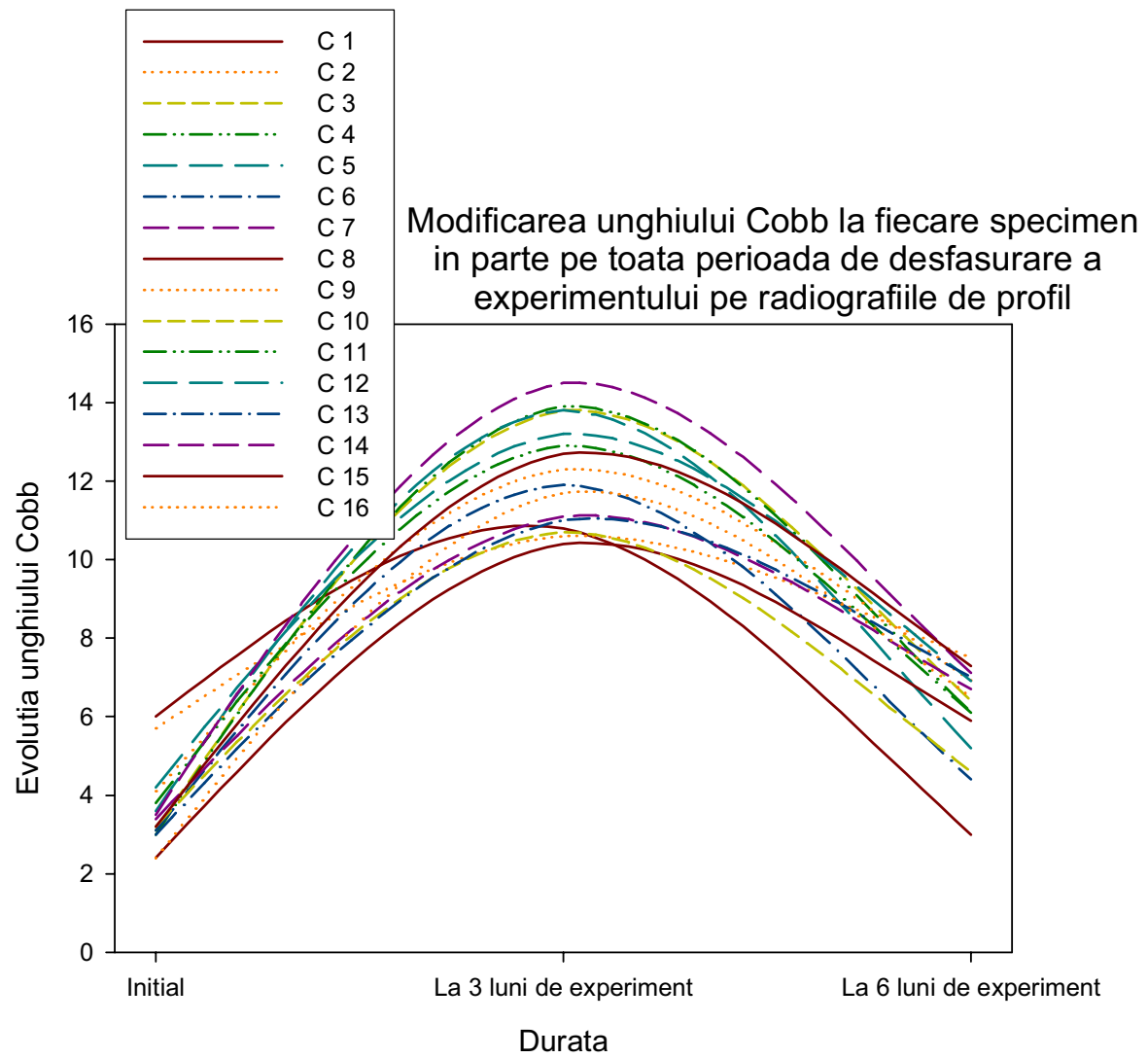


Grafic nr. 7 Unghiurile Cobb restante la fiecare specimen la 3 luni de la extragerea implantelor și 6 luni de la începerea experimentului



Grafic nr. 8: Modificarea unghiurilor în decursul experimentului pe radiografiile de față





Grafic nr. 9: Modificarea unghiurilor in decursul experimentului pe radiografiile de profil

## DISCUTII

Urmărind firul studiului experimental efectuat se pot concluziona următoarele: Experimentul a urmărit un număr de 16 animale (caini) în perioada de creștere rapidă pentru a evidenția apariția unei scolioze experimentale cu ajutorul unei scoabe montate anterior în corpii vertebrali lombari.

Inițial toate animalele au fost etichetate și s-au efectuat radiografiile inițiale; antero-posterioara și de profil pe zona de experiment. Programul utilizat DicomWorks pentru măsurarea unghiurilor Cobb a fost calibrat și eroarea de măsurătoare a fost calculată prin repetarea de 20 de ori a unei măsurători pe aceeași radiografie. Analiza statistică a valorilor obținută a arătat pentru măsurătorile pe radiografiile de față o deviere standard a măsurătorii de 0,369 (grade față de media măsurată) și o eroare standard de 0,0825; iar pentru măsurătorile efectuate pe profil de 0,818 deviație standard și de 0,183 eroare standard. În ambele situații se poate considera că aceste erori de măsurare sub un grad sexagesimal pot fi considerate acceptabile în acest studiu raportate având în vedere marimile cu care se lucrează de obicei.

După stabilirea gradului de eroare a tehnicii am efectuat măsurătorile inițiale pe toate speciile cu radiografii anteroposterioare și de profil. Se poate observa din graficul 6 și tabelul 5 că gradul unghiului Cobb înainte de operație a variat la valori între 0 și  $4^{\circ}$  pentru radiografiile de față și de  $3 - 6^{\circ}$  pe radiografiile de profil. Trebuie să spunem aici că valorile au fost pozitive și negative în această plajă dar pentru o mai facilă comparație programul a arătat numai valori pozitive. Distribuția valorilor după cum se observă din analiza statistică ce urmează graficului arată că avem de-a face cu un lot relativ uniform cu o dispersie mică a valorilor medii.

Măsurătorile la 3 luni de la operație sunt indicate în tabelul nr. 7 și graficul 7. Din acestea se poate deduce că la trei luni de la intervenția de blocare asimetrică a creșterii între două corpuri vertebrale cu ajutorul unei scoabe am obținut o deviație scoliotică a coloanei lombare între vertebrele “epifiziodezate” între  $11^{\circ}$  și  $17^{\circ}$  Cobb pentru planul frontal și de  $11^{\circ}$  până la  $14^{\circ}$  în planul sagital. Deci se poate afirma că în medie ambele curburi s-au agravat cu  $4^{\circ}$  Cobb pe luna în timpul experimentului. Creșterea este după cum arată și analiza statistică mai mult decât elocventă modul de creștere liniar sau polinomial nu poate fi stabilit în experimentul nostru deoarece nu am efectuat mai multe măsurători pe parcurs.

Dupa masuratorile de la 3 luni a urmat extragerea implantelor si o noua masuratoare la 6 luni de la inceperea experimentului. Rezultatele prezentate in tabelul 8 si graficul 9 arata o scadere a unghiului Cobb in special pe radiografiile de fata si o scadere mai lenta pe radiografiile de profil. Graficele 10 si 11 arata evolutia pentru fiecare specimen de experiment a unghiurilor Cobb pe fata si pe profil. Se poate observa o crestere similara la toate speciemenele a unghiului Cobb atat pe fata cat si pe profil cu o rata similara dar nu si o descrestere a unghiului Cobb dupa extragerea implantelor la 3 luni, astfel unghiul calculat pe radiografiile de profil are o tendinta mult mai lenta de a se atenua spre normal.

Studii asemanatoare au fost publicate dupa cum urmeaza: in 2003 J.Braun produce scolioza experimentală pe un grup de 40 de capre prin blocarea cresterii asimetric intre mai multe segmente toracale cu o tija in compresiune. Dupa 15 saptamani (3 luni si 3 saptamani) s-au obtinut curburi de aproximativ  $18^{\circ}$  Cobb ( intre  $6-36^{\circ}$ ). Studiul nu a urmarit in continuare detenta ce are loc dupa eliminarea implantelor.

Un alt studiu cu acelasi autor in 2004 efectuat tot pe 40 de capre incearca producerea corectiei scoliozei experimentale prin folosirea unor scoabe cu memorie fixate intre doua vertebre.<sup>2,3</sup> Astfel pe lotul din studiul anterior aplica aceste scoabe pe partea controlaterală si obtine astfel corectia curburilor moderate, concluzia fiind ca acest tip de tratament ar trebui eficientizat pe viitor.

In balanta cu cele aratate mai sus trebuiesc luate in considerare incercarile pe loturi mari de pacienti cu scolioze infantile sau juvenile efectuate de catre John Webb cu Luque Trolley si epifiziodeza in convexitate, studii care au aratat o oarecare crestere a coloanei dupa introducerea implantului dar foarte mica, deci prin intermediul unui implant care ‘ar creste’ odata cu copilui, coloana vertebrala, nu s-au obtinut rezultate satisfacatoare referitoare la controlul cresterii. Studiul a aratat rezultate bune in curburile mari cu oprirea evolutiei acestora dar cu pretul incetinirii si chiar opririi cresterii coloanei vertebrale pe zona instrumentata.<sup>40, 41, 42</sup>

Un alt studiu mai putin agresiv si dorit a fi mult mai fiziologic a incercat introducerea unor tije Isola submuscular cu dechidere numai la polul superior si inferior al curburii in ideea de a corecta si de a permite cresterea in continuare a coloanei.<sup>43, 44</sup> Ambele studii arata ca acest tip de instrumentatie la distanta in primul rand aduce un implant cu sprijin la capete deci nu segmentar cu o stabilitate mai precara. Pacientii astfel tratati nu rareori necesitau ca si adjuvant purtarea unui corset. Acest tip de distractie produce neajunsurile instrumentatiilor tip Harrington respectiv o stergere a curburilor fiziologice pe zona distractata cu accentuarea

celor adiacente în zonele neinstrumentate, și poate un ultim neajuns destul de important este că aceste instrumentații considerate minim invazive totuși produc un fenomen de fibroză a musculaturii paravertebrale care se pare devine ireversibilă chiar dacă se îndepărtează la un moment dat implantul<sup>43</sup>, deci nu poate în finalul puseului de creștere și agravare rapidă a curburilor scoliotice să redea o coloană vertebrală mobilă.

În concluzie studiul meu arată că această afecțiune a coloanei respectiv scolioza idiopatică foarte dependentă de creșterea naturală a coloanei, ca și entitate de dezvoltare neuniformă, poate fi reprodusă experimental prin încetinirea creșterii coloanei asimetric cu ajutorul unor scoabe. Reversul experimentului ar fi dovedit și de Braun și colab.<sup>4, 5</sup> că în curburile medii aplicând acest tratament miniinvaziv în partea convexității curburii am putea dirija corectarea curburii și aducerea creșterii coloanei în limitele cunoscute ale normalului. Dificultatea aplicăției pe om a acestor proceduri rezidă din faptul că evoluția acestei afecțiuni este oscilantă, iar momentul în care ar trebui aplicat acest tratament chirurgical miniinvaziv se află într-o perioadă undeva în afara perioadei de tratament chirurgical clasic, respectiv undeva între 30 și 40° Cobb după părerea unor autori.

Consider experimentul o încercare reușită de a dovedi posibilitatea de producere experimentală a scoliozei adresându-ne numai componentei osoase asimetric și de asemenea consider utilă o luare în considerare a unui tratament prechirurgical miniinvaziv în chirurgia coloanei scoliotice care să corecteze segmentar curbura fără prejudiciul major al artrodezei multisegmentare.

## BIBLIOGRAFIE

1. **Barson AJ.** The vertebral level of termination of the spinal cord during normal and abnormal development. *Journal of Anatomy* 1970; 106:489-497.
2. **John T. Braun, MD,\* James W. Ogilvie, MD,† Ephraim Akyuz, BS,\* Darrel S. Brodke, MD,\*** Experimental Scoliosis in an Immature Goat Model: A Method That Creates Idiopathic-Type Deformity With Minimal Violation of the Spinal Elements Along the Curve SPINE Volume 28, Number 19, pp 2198–2203 ©2003, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
3. **John T. Braun, MD,\*† Ephraim Akyuz, MS,‡§ and James W. Ogilvie, MD\*** The Use of Animal Models in Fusionless Scoliosis Investigations SPINE Volume 30, Number 17S, pp S35–S45 ©2005, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
4. **John T. Braun, MD,\*† Ephraim Akyuz, MS,‡§ Hunt Udall, MD,\* James W. Ogilvie, MD,\*** Three-Dimensional Analysis of 2 Fusionless Scoliosis Treatments: A Flexible Ligament Tether Versus a Rigid-Shape Memory Alloy Staple SPINE Volume 31, Number 3, pp 262–268 ©2006, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
5. **John T. Braun, MD,\* Michael Hoffman, MD,† Ephraim Akyuz, MS,‡§ James W. Ogilvie, MD,\* Darrel S. Brodke, MD,\* and Kent N. Bachus, PhD‡§** Mechanical Modulation of Vertebral Growth in the Fusionless Treatment of Progressive Scoliosis in an Experimental Model SPINE Volume 31, Number 12, pp 1314–1320 ©2006, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
6. **John T. Braun, MD,\* James W. Ogilvie, MD,† Ephraim Akyuz, MS,‡ Darrel S. Brodke, MD,\*** Fusionless Scoliosis Correction Using a Shape Memory Alloy Staple in the Anterior Thoracic Spine of the Immature Goat, SPINE Volume 29, Number 18, pp 1980–1989, ©2004, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
7. **Clark GA, Hall NR, Armelagos GJ, Borkan GA, Panjabi MM, Wetzel FT.** Poor growth prior to early childhood: decreased health and life-span in the adult. *American Journal of Physical Anthropology* 1986; 70(2): 145-160.
8. **Gepstein R, Folman Y, Sagiv P, Ben David Y, Hallel T.** Does the anteroposterior diameter of the bony canal reflect its size? An anatomical study. *Surgical & Radiologic Anatomy* 1991; 13(4):289-291
9. **Govender S, Charles RW, Haffjee MR.** Level of termination of the spinal cord during normal and abnormal fetal development. *South African Medical Journal* 1989; 75:484-487
10. **James T. Guille, MD,\* Randal R. Betz, MD,† Rohinton K. Balsara, MD,‡ M. J. Mulcahey, MS,† Linda P. D'Andrea, MD,† and David H. Clements, MD** The Feasibility, Safety, and Utility of Vertebral Wedge Osteotomies for the Fusionless Treatment of Paralytic Scoliosis SPINE Volume 28, Number 20S, pp S266–S274 ©2003, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
11. **Hamilton WJ, Mossman HW.** Growth of the embryo and fetus; Development of external form; Estimation of embryonic and fetal age. In: W. Heffer & Sons Ltd. C, ed. *Hamilton, Boyd and Mossman's Human Embryology*. The Macmillan Press LTD, The Williams & Wilkins Company Cambridge, 1972:174-191.
12. **Hawass ND, El-Badawi MG, Fatani JA, Meshari AA, Abbas FS, Edrees YB, Jabbar FA, Banna M.** Myelographic study of the spinal cord ascent during fetal development. *Journal of Neuroradiology* 1987; 8:691-695.
13. **Knutsson F.** Growth and differentiation of the postnatal vertebra. *Acta radiologica* 1961; 55(6):401-408.
14. **Larsen JL, Smith D.** The lumbar spinal canal in children. Part I The sagittal diameter. *Europ J Radiology* 1981; 1:163-170.
15. **Larsen JL, Smith D.** Size of the subarachnoid space in stenosis of the lumbar canal. *Acta radiologica* 1995; 21 (5):627-632.
16. **Marklund T.** Relative width of the lower spinal canal in children. *Acta Radiologica: Diagnosis* 1982; 23(3B):3 13-321.
17. **Moffett JAK, Richardson G.** Costs and effectiveness : Approaches to the management of the back pain.. In: Aspden RM, Porter RW, eds. *Lumbar spine disorders. Current concepts*. World Scientific, 1995:225-237.
18. **Nachemson A.** Chronic pain - the end of the welfare state?. *Quality of Life Research* 1994; 3 Suppl:1 : S 11-7.
19. **Needles JH.** The caudal level of termination of the spinal cord in American whites and American Negroes. *Anatomical Record* 1935; 63:417-424.
20. **O'Rahilly R, Muller F, Meyer DB.** The human vertebral column at the end of the embryonic period. I. The whole column. *Journal of anatomy* 1980; 131:565-575.
21. **Ogden JA, Ganey TM, Sasse J, Neame PJ, Hilbelink DR.** Chapter 1: Development and maturation of the axial skeleton. In: Weinstein SL, ed. *The Pediatric Spina; Principles and practice*. Raven Press Ltd., New York, 1994:3-69.
22. **Papp T, Porter RW.** Changes of the lumbar spinal canal proximal to spina bifida occulta. An archeologic study with clinical significance. *Spine* 1994; 19(13):1508-1511.
23. **Papp T, Porter RW, Aspden RM.** The growth of the lumbar vertebral canal. *Spine* 1994; 19(24):2770-2773.
24. **Porter RW, Drinkall JN, Porter DE, Thorp L.** The Vertebral Canal: II. Health and Academic Status , a Clinical Study. *Spine* 1987;

12(9):907-911.

**25. Porter RW, Hibbert C, Wellman P.** Backache and the lumbar spinal canal. *Spine* 1980; 5(2):99-105.

**26. Porter RW.** Spinal Stenosis. *Seminars in Orthopaedics* 1986; 1(2):97-111.

**27. Porter RW, Oakshot G.** Spinal stenosis and health status. *Spine* 1994; 19(8):901-903.

**28. Porter RW, Wicks M, Hibbert C.** The size of the lumbar canal in the symptomatology of disc lesion. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1978; 60 B:485-487.

**29. Tulsi R.S.** Growth of the human vertebral column. An osteological study. *Acta Anatomica* 1971; 79:570-580.

**30. Robbin ML, Filly RA, Goldstein RB.** The normal location of the fetal conus medullaris. *J Ultrasound Med* 1994; 13(7): 541-546.

**31. Roth M, Krkoska J, Toman I.** Morphogenesis of the spinal canal, normal and stenotic. *Neuroradiology* 1976; 10:277-286.

**32. Theiler K.** Vertebral malformations. *Advances in Anatomy, Embryology and Cellular Biology* 1988; 118:27649-11385.

**33. Ursu T., Porter R.W., Navaratnam V.** Development of the vertebral canal in utero. *Spine (12)* 1996.

**34. Vettivel S.** Vertebral level of the termination of the spinal cord in human fetuses. *Journal of Anatomy* 1991; 179:149-161

**35. W.G.H..** In Memoriam. *Journal of anatomy* 1968; 2:371-374.

**36. White A, Gordon S.** The problem of the spinal stenosis. *Spine* 1982; 7:141

**37. White A, Panjabi M.:** Clinical Biomechanics of the Spine, Second edition 1990, ed. Lippincot Williams and Wilkins

**38. Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH.** *Gray's Anatomy*. 37th ed. Edinburgh, 1989:

**39. Winston K, Rumbaugh C, Colucci V.** The vertebral canals in lumbar disc disease. *Spine* 1984; 9:414-417.

**40. Pratt R.K., Webb J., Burwell R. G., Cummings S.** Luque trolley and convex epiphysiodesis in the management of infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *Spine* 24(15): 1538, August 1, 1999.

**41. Pratt R.K., Webb J., Burwell R. G.** Luque trolley and convex epiphysiodesis in the management of infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *Spine* 25(19): 2550-2551, October 1, 2000.

**42. Alanay A., Acaroglu E., Yazici M., Surat A.** Luque trolley and convex epiphysiodesis in the management of infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *Spine* 25(19): 2549-2550, October 1, 2000.

**43. Akbarnia, B.A., Marks D.S., Boachie-Adjei O., Thompson A., Asher M.** Dual Growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: A multicenter study. *Spine. Deformity surgery*. 30(17S) Supplement: S46-S57, September 1, 2005.

**44. Blackmore L., Scoles P., Poe-Kochert C., Thompson G.** Submuscular Isola rod with or without limited apical fusion in the management of severe spinal deformities in young children: preliminary report. *Spine* 26(18) 2044-2048, September 15, 2001.