



Universitatea "Lucian Blaga" Sibiu

Fcaultatea de Medicină "Victor Papilian" Sibiu

Doctorand

Sopon Mircea Ciprian

Rezumat Teză Doctorat

**Tratamentul modern în fracturile
osteoporotice ale coloanei vertebrale**

Conducător de doctorat

Profesor Dr. Baier Ioan

Sibiu 2013

CUPRINS

Capitolul 1. Anatomia coloanei vertebrale.....	4
1.1 Arhitectura vertebrelor	4
1.2 Anatomia vertebrelor dorsale.....	5
1.3 Anatomia vertebrelor lombare.....	8
1.4 Mijloace de unire ale vertebrelor lombare și dorsale.....	9
1.5 Mușchii trunchiului.....	14
1.6 Vascularizația și inervația vertebrelor adevărate.....	16
Capitolul 2. Anatomia radiologică a coloanei vertebrale.....	17
2.1 Examinarea radiologică.....	17
2.2. Examenul CT al coloanei vertebrale.....	20
2.3 Examenul RMN al coloanei vertebrale.....	23
Capitolul 3. Biomecanica coloanei vertebrale dorso-lombare.....	25
3.1 Curburile coloanei vertebrale.....	26
3.2 Segmentul de mișcare.....	28
3.3 Funcțiile coloanei vertebrale.....	36
3.4 Mișcările coloanei dorso-lombare.....	36
Capitolul 4. Biomecanica coloanei vertebrale osteoporotice.....	41
4.1 Definiția osteoporozei.....	41
4.2 Proprietățile biomecanice ale corpului vertebral osteoporotic.....	44
4.3 Modificarea biomecanicii coloanei vertebrale după apariția fracturii.....	50
4.4 Factori care influențează apariția fracturilor vertebrale.....	53
Capitolul 5. Clasificarea fracturilor osteoporotice ale coloanei vertebrale.....	56
5.1 Clasificarea radiologică a fracturilor vertebrale osteoporotice.....	57
Capitolul 6. Posibilități terapeutice în tratarea fracturilor vertebrale osteoporotice.....	64
6.1 Tratamentul conservator al fracturilor vertebrale osteoporotice.....	65
6.2. Tratamentul chirurgical	67
Capitolul 7. Date statistice ale fracturilor vertebrale osteoporotice tratate în cadrul clinicii de Ortopedie – Traumatologie Sibiu.....	74
7.1 Studiu statistic al fracturilor vertebrale osteoporotice.....	75
7.2 Tratamentul conservator al fracturilor vertebrale osteoporotice.....	88
Capitolul 8. Vertebroplastia.....	95
8.1 Selecția pacienților pentru vertebroplastie.....	95

8.2 Studiu clinic.....	101
8.3 Material și metodă.....	103
8.4 Tehnica operatorie.....	107
8.5 Rezultate și discuții.....	111
8.6 Prezentare de caz.....	120
Capitolul 9. Analiza biomecanicii coloanei vertebrale osteoporotice.....	126
9.1 Obiective.....	126
9.2 Stand experimental.....	127
9.3 Biomecanica fracturilor vertebrale osteoporotice: studiu biomecanic.....	133
9.4 Efectele vertebroplastiei asupra structurilor vertebrale și intervertebrale: studiu biomecanic.....	153
Capitolul 10. Importanța relației anatomice a pediculului vertebral cu rădăcinile nervoase și duramater la nivel toracic, în efectuarea vertebroplastiei.....	169
Capitolul 11. Concluzii.....	171
Bibliografie.....	175

Cuvinte cheie: osteoporoză, fracturile vertebrale osteoporotice, vertebroplastia, biomecanica .

Biomecanica coloanei vertebrale este puternic influențată de fenomenul de îmbătrânire și osteoporoză. Aceasta se datorează modificării densității, morfologiei și geometriei vertebrale, fapt care determină scăderea rezistenței vertebrale cu apariția fracturilor osteoporotice în urma unor eforturi sau traumatisme minore. Prin tasarea corpurilor vertebrale apare cifoza, astfel încât are loc o modificare a centrului de greutate al corpului, ceea ce determină accentuarea fenomenelor degenerative.

Toate acestea pot determina în final apariția unei dureri persistente cu pierderea mobilității coloanei vertebrale și creșterea riscului de apariție a unor noi fracturi vertebrale osteoporotice. Accentuarea cifozei toracice și modificarea lordozei lombare, este însoțită de tulburări ale funcției respiratorii cu reducerea capacității vitale, cu posibila evoluție ulterioară spre afecțiuni pulmonare și viscerale cronice.

Din acest motiv prevenirea osteoporozei și tratarea corespunzătoare a fracturilor vertebrale osteoporotice, este foarte importantă.

Deși tratamentul fracturilor vertebrale osteoporotice este oarecum standardizat, evoluția sub tratament poate fi incertă. Acesta se datorează în principal caracteristicilor biomecanice locale, care sunt modificate de apariția fracturii și de modificările biologice generale (degenerative și osteoporoză).

Tema tezei de doctorat se înscrie în preocupările autorului în practica medicală de zi cu zi și este un subiect de actualitate, intens dezbătut în ultimii ani, datorită creșterii speranței de viață a persoanelor în vârstă, apariției diferitelor terapii medicamentose de prevenire și tratare a osteoporozei, diferitelor metode de imobilizare precum și tehnici chirurgicale diferite de stabilizare a coloanei vertebrale.

Obiectivele lucrării de față sunt analiza teoretică și experimentală a modului de apariție a fracturii vertebrale osteoporotice la încărcare, precum și evaluarea comportării după efectuarea vertebroplastiei a segmentului vertebral. Pe lângă aceasta s-a făcut și o analiză statistică a fracturilor vertebrale osteoporotice.

Concluziile lucrării de față sunt desprinse dintr-o analiză statistică amănunțită, teste biomecanice și sinteza stadiului actual al cercetărilor în domeniul fracturilor vertebrale osteoporotice.

Teza de doctorat este structurată în unsprezece capitole, în care sunt prezentate aspecte care țin de anatomia vertebrelor, investigarea radiologică a coloanei vertebrale, biomecanica coloanei vertebrale dorsale și lombare normale și a celei osteoporotice, posibilități terapeutice în tratarea fracturilor vertebrale osteoporotice, o analiză statistică a incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice, realizarea unui stand experimental, precum și o serie de cercetări experimentale pentru determinarea caracteristicilor biomecanice a modului de apariție a fracturilor

vertebrale și comprtarea segmentului vertebral la compresiune înainte și după efectuarea vertebroplastiei.

În finalul tezei sunt prezentate concluziile obținute din fiecare etapă de cercetare a tezei de doctorat precum și posibilele direcții de continuare a cercetărilor biomecanice și statistice.

Capitolul 1 prezintă noțiuni despre anatomia coloanei dorsale și lombare. În prima parte este prezentată anatomia vertebrelor dorsale și lombare, cu principalele caracteristici de diferențiere, foarte utile în practica chirurgicală. Medicul ortoped trebuie să fie familiar nu numai cu arhitectura osoasă a coloanei veretebrale ci și cu structurile vasculo-nervoase, organele viscerale și structurile musculo-ligamentare adiacente. Geoemetria traveelor vertebrale este puternic influențată de modul de încărcare a segmentelor vertebrale.

În continuare sunt descrise în amănunt principalele mijloace de unire intervertebrale. Astfel este descrisă arhitectura macroscopică și microscopică a dicului intervertebral, punându-se accent pe componenta chimică a acestuia, aceasta din urmă fiind puternic influențată de fenomenul de îmbătrânire.

Pe lângă structura ososă și capsulo-ligamentară a coloanei vertebrale un rol important îl joacă mușchii trunchiului. Din punctul de vedere al așezării acestor mușchi sunt de două feluri: mușchii superficiali și mușchii profunzi – proprii ai coloanei vertebrale. Musculatura reprezintă sursa principală a forței care determină mișcarea coloanei vertebrale.

La final sunt prezentate pe scurt date despre vascularizația și inervația coloanei vertebrale.

Capitolul 2 prezintă noțiuni despre anatomia radiologică a coloanei toracice și lombare, necesare pentru punerea unui diagnostic și alegerea unei obțiuni terapeutice cât mai bune, în funcție de anatomia leziunii vertebrale și gradului de stabilitate a acesteia.

Examenul radiologic al coloanei vertebrale se face în ziua de azi în mod curent, investigația fiind disponibilă în toate unitățile de urgență, putând fi efectuată cu echipamente fixe și portabile. Radiografiile plane ne oferă detalii despre prezența și localizarea unei leziuni osoase, fiind considerată investigația standard de primă intenție în toate protocoalele de investigare a pacienților la care se suspectează leziuni vertebrale. Incidențele radiologice standard de evaluare a

coloanei dorso – lombare sunt cea antero-posterioară, de profil și oblice. Foarte important la radiografiile coloanei lombare este faptul că acestea ar trebui efectuate în ortostatism, dacă s-ar ține cont de biomecanica coloanei lombare. Dar acest lucru nu este posibil mai ales în traumatismele coloanei lombare. Incidența antero-posterioară și cea de profil sunt de obicei suficiente pentru investigarea coloanei lombare, în condiții de urgență. Astfel radiografiile sunt o metodă de investigare facilă și relativ ieftină de investigare a coloanei vertebrale, cu ajutorul ei se pot obține numeroase informații despre coloana vertebrală. Dar aceasta nu ne dă informații despre structurile neurale, vasculare și cele ligamentare. Astfel în foarte multe afecțiuni acute și cronice ale coloanei vertebrale este necesară completarea investigațiilor cu ajutorul CT, RMN.

Radiografiile convenționale urmate de examinarea CT reprezintă un protocol de examinare foarte eficient dacă ținem cont de raportul cost-eficiență, în investigarea traumatismelor vertebrale.

Computer Tomograful permite vizualizarea cu precizie a osului spongios și cortical, astfel în traumatologia coloanei vertebrale ne permite obținerea de date legate de: localizarea fracturii (corp vertebral, arcul posterior), tipul de fractură, dimensiunile și localizarea fragmentelor, luxațiile articulațiilor interapofizare. Ne permite de asemenea aprecierea raportului fragmentelor osoase în legătură cu canalul medular și gradul de compresie medulară. Sunt utile reconstrucțiile sagitale și coronale, pentru o mai bună analiză a traiectelor de fractură.

Uneori este necesară completarea investigațiilor cu ajutorul examenului RMN. Marele câștig al RMN este faptul că ne dă posibilitatea de a evalua structurile intracanalare și cele paraspinale, aprecierea modificărilor de la nivelul articulațiilor intervertebrale, leziunile ligamentare. Foarte util în fracturile vertebrale osteoporotice este faptul că examenul RMN, ne permite aprecierea vechimii fracturii vertebrale în funcție de edemul de la nivelul corpului vertebral, în secțiunile T1, T2 și mai ales în secțiunea STIR.

Capitolul 3 prezintă noțiuni despre biomecanica coloanei dorsale și lombare normale. O înțelegere cât mai bună a biomecanicii coloanei vertebrale este foarte importantă, pentru a putea înțelege cât mai bine aspectele clinice ale unei afecțiuni, modul de apariție al acestora precum și posibilitățile de management ale acestora. Biomecanica se consideră ca fiind o aplicație a legilor clasice ale mecanicii în studiul sistemelor biologice. Biomecanica sistemului musculoscheletal este foarte importantă în analiza forțelor care acționează asupra structurilor care formează corpul uman și răspunsul lor la acestea.

Din punct de vedere funcțional coloana vertebrală îndeplinește trei funcții importante: protecția măduvei spinării, rol static și rol biomecanic.

Coloana vertebrală din punct de vedere biomecanic are trei funcții foarte importante care o definesc:

1. transmiterea greutății și forțelor din partea superioară a corpului spre pelvis și membrele inferioare;
2. permite fluidizarea și conectarea mișcărilor dintre cap, trunchi și pelvis;
3. rol important în protecția măduvei spinării.

Coloana vertebrală prezintă o stabilitate intrinsecă datorită discului intervertebral și ligamentelor intervertebrale și o stabilitate extrinsecă determinată de musculatură.

Curburile în plan *sagital* sunt orientate cu convexitatea fie anterior și se numesc lordoze sau cu convexitatea posterior și se numesc cifoze. Aceste curburile în plan sagital sunt necesare pentru păstrarea ortostatismului, creșterea rezistenței coloanei și absorbției șocurilor. La persoanele normale echilibrul sagital al coloanei în ortostatism este un compromis între curburile coloanei și poziția pelvisului.

Curburile din plan *frontal* sunt cu convexitatea la dreapta sau la stânga. La nivel toracic este la dreapta iar celelalte două la nivel cervical și lombar cu convexitatea la stânga sunt compensatorii.

În fizică este cunoscut faptul că o coloană elastică cu curburile oferă o rezistență mai mare comparativ cu o coloană rectilinie. Curburile diminuează șocurile verticale, ușurând astfel munca mușchilor coloanei. În urma unor experimente biomecanice s-a dovedit că numărul curburilor în plan sagital crește rezistența coloanei vertebrale cu pătratul curburilor plus unu. Astfel în cazul coloanei vertebrale umane rezistența acesteia crește de aproximativ 10 ori comparativ cu o coloană dreaptă. Trecerea de la o zonă la alta, joncțiunile, sunt și sediul unor leziuni degenerative și traumatice datorită trecerii de la o zonă cu mobilitate crescută (cervicală și lombară) la o zonă cu mobilitate scăzută (toracică și sacrată). Orice modificare a formei sau orientării unui segment vertebral, implică automat o modificare a formei întregii coloane cu influențe asupra tuturor segmentelor care participă la realizarea echilibrului sagital.

Un pas deosebit de important în înțelegerea biomecanicii coloanei vertebrale a fost făcut prin introducerea noțiunii de **segment de mișcare** de către Junghans în 1950, care ulterior prin asocierea elementelor musculare și vasculo-nervoase a devenit **segment motor**. Un **segment motor** este format vertebrele adiacente cu toate structurile care participă la formarea articulațiilor intervertebrale, discul intervertebral (teoretic fiecare segment motor conține câte două jumătăți de vertebră cu discul intervertebral corespunzător), sistemul ligamentar, structurile

musculare și vasculo-nervoase adiacente care servesc segmentele respective, nervii spinali care trec prin orificiul intervertebral. În acest fel segmentul motor este independent din punct de vedere funcțional și anatomic.

Aproximativ 70-90% din greutatea axială este preluată de corpul vertebral, în condiții normale. Structura și rezistența corpurilor vertebrale variază de la un nivel la altul. Astfel vertebrele din regiunile superioare ale coloanei trebuie să suporte o greutate mai mică, compartiv cu cele din regiunile inferioare ale rahisului. Rezistența corpului vertebral este dată și de densitatea traveelor osoase, scăderea acestora deteminând o scădere importantă a rezistenței corpurilor vertebrale. Traveele la nivelul corpurilor vertebrale sunt dispuse în funcție de direcția forțelor care acționează asupra corpului vertebral, astfel sunt predominante trei orientări principale, dar cu predominența orientării verticale. Rezistența traveelor corpurilor vertebrale scade dinspre anterior spre posterior. Prin intermediul platourilor vertebrale se realizează o distribuție uniformă a forțelor de compresiune asupra sistemului trabecular al corpului vertebral. În corpurile vertebrale cu o structură normală, mare parte din rezistența acestuia vine din structura trabeculară, urmată de rezistența platourilor vertebrale.

Discul intervertebral este format din inelul fibros și nucleul pulpos și se consideră că are un rol determinant în capacitatea de mișcare a segmentului motor. Inelul fibros prin intermediul fibrelor sale este puternic ancorat de platourile vertebrale, unde se continuă cu fibrele de colagen ale traveelor osoase. În condiții normale asupra porțiunii anterioare respectiv posterioare a discului intervertebral acționează aproximativ 40% respectiv 48%. Aceste procente sunt modificate când apar procesele degenerative.

Articulațiile zigoapofizare datorită formei și orientării lor determină orientarea mișcărilor la nivelul coloanei vertebrale în direcții preferențiale, diferite de la o regiune la alta. Împreună cu discul intervertebral articulațiile zigo-apofizare, participă la transmiterea forțelor de compresiune de la segmentele supraiacente la cele subiacente. În mod normal forța care apasă pe acestea în poziția stând este mică (aproximativ 8%), dar în flexie aproape întreaga forță de compresiune este preluată de discul intervertebral. În condiții patologice aceasta poate crește mult, putând ajunge până la 90% din forța de compresiune.

Sistemul ligamentar este format din întregul aparat ligamentar al coloanei vertebrale. Acestea formează împreună elementul pasiv de susținere al segmentului motor. Ligamentele au rolul de a diminua amplitudinea mișcărilor coloanei vertebrale, asigură revenirea la poziția inițială a coloanei și absorb o bună parte din solicitările coloanei vertebrale.

Acest sistem ligamentar împreună cu discul intervertebral realizează o anumită stare de echilibru denumită de *Steindler*, ***echilibrul intrinsec (EI)*** al segmentului vertebral.

Mușchii coloanei vertebrale sunt într-un număr destul de mare și formează elementul motor al coloanei vertebrale, participând la realizarea mișcărilor coloanei vertebrale.

Mișcărilor coloanei sunt complexe, deoarece în realizarea lor intervin mai multe segmente motorii. Mișcărilor la nivelul fiecărui segment motor sunt mici dar prin sumarea lor iau naștere mișcări de diferite grade la nivel toracic și lombar, de o amplitudine suficientă pentru îndeplinirea funcțiilor scheletului. Multitudinea factorilor mecanici și numeroasele articulații intervertebrale fac din coloana vertebrală un aparat complex de mișcare, care permite echilibrarea ușoară a corpului în cele mai dificile poziții.

Capitolul 4 prezintă noțiuni legate de modificarea biomecanicii coloanei vertebrale de către osteoporoză și fracturile vertebrale osteoporotice.

Osteoporoza este o afecțiune scheletică sistemică caracterizată prin scăderea densității mineral osoase și alterarea microarhitecturii osului, determinând astfel creșterea fragilității osoase. Osteoporoza este o afecțiune ce apare în special la femeile aflate la menopauză, însă poate să fie diagnosticată și la bărbați, precum și la adulții tineri, dacă există factori de risc pentru inducerea ei. În România osteoporoza a început să devină o reală problemă socială. Acest lucru se datorează în principal proastei alimentații a vârstnicilor, sedentarismului, asistenței medicale geriatrice deficitare. În țara noastră nu există din păcate date concrete care să arate impactul osteoporozei asupra vieții socio-economice.

Radiologia standard nu poate pune, dar ne poate sugera diagnosticul de osteoporoză. Densitatea mineral osoasă (DMO) se determină cu ajutorul unei tehnici moderne cu raze X, denumită absorpția duală cu raze X (DEXA). Aceasta este folosită în general pentru aprecierea densității mineral osoase a coloanei vertebrale și a șoldului.

Modificările degenerative și cele osteoporotice, ale unităților vertebrale funcționale au efecte semnificative asupra biomecanicii vertebrale, ceea ce determină apariția unor solicitări anormale asupra acestora. Fiind modificate microstructura vertebrei, mobilitatea coloanei vertebrale, capacitatea de a transmite și a absorbi solicitările la care este supusă coloana. Sunt modificări importante care împreună afectează structura coloanei anterioare și posterioare a unității funcționale spinale.

Odată cu înaintarea în vârstă are loc o pierdere a conectivității și o subțiere a trabeculelor, în special a celor orientate în plan orizontal. Aceasta determină apariția microfracturilor prin reducerea rezistenței vertebrale la forțele exterioare. Acest lucru se petrece la ambele sexe, dar se produce într-un ritm mai accelerat la persoanele de sex feminin după intrarea la menopauză.

Gradul de deformare a vertebrei este direct dependent de gradul de integritate a microstructurii trabeculare, starea corticalelor vertebrale. Forțele la care sunt supuși corpii vertebrali cresc dinspre proximal spre distal, aceasta fiind una din cauzele pentru care fracturile vertebrale sunt mai frecvente în regiunea inferioară a coloanei toracice și în regiunea lombară. Forțele care acționează asupra vertebrei determină o deformare a acesteia, formând o curbă de deformare elastică, până la un anumit punct de randament. Când această forță încetează să mai acționeze, corpul vertebral revine la forma inițială. Porțiunea în care corpul vertebral este elastic, scade pe măsură ce se înaintează în vârstă, lucru valabil pentru ambele sexe. Prezența unei fracturi de corp vertebral poate crește riscul de apariție a unei noi fracturi de corp vertebral în primul an cu până la 19,2%, iar prezența a una-două fracturi crește riscul de apariție a unei noi fracturi în al doilea an cu 24%. Cifoza coloanei vertebrale, secundară unei fracturi de corp vertebral crește deasemenea riscul de apariție a unei noi fracturi vertebrale.

Odată cu fenomenul de îmbătrânire au loc modificări de structură și formă la nivelul coloanei, toate acestea influențează modul de acțiune al forțelor și distribuția acestora la nivelul vertebrei. Fracturile-tasare ale vertebrelor osteoporotice la vârstnici, apar în urma unor traumatisme minore și de multe ori fără răsunet clinic, fiind descoperite întâmplător. Dar pe măsură ce corpul vertebral își pierde din înălțime și pe măsură ce fractura se vindecă și devine permanentă, are loc o creștere a cifozei vertebrale cu adoptarea de către pacient a unei atitudini cifotice ("Dowager's Hump"). Această modificare a coloanei determină o modificare a centrului de greutate și centrului instantaneu de flexie spre anterior. Prin modificarea acestora are loc o suprasolicitare a porțiunii anterioare a corpului vertebral, crescând astfel riscul de apariție a unor noi fracturi-tasare a corpului vertebral. Toate acestea determină la rândul lor o suprasolicitare a grupelor musculare posterioare și a aparatului capsuloligamentar, cu creșterea consecutivă a consumului de oxigen și a oboselii musculare în încercarea pacientului de a-și menține postura cât mai aproape de normal. . Acest fenomen putând explica apariția fenomenului de "*cascada fracturilor vertebrale*", care predispune la apariția unor noi fracturi vertebrale. Accentuarea cifozei toracice este însoțită de tulburări ale funcției respiratorii cu reducerea capacității vitale (o singură tasare de corp vertebral poate determina o scădere a capacității vitale cu 9%), cu posibila

evoluție ulterioară spre afecțiuni pulmonare cronice, de exemplu bronhopneumopatia obstructivă cronică (BPOC).

La finalul capitolului sunt prezentați o serie de factori care determină și favorizează apariția fracturilor vertebrale osteoporotice.

Capitolul 5 prezintă clasificarea fracturilor osteoporotice ale coloanei vertebrale. Fără un diagnostic precis, cu o clasificare corectă, nu se poate face un prognostic eficient, care să ne permită posibilitatea alegerii unei metode terapeutice cât mai eficiente pentru prevenirea complicațiilor. Cea mai des folosită investigație pentru clasificarea fracturilor vertebrale osteoporotice, este radiografia. Sistemul de clasificare a fracturilor reprezintă un fel de ghid în tratamentul acestora.

Des folosită în articolele de specialitate este o clasificare făcută de universitatea din Kyoto (2005), în care s-a încercat detectarea unor semne radiologice timpurii ale fracturilor vertebrale, care să ne permită crearea unui prognostic cât mai precis al evoluției acestora. Astfel cu ajutorul radiografiilor de profil fracturile prin compresiune ale corpurilor vertebrale s-au clasificat în cinci tipuri, în principal în funcție de prezența unei linii de fractură pe peretele anterior al vertebrei (Figura 23):

1. *tipul "bombat" al marginii anterioare a vertebrei (swelled front type)* în acest tip peste 50% din marginea anterioară a corpului vertebral este bombată;
2. *forma de "arc" (bow shaped type)* în acest tip platoul superior al vertebrei este prăbușit sau fisurat, la fel și marginea anterioară marginea anterioară;
3. *tipul "proiectat" (projecting type)* în care peste 50% din peretele anterior mai proeminent cu aspectul unei umflături, fără linie de fractură;
4. *tipul biconcav (concave type)* în care ambele platouri vertebrale sunt prăbușite iar peretele anterior este intact; fără linie de fractură;
5. *tipul dințat (dented type)* în acest tip centrul peretelui vertebral anterior prezintă o linie de fractură care are aspectul unui dinte.

Acest tip de clasificare poate fi foarte utilă în clasificarea fracturilor acute care apar în urma unor traumatisme minore, aceasta clasificare nu se poate folosi în cazul fracturilor vechi. În funcție de aceste caracteristici poate fi posibilă aprecierea evoluției fracturii în viitor din momentul în care pacientul s-a prezentat în camera de gardă sau la consulturile de control. Imaginile caracteristice pentru un bun prognostic sunt tipurile concav și dințat. Tipul concav este o leziune stabilă atâta timp cât este o leziune localizată. Tipul dințat nu este o leziune caracteristică pentru

fracturile osteoporotice ale coloanei vertebrale, dar conform principiului celor trei coloane ale lui Denis, este o fractură stabilă fiind localizată doar la nivelul coloanei anterioare.

RMN este practic singura metodă relativ facilă de investigare, pe care o avem la dispoziție destul de facil, pentru a putea determina vârsta fracturii, precum și pentru a putea face diagnosticul diferențial cu o tumoră vertebrală sau o metastază la nivelul acesteia. În fracturile recente datorită edemului vertebral, în modul T1 la nivelul corpului vertebral se evidențiază un semnal de intensitate scăzută. În modul T2 se evidențiază o intensitate crescută a semnalului. Pe măsură ce fractura se vindecă, corpul vertebral se apropie de aspectul normal al osului spongios pe RMN.

Capitolul 6 prezintă posibilitățile de tratament în fracturile vertebrale osteoporotice ale coloanei toracice și lombare. Principiile de tratament ale fracturilor vertebrale depind de tipul fracturii și de locația acesteia. Managementul acestora implică o echipă multidisciplinară (ortoped, neurochirurg, endocrinolog, medicul de familie, fizioterapeut, kinetoterapeut) cu personal calificat, care să colaboreze de la diagnosticare, inițierea tratamentului și până la finalizarea acestuia. Este cunoscut faptul că doar o parte dintre fracturi ajung în atenția medicului, și doar o mică parte dintre ele necesită spitalizare.

Profilaxia osteoporozei are ca scop obținerea unei densități mineral osoase corespunzătoare și prevenirea apariției acesteia la vârstnici. Exercițiile fizice, un stil de viață activ cu o nutriție corespunzătoare bogată în calciu și vitamina D, evitarea consumului în exces de alcool și a fumatului, controlul ponderal contribuie împreună la acumularea unei mase osoase sănătoase. Pe lângă aceste metode de profilaxie a osteoporozei există și metodele farmacologice de prevenție a acesteia. Acestea împreună pot determina o scădere a incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice cu până la 60% în primul an de tratament.

Tratamentul conservator constă în repaus la pat pentru 7 –10 zile, asociat cu tratament antiinflamator, miorelaxant și antialgic, este primul pas în tratarea acestor fracturi. Imobilizarea cu orteză toraco-lombo-sacrată este o soluție terapeutică, dar aplicabilă doar la persoanele care pot fi mobilizate rapid, au o fractură stabilă care are potențial scăzut de progresie a colapsului vertebral. Imobilizarea cu orteză toraco – lombo- sacrată are o indicație realtivă la persoanel foarte vârstnice. Primu lucru care trebuie urmărit în tratamentul conservativ al fracturilor veratebrale osteoporotice, este monitorizarea pacientului pentru a preveni prăbușirea corpului vertebral. Durata medie a unui tratament

conservator este de aproximativ 6-8 săptămâni. Dezavantajele care ne fac totuși să tratăm aceste fracturi în mod mult mai agresiv sunt:

- necesită imobilizare;
- imobilizarea prelungită poate determina apariția unor complicații ca: tromboza venoasă, embolia pulmonară, pneumopatii de decubit etc.;
- Atrofia musculaturii paravertebrale, care poate determina în final persistența durerii dorso-lombare.

Dacă simptomatologia dureroasă persistă sau se evidențiază progresia colapsului vertebral se recomandă renunțarea la tratamentul conservator și luarea în considerare a unei proceduri chirurgicale care să stabilizeze fractura corpului vertebral. Astfel deși rezultatele tratamentului conservator și medical sunt încurajatoare, rămâne din păcate un procent destul de mare dintre pacienți, care nu răspund la acestea.

Principalele indicații pentru tratament chirurgical în fracturile vertebrale osteoporotice (FVO) sunt:

- durere de natură mecanică;
- manifestări neurologice;
- deformare severă a coloanei vertebrale;
- progresia colapsului vertebral.

Tratamentul chirurgical are ca principal scop:

- stabilizarea coloanei vertebrale;
- decompresia canalului neural și a rădăcinilor nervoase;
- restabilirea anatomiei coloanei.

Alegerea unui tratament chirurgical depinde foarte mult de: tipul de fractură vertebrală și de localizare, numărul de vertebre implicate și de gradul de afectare neurologică a acesteia. Un lucru foarte important pe care nu trebuie să-l uităm când tratăm o fractură vertebrală osteoporotică, este că nu doar acea vertebră este afectată de osteoporoză ci întreaga coloană vertebrală este afectată de osteoporoză.

Spectrul procedurilor chirurgicale care ne stau la dispoziție pentru tratamentul FVO este destul de limitat, datorită caracteristicilor acesteia, și poate include următoarele proceduri:

- simpla întărire a vertebrei cu polimetil-metacrilat (vertebroplastia);
- întărirea și restaurarea înălțimii corpului vertebral cu polimetilmetacrilat (cifoplastia);
- stabilizarea corpului vertebral și decompresia canalului medular;
- combinarea procedurilor de fixare internă și întărire cu polimetil-metacrilat.

Vertebroplastia percutanată este o procedură chirurgicală folosită de câteva decade în tratamentul fracturilor vertebrale osteoporotice și necroză avasculară de corp vertebral. Ea constă în utilizarea polimetilmetacrilatului, a grefei osoase sau substituentului osos pentru diminuarea durerii, restabilirea cifozei locale și a înălțimii corpului vertebral afectat.

Cifoplastia este o tehnică chirurgicală care constă în abordarea corpului vertebral transpedicular sau extrapedicular, cu un trocar sub control fluoroscopic; urmată de umflarea cu ajutorul unui manometru a unui balon impactor, care reface parțial înălțimea corpului vertebral; după care se introduce în locul liber lăsat de balon ciment acrilic radioopac. Principalul scop al cifoplastiei este de a reface cât mai mult înălțimea corpului vertebral prăbușit și de a reduce riscul de extravazare a polimetil-metacrilatului. Acestea sunt principalele aspecte care o diferențiază de vertebroplastie.

Capitolul 7 reprezintă un studiu statistic al fracturilor vertebrale osteoporotice internate în cadrul Clinicii de Ortopedie – Traumatologie Sibiu, în perioada 1 ianuarie 2008 și 31 decembrie 2012.

Pentru realizarea unui studiului statistic s-au utilizat criteriile de includere în studiu pentru persoanele de sex feminin și masculine. Criteriile de intrare în studiu a unei persoane de sex **feminine** sunt:

- Vârsta peste 50 ani;
- Femeie la menopauză;
- Traumatism de mică intensitate (cădere de la același nivel, ridicare greutate etc.);
- Aspectul radiografic al fracturii caracteristic pentru o fractură vertebrală osteoporotică (semne radiologice de osteoporoză la nivelul corpului vertebral, anterior wedge fracture, fractură biconcavă, fractură de tip “crush” sau fractură prin compresiune tip A 1 după clasificarea AO).

Criteriile de includere a unei persoane de sex masculin sunt:

- Vârsta peste 65 ani;
- Bărbat cu factor de risc major pentru osteoporoză asociați (conform O.M.S.);
- Traumatism de mică intensitate (cădere de la același nivel, ridicare greutate etc.);
- Aspectul radiografic al fracturii caracteristic pentru o fractură vertebrală osteoporotică (semne radiologice de osteoporoză la nivelul corpului

vertebral, anterior wedge fracture, fractură biconcavă, fractură de tip “crush” sau fractură prin compresiune tip A după clasificarea AO).

Pentru a-mi putea face o privire de ansamblu a incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice, am luat în studiu toate fracturile vertebrale ale pacienților care au îndeplinit criteriile de fractură osteoporotică. Acestea le-am raportat la numărul total de fracturi ale coloanei vertebrale dorsale și lombare care au fost internate și tratate în perioada 1.01.2008 și 31.12.2012 în cadrul Clinicii de Ortopedie – Traumatologie Sibiu.

Astfel în această perioadă, în cadrul clinicii au fost internate un număr 385 cazuri cu fractură de coloană dorsală și lombară, din acestea 193 (50,12%), au îndeplinit criteriile clinice și radiologice de fractură vertebrală osteoporotică. Din totalul fracturilor vertebrale osteoporotice 121 (62,70%) cazuri sunt de sex feminin, iar restul de 72 (37,30%) de sex masculin. Din analiza datelor obținute, se observă un vârf al incidenței fracturilor vertebrale între 40 și 70 de ani. Între 30 și 60 de ani incidența fracturilor vertebrale este mai mare la persoanele de sex masculin, ulterior după această vârstă procentele se inversează fiind mai frecvente la persoanele de sex feminin. Datele obținute coincid în cea mai mare parte cu cele din literatură, astfel am luat ca studiu comparativ publicat în 2003 și care este citat foarte des în literatura de specialitate *European Prospective Osteoporosis Study (EPOS)*(39). În ambele studii se arată o creștere a incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice indiferent de sex odată cu înaintarea în vârstă, cu un vârf al incidenței între 70 și 80 ani.

Tot în cadrul acestei prime părți a studiului statistic, am realizat o împărțire a numărului de fracturi vertebrale în funcție de nivelul de localizare. Ținând cont de împărțirea pe centre traumatice a coloanei vertebrale, am realizat o grupare pe câte două nivele la nivel thoracic și lombar, din motive obiective care ne-au facilitat o numărătoare mai facilă a fracturilor, ținând cont că studiul este retrospectiv. În urma analizei datelor obținute se evidențiază faptul că fracturile predomină la nivelul vertebrei L1, atât raportat la numărul total de fracturi vertebrale cât și raportat la numărul de fracturi osteoporotice. Următoarele fracturi ca număr sunt cele adiacente vertebrei L1, adică vertebrele L2 și T12. Datele obținute coincid în cea mai mare parte cu cele din literatura internațională de specialitate, unde deasemenea se remarcă predominanța fracturilor vertebrale la nivelul vertebrei L1 urmată de vertebrele adiacente. (29) Din analiza datelor statistice precum și în urma analizei radiografiilor, mai reiese faptul că majoritatea fracturilor prin compresiune cu energie mică au loc la nivelul joncțiunii dorso – lombare. Joncțiunea dorso-lombară face trecerea de segmentul toracic rigid la cel lombar

care este mobil. Iar trecerea bruscă de la un segment rigid la unul mobil face această zonă deosebit de sensibilă la traumatisme.

Este interesant dacă ne uităm la costul total al pacienților cu fractură vertebrală osteoporotică. Suma totală pentru pacienții cu astfel de fractură, după cum am menționat este de 243244 RON, din care 66878 RON sunt reprezentate de vertebroplastii, iar restul de 176366 RON de către pacienții tratați conservator.

Am considerat că ar fi foarte interesant de analizat și patologia care este asociată pacienților internați în clinică cu fracturi osteoporotice. Deoarece aceasta poate avea un impact foarte important evoluția sub tratament a acestor pacienți, fiind influențată astfel morbiditatea și mortalitatea acestor pacienți. Din analiza cifrelor reiese că comorbiditățile cel mai frecvent asociate fracturilor osteoporotice sunt afecțiunile cardiovasculare, acestea fiind depistate la un număr de 118 pacienți (61,13%). Dintre acestea cele mai frecvente sunt hipertensiunea arterială și cardiopatia ischemică. Analiza tuturor acestor date ne arată faptul că practic nici un pacient cu fractură vertebrală osteoporotică nu este lipsit de o afecțiune asociată. Toate acestea împreună duc la creșterea morbidității, care pot determina împreună deteriorarea nivelului de trai al pacientului, cu creșterea consecutivă a mortalității, comparativ cu cea a populației care nu a suferit o fractură osteoporotică de corp vertebral.

Pentru fiecare pacient luat în studiu s-a întocmit o fișă de examinare, constând din scorul VAS (Visual Analogue Score) și scorul Oswestry. Această fișă de examinare a fost completată atât de pacienții care au fost tratați conservator precum și de cei care au suferit o intervenție chirurgicală (vertebroplastie sau rahisinteză).

Din totalul pacienților de 193 luați în studiu, 162 (83,93 %) de pacienți au urmat un tratament conservator. Dintre aceștia 109 (56,47 %) au fost imobilizați cu orteză toraco-lombo-sacrată, iar restul de 53 (27,46 %) fără imobilizare. Aceștia au fost tratați prin imobilizare la pat 10 –14 zile, după care au fost mobilizați progresiv în limita pragului dureros, asociat cu evitarea mișcărilor de flexie și exerciții de extensie pentru tonifierea musculaturii paravertebrale. Restul de 31 (16,06 %) pacienți au fost tratați chirurgical prin vertebroplastie sau rahisinteză.

Capitolul 8 prezintă date statistice despre pacienții tratați prin vertebroplastie. Indicațiile vertebroplastiei sunt pentru diminuarea durerii și pentru stabilizarea focarului de fractură vertebral. Astfel au indicație acei pacienți care prezintă durere persistentă în timpul activităților zilnice fără a ceda la tratamentul conservator. Nu este clar stabilit un criteriu de indicație a vertebroplastiei în funcție de vechimea fracturii, dar în acele fracturi care sunt foarte dureroase și nu

cedează la tratamentul parenteral și care necesită spitalizare, ar trebui să se intervină imediat.

Contraindicațiile absolute ale vertebroplastiei sunt: fracturile vertebrale osteoporotice stabile și cu evoluție bună sub tratament conservator, pacienții tineri, fragment osos în canalul medular și prezența manifestărilor neurologice severe, Infecțiile vertebrale, tulburările de coagulare, infecțiile de ordin generale (ex. septicemiile), dacă pacientul se știe alergic la una dintre componentele PMMA – ului, acei pacienți cu un status general puternic afectat și cu speranță de viață scăzută (ex. afecțiuni cardiovasculare severe, fenomene severe de insuficiență respiratorie) reprezintă desemenea o contraindicație absolută.

Contraindicațiile relative ale vertebroplastiei sunt: fragment osos în canalul medular, pacienții care prezintă radiculopatie după producerea fracturii, Fracturile vertebrale osteoporotice la care înălțimea corpului vertebral este afectată cu peste 70% sau corpul vertebral prezintă o înălțime sub 8 mm, riscului toxic pe care îl reprezintă monomerii polimetilmetacrilatului în timpul procesului exotermic de întărire a acestuia și a riscului de apariție a emboliei pulmonare, Infecțiile de gen tract urinar, infecțiile dentare, fracturi vertebrale vechi care sunt asimptomatice.

În studiu au fost incluse acele fracturi care prezintă următoarele caracteristici clinice și paraclinice:

- 1) durere locală majoră la nivelul coloanei vertebrale și este asociată radiologic cu o fractură de corp vertebral, care nu cedează la tratamentul intravenos antialgic, antiinflamator și a repausului la pat pe parcursul internării pacientului;
- 2) pacienții la care s-a început cu tratament conservator, dar la care persistă durerea deși nu mai are intensitatea inițială;
- 3) tasare progresivă a corpului vertebral în timpul tratamentului conservator, care determină astfel creșterea unghiului cifotic vertebral;
- 4) semnele radiologice de osteopenie sau osteoporoză (corpul vertebral prezintă o radiotransparență crescută, în timp ce corticala prezintă o densitate apropiată de cea normală dar mai subțire ;
- 5) semnele specifice ale fracturii vertebrale osteoporotice, vizibile cu ajutorul examenului RMN;
- 6) întârziere de consolidare a corpului vertebral (Kummel-Verneuil, determinată prin examen CT sau RMN);
- 7) pacienții să fie examinați și CT preoperator;
- 8) fractura vertebrală localizată între nivelele T5 și L5;

- 9) pacientul era capabil să se deplaseze sau să stea cel puțin în șezut înainte de apariția fracturii vertebrale;
- 10) pacientul să poată fi urmărit cel puțin un an postoperator și să completeze fișele de evaluare preoperatori și postoperatorie.

Pentru acei pacienți care nu au fost incluși în studiu s-au folosit următoarele criterii de excludere:

- 1) prezența de manifestări neurologice determinate de compresia radiculară sau medulară a unui fragment osos migrat în canalul medular sau care determină compresii intraforaminale;
- 2) fractură stabilă cu evoluție favorabilă în urma tratamentului conservator;
- 3) prezența unei spondilite anchilozante;
- 4) prezența unei infecții;
- 5) tulburări de coagulare, afecțiuni cardiovasculare sau alte afecțiuni care afectează sever statusul general al pacientului, crescând astfel foarte mult riscul anestezic și operator al acestuia;
- 6) pacient care nu era capabil să se deplaseze înainte de apariția fracturii vertebrale osteoporotice;
- 7) dacă s-a considerat că pacientul poate beneficia mai mult în urma unei proceduri chirurgicale deschise (de exemplu fracturi vertebrale care au survenit în urma unui traumatism cu energie mare și care a determinat apariția unei fracturi vertebrale cominutive cu tasare severă, afectarea peretelui vertebral posterior și a elementelor neurale posterioare ale vertebrei).

Studiul s-a efectuat pe un număr de 20 vertebroplastii efectuate în perioada 2009 – 2012 în cadrul Clinicii de Ortopedie Traumatologie Sibiu, cuprinse între nivelele T11 și L3. Toate fracturile au survenit în urma unui traumatism minor (cel mai adesea în urma unei căderi de la același nivel sau ridicării unei greutate). Numărul de vertebroplastii este relativ scăzut, dar acesta a fost influențat de factori subiectivi dar și obiectivi. Toți pacienții au completat o fișă de examinare și și-au dat acordul pentru intervenția chirurgicală. Fiecare pacient a avut un protocol specific de pregătire preoperatorie. Pentru efectuarea vertebroplastiei este nevoie de PMMA, cel pe care l-am ales și utilizat este PMMA Simplex™ și VertaPlex. În continuare este descrisă tehnica operatorie de efectuare a vertebroplastiei prin abord transpedicular.

Pacienții au fost urmăriți până la un an postoperator la fiecare pacient în parte. Cei 20 pacienți au fost repartizați astfel: 13 de sex feminin și 7 de sex masculin. Vârsta medie a pacienților la care s-a efectuat vertebroplastie a fost de 73,63 ani, cu

vârste cuprinse între 60 și 83 ani. La femei vârsta medie este de 72,42 ani, iar la bărbați de 75,75 ani. Rezultatele pe care le-am obținut noi coincid cu cele din literatura de specialitate, unde la fel predomină pacienții de sex feminin ca număr de vertebroplastii efectuate, iar vârsta medie este mai mare la bărbați. Astfel durata medie de spitalizare în cazul pacienților cu vertebroplastie a fost de 10,5 zile (între 6 și 17 zile), iar în cazul pacienților cu tratament conservator durata medie a fost de 6,96 zile. La gruparea vertebroplastiilor în funcție de localizare se observă că numărul cel mai mare de vertebroplastii s-au efectuat la nivelul vertebrei L1 (8 cazuri), urmat de nivelul T12 (5 cazuri), restul cazurilor sunt repartizate în proporții aproape egale la nivelele L2 , L3 și T11.

Valoarea medie a scorului VAS preoperator a fost de 7,66 cu valori cuprinse între 7 și 8,5. Postoperator în ziua întâi, se observă o scădere marcată a scorului VAS, valoarea medie a acestuia fiind de 2,18 cu un interval cuprins între 1 și 3. La controlul de un an, s-a făcut o nouă evaluare a scorului VAS, valoarea medie obținută fiind de 2,92 cu valori cuprinse între 2,1 și 3,5. Astfel se observă variații destul de importante ale scorului VAS preoperator comparativ cu cele obținute în prima zi postoperator și la 12 luni postoperator.

Concomitent cu evaluarea scorului VAS s-a făcut și o evaluare a calității vieții, cu ajutorul chestionarului ODI, prin evaluarea unor activități care țin de viața zi cu zi. În urma analizei datelor obținute se observă o ameliorare netă a scorului ODI postoperator la un an, comparativ cu valorile preoperatorii (aceasta este valabil pentru toți pacienții chestionați).

Datele obținute coincid cu cele din literatură, unde la fel se remarcă o diferență majoră între scorul VAS preoperator și cel obținut în prima zi postoperator, aceasta face ca vertebroplastia să aibă un impact foarte puternic privind satisfacția pacientului din punctul de vedere al reducerii durerii imediat după vertebroplastie și începerii programului de recuperare, pentru tonifierea musculaturii paravertebrale cât mai repede postoperator. În urma analizei grafice, se observă practic scorul VAS și cel al aprecierii calității vieții la un an sunt practic egale, cu o foarte mică diferență în dezavantajul tratamentului conservator. De aici practic reiese că marele avantaj al vertebroplastiei este acela că reduce durerea și crește calitatea vieții mult mai repede comparativ cu tratamentul conservator. Dar acest avantaj practic se reduce după un an.

Pentru aprecierea gradului de uzură al articulațiilor zigopaofizare adiacente vertebrei cu vertebroplastie, s-a măsurat unghiul Cobb înainte și postoperator, iar cu ajutorul examenului RMN, s-a apreciat gradul de solicitare și uzură al acestora prin aprecierea cantității de lichid de la nivelul acestora precum și gradul de uzură al cartilajului articular. În urma măsurării unghiului Cobb format dintr-un complex

de 3 vertebre (vertebra supraiacentă și subiacentă vertebroplastiei), pe radiografiile de profil. Astfel în 19 din cazuri nu s-au evidențiat modificări ale acestora postoperator comparativ cu valorile preoperatorii, la un an postoperator. Excepție face un singur caz în care postoperator s-a evidențiat scăderea înălțimii corpului vertebral la nivelul căruia s-a injectat PMMA, consecutiv cu creșterea unghiului cifotic de la 15 la 25 grade. În același caz la examenul RMN s-a observat o creștere a cantității de lichid sinovial la nivelul articulațiilor zigoapofizare adiacente și un ușor edem la interfața dintre PMMA și osul spongios al corpului vertebral.

Pe parcursul celor efectuării vertebroplastiei la cele 20 cazuri au fost înregistrate și complicații, dar niciuna dintre acestea nu s-a soldat cu manifestări neurologice. Astfel la 5 cazuri a pătruns ciment la nivelul discului intervertebral, la două cazuri a pătruns ciment în canalul medular și la un caz a ajuns ciment în circulația paravertebrală (în cantitate foarte mică).

La sfârștul capitolului sunt o succesiune de prezentare de caz, s-au ales câteva cazuri mai reprezentative.

Capitolul 9 prezintă o analiză a biomecanicii coloanei vertebrale. Ce nu este cunoscut încă cu exactitate, este ceea ce se întâmplă după introducerea PMMA – ului în vertebră, deoarece PMMA – ul nu este niciodată încorporat rămânând ca un corp străin în vertebră și modifică astfel caracteristicile biomecanice ale segmentului vertebral. Majoritatea studiilor evaluează tensiunile intervertebrale la compresiune continuă, puține dintre ele evaluează ce se întâmplă la compresiuni ciclice ale coloanei vertebrale pentru o perioadă de timp determinată, după efectuarea tratamentului. Este foarte interesant studiul deplasărilor și deformațiilor de la nivelul discului intervertebral, platoului și diferitelor porțiuni ale corpului vertebral.

Este foarte interesant ce se întâmplă din punct de vedere al deformațiilor la nivelul discului intervertebral, platoului și corpului vertebral:

1. în timpul solicitărilor normale ale segmentului vertebral;
2. în timpul producerii fracturii de corp vertebral;
3. după introducerea PMMA – ului într-o vertebră fără fractură și o vertebră fracturată .

În scopul determinării datelor specificate anterior, s-a proiectat un stand experimental montat pe mașina de încercare la compresiune Instron 5587. Pentru a determina deformațiile și deplasările de la nivelul discurilor intervertebrale, platourilor și corpurilor vertebrale se folosește o metodă optică de determinare a acestora folosind un echipament optic Aramis 2M care cu ajutorul a două camere video de înaltă rezoluție (senzori Coupled Charged Device) măsoară

deplasările unei rețele de grafit aplicate pe suprafețele articulare și intervertebrale. Standul experimental utilizat pentru încercarea la compresiune a corpului vertebral a fost special proiectat astfel încât să urmărească forma anatomică a corpului vertebral și să permită totodată fixarea acestuia. Standul este conceput în așa fel încât să se poată monta pe masa cu canale "T" a mașinii de încercare. Pentru a se putea realiza o iluminare uniformă a segmentelor vertebrale pe care le-am avut de examinat, astfel încât să nu existe umbre pe suprafața acestora, s-au utilizat două surse de lumină difuză specială de aproximativ 300 W.

Pentru studiu au fost recoltate de la cadavru, mai multe segmente vertebrale cuprinse între T12 – L3, care înainte de efectuarea studiilor biomecanice au fost păstrate în ser fiziologic la o temperatură de –20 grade celsius. Înainte ca acestea să fie supuse testelor, toate segmentele vertebrale au urmat un protocol comun de preparare, care a fost urmat cu strictețe pentru a fi posibilă reproducerea testelor și pentru fidelitatea rezultatelor obținute.

Înainte de începerea testelor, pentru a se putea exclude orice tip de leziune osoasă (fractură) sau osteofii mari, care să formeze punți osoase între corpii vertebrali(aceștia ar fi determinat apariția unor rezultate eronate), s-a efectuat examinare CT.

Înainte de efectuarea testelor, segmentul vertebral a fost scos din recipientul în care a fost pus la păstrare și dezghețat și uscat treptat la temperatura camerei. După uscarea la temperatura camerei a vertebrelor, s-a aplicat un strat subțire uniform de vopsea albă mată și o rețea de puncte negre cu uscare rapidă. Astfel s-au efectuat două tipuri de teste biomecanice: în primul s-a studiat biomecanica producerii fracturii de corp vertebral, iar în al doilea test s-au evaluat modificările care apar după efectuarea vertebroplastiei.

În primul test s-au efectuat teste biomecanice prin încărcare progresivă de la 0 până la 2000 N, cu urmărirea modificărilor din față și lateral a segmentului vertebral. Inițial s-a determinat centrul de rotație al segmentului vertebral. S-au urmărit în principal deformațiile specifice care apar în timpul compresiunii, la nivelul discurilor intervertebrale și diferitelor porțiuni ale corpurilor vertebrale, până în momentul producerii fracturii de corp vertebral și după producerea acesteia. Segmentele țintă în studiul efectuat de noi, sunt vertebra L1 precum și discurile supraiacent și subiacent acesteia. Pentru o cât mai bună acuratețe a datelor obținute, perechile de puncte forță - deplasare au fost achiziționate cu ajutorul sistemului foto special, cu o frecvență de până la 200 perechi de puncte/secundă. După care s-au efectuat două probe succesive, în prima proba s-a exercitat o încărcare predominantă a elementelor neurale la aproximativ 2 cm posterior față de centrul de rotație (corespunzător unei mișcări

de extensie), iar în proba doi s-a practicat o încărcare predominant axială, corespunzător centrului de rotație a segmentului vertebral (205). Încărcarea segmentului vertebral s-a făcut progresiv de la 0 N până la valoarea de 2000 N atât în prima probă cât și în a doua. În timpul solicitărilor s-au observat diferențe destul de mari între modul de încărcare și deformare a segmentului vertebral, în proba întâi corespunzătoare mișcării de extensie și în proba doi cea de încărcare axială. Modul de producere al fracturilor vertebrale osteoporotice este unul foarte complex și presupune implicarea tuturor structurilor segmentului vertebral, de la corp vertebral, arc neural până la aparatul capsulo – ligamentar și muscular, fiind influențată de modificările degenerative ale acestora. Astfel din acest prin această metodă de studiu și prin acest prim test se pot trage următoarele concluzii:

- Pe măsură ce se încarcă segmentul vertebral, discurile intervertebrale sunt încărcate simultan dar discurile supraiacente suportă valori mai mari comparativ cu discurile subiacente (acesta a fost evidențiată cu ajutorul deformațiilor);
- În ambele forme de încărcare în extensie și axială, se observă o solicitare mai mare a porțiunii posterioare a discului intervertebral și a elementelor neurale;
- La încărcarea în extensie apare la început o solicitare a segmentelor neurale și a porțiunii posterioare a discului intervertebral până la o anumită valoare, după care este încărcat progresiv porțiunea anterioară a discului intervertebral și corpul vertebral;
- Porțiunea anterioară a platoului vertebral și corpului vertebral se încarcă progresiv până la o valoare „peak”, după care sistemul trabecular cedează în porțiunea anterioară determinând apariția fracturii de „*anterior wedge fracture*”;
- După producerea fracturii se observă o scădere a deformației la nivelul discului intervertebral, solicitarea fiind preluată și distribuită de către sistemul trabecular al corpului vertebral fracturat;
- În cazul solicitării în extensie există solicitări mai mari la nivelul discurilor intervertebrale și solicitări mai mici la nivelul corpurilor vertebrale;
- În cazul solicitării axiale pe lângă valorile maxime de la nivelul discurilor intervertebrale se observă un maxim al deformației la nivelul corpului vertebral;
- În momentul producerii fracturii corpului vertebral ținută, valorile de deformare de la nivelul discului intervertebral supraicent vertebrei fracturate sunt aproximativ egale cu cele de la nivelul corpului vertebral fracturat. Aceasta putând explica într-o oarecare măsură modificările care apar în

discurile supraiacente vertebrei fracturate după apariția fracturii corpului vertebral;

- producerea fracturii vertebrale osteoporotice este puternic influențată de prezența modificărilor degenerative de la nivelul discurilor intervertebrale.

În cea de a doua probă se studiază efectele vertebroplastiei asupra biomecanicii segmentului vertebral. Pentru studiu s-a recoltat un segment de coloană vertebrală umană L1– L3 (vârsta 70 ani, sex feminin), care a fost preparat în aceleași condiții ca la testul anterior. Modificările de la nivelul segmentului vertebral au fost urmărite din lateral. Astfel inițial s-a procedat la încărcarea axială, treptată a segmentului vertebral fără a se introduce ciment în corpul vertebral țintă L1. Iar ulterior după ce s-a introdus ciment în corpul vertebral, s-a încărcat tot axial segmentul vertebral până la 1600 N, respectându-se aceleași condiții tehnice ca la testul inițial. Pe parcursul încărcării s-au urmărit modificările care apar la nivelul discurilor intervertebrale, la nivelul platourilor vertebrale, corpului vertebral și elementelor posterioare ale vertebrelor. Vertebra țintă a fost aleasă L2, acesta pentru a putea vizualiza ce se întâmplă cu un nivel deasupra și dedesubtul vertebrei țintă. Modificările pe care le determină vertebroplastia asupra vertebrelor și mijloacelor de unire intervertebrale adiacente, sunt complexe. Rezultatele obținute ne confirmă unele rezultate obținute cu ajutorul altor teste biomecanice și prin metoda elementului finit. Concluziile care se pot desprinde din acest test pot fi summarize astfel:

- PMMA-ul determină scăderea deformărilor la nivelul corpului vertebral, la nivelul căruia este introdus;
- prin efectuarea vertebroplastiei are loc o creștere a deformărilor care apar în discurile intervertebrale adiacente și articulațiile zigoapofizare dintre vertebra cu vertebroplastie și vertebrele supra – și subiacentă acesteia;
- la fel ca și în coloana cu modificări degenerative dar fără vertebroplastie sau fractură, la începutul compresiunii este solicitată inițial porțiunea posterioară a discului intervertebral împreună cu elementele neurale ale vertebrei, dar deformările sunt mai mari comparativ cu deformările care apar înainte de efectuarea vertebroplastiei;
- deformările la nivelul vertebrelor adiacente vertebroplastiei nu sunt cu mult mai accentuate, față de cele care apar la nivelul acestora înainte de efectuarea vertebroplastiei;

- deformările la compresiune ε_y pentru discul supraiacent sunt mai mari înainte de efectuarea vertebroplastiei, pe când discul intervertebral subiacent se comportă în mod invers, la nivelul acestuia deformările sunt mai mari după efectuarea vertebroplastiei;
- vertebroplastia nu este principalul factor care determină creșterea incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice, în vertebrele adiacente;
- creșterea incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice este defapt determinată de cumulara mai multor factori locali și generali care acționează concomitent pe parcursul solicitării coloanei vertebrale.

Capitolul 10 prezintă Importanța relației anatomice a pediculului vertebral cu rădăcinile nervoase și duramater la nivel toracic, în efectuarea vertebroplastiei. Pentru realizarea studiului am efectuat disecția a patru cadavre adulte, două aparținând sexului masculin și două sexului feminin, cu vârste cuprinse între 45 și 57 ani. Menționăm ca aceste cazuri au decedat din cauze naturale și nu au prezentat malformații sau leziuni traumatiche la nivelul coloanei vertebrale dorsale. S-a practicat laminectomie totală de la nivel vertebrei T4 până la nivelul vertebrei T12, cu îndepărtarea proceselor spinoase și a ligamentelor galbene (articulațiile costovertebrale au fost păstrate intacte). Pentru a se realiza o mai bună identificare și vizualizare a rădăcinilor nervoase am practicat și o incizie longitudinală mediană a dureimater pe toată zona de laminectomie. Măsurătorile morfometrice electronice au fost determinate cu ajutorul unui șubler electronic, care prezenta o eroare de maxim 0,01 mm. Aspectul final al disecției este prezentat în figura 99 de mai jos, unde se evidențiază elementele posterioare ale coloanei vertebrale toracice. Am considerat că pentru a ne face o imagine concretă despre dimensiunile pediculului vertebral și relația acestuia cu rădăcinile vertebrale supraiacente și subiacente precum și cu duramater, ar fi utile următoarele măsurători:

1. diametrele sagital și transversal al pediculului vertebral;
2. distanța dintre marginea inferioară a pediculului vertebral superior și rădăcina nervoasă;
3. distanța dintre marginea superioară a pediculului vertebral inferior și rădăcina nervoasă;
4. diametrele transvers și sagital ale pediculului vertebral.

În urma analizei datelor morfologice de mai sus se pot enunța următoarele concluzii: în ceea ce privește distanța dintre marginea inferioară a pediculului superior și rădăcina nervului spinal nu s-a determinat o evoluție clară crescătoare sau descrescătoare a valorilor în funcție de nivelul vertebrei; la măsurarea distanței

dintre marginea superioară a pediculului subiacent și radăcina nervoasă se observă o scădere progresivă a acesteia în sens cranio-caudal; diametrul transvers și sagital al pediculiilor toracici are o creștere progresivă în dimensiuni de la nivelul lui T4 la T12.

Complicațiile care pot apărea în timpul abordului chirurgical al pediculiilor vertebrale toracici, pot fi prevenite dacă se respectă cu strictețe tehnica chirurgicală și operatorul este familiarizat cu anatomia coloanei vertebrale.

Capitolul 13 prezintă concluziile acestei teze de doctorat. În urma studiului clinic, testelor biomecanice și a măsurătorilor morfometrice, efectuate în cadrul acestei teze de doctorat, din punctul meu de vedere se pot desprinde o serie de concluzii care ne pot ajuta în înțelegerea și tratamentul fracturilor vertebrale osteoporotice. Concluziile care se pot trage din această lucrare pot fi sumarizate astfel:

- Fracturile vertebrale osteoporotice reprezintă un procent important din patologia traumatică a coloanei vertebrale dorso – lombare. În cazul nostru aceasta reprezintă jumătate din totalul fracturilor de coloană interante în Clinica de Ortopedie - Traumatologie Sibiu;
- Fracturile vertebrale osteoporotice sunt mai frecvente la persoanele de sex feminin (62,70 %), comparativ cu cele de sex masculin;
- La împărțirea pe grupe de vârste se remarcă un vârf al incidenței, indiferent de sex, al fracturilor vertebrale osteoporotice la persoanele cu vârsta cuprinsă între 70 și 80 ani. După vârsta de 75 ani, diferența dintre persoanele feminine și masculine crește net în favoarea celor dinți. O explicație ar putea fi datorită speranței de viață mai mari, conform raportului OMS pe anul 2009 la persoanele de sex feminin (77 ani) comparativ cu cele de sex masculin, la care este mai scăzută (70 ani).
- De remarcat ca o caracteristică a datelor obținute în statistica noastră, este numărul de cazuri de sex masculin la intervalul de vârstă cuprins între 60 și 74 de ani. Unde numărul pacienților de sex masculin este aproape egal cu cel al persoanelor de sex feminin, acest lucru putându-se datora statutului social și biologic al pacienților de sex masculin (consumul de țigări, consumul de alcool, regim de viață dietetic și igienic precar, afecțiuni hepatice – ciroză etc.).
- La gruparea fracturilor în funcție de localizare, se evidențiază faptul că fracturile predomină la nivelul vertebrei L1, atât raportat la numărul total de fracturi vertebrale cât și raportat la numărul de

fracturi vertebrale osteoporotice. Următoarele fracturi ca număr sunt cele adiacente vertebrei L1, adică vertebrelor L2 și T12;

- Costurile de spitalizare pe pacient sunt mult mai mari în cazul vertebroplastilor comparativ cu tratamentul conservator al fracturilor vertebrale osteoporotice (în cazul nostru de aproape de 3 ori mai mare. 1082 RON pentru tratament conservator comparativ cu 3343,9 RON pentru vertebroplastii);
- Din analiza comorbidităților asociate fracturilor vertebrale osteoporotice, reiese că cel mai frecvent întâlnite sunt afecțiunile cardiovasculare, acestea fiind depistate la un număr de 61,13% dintre pacienți;
- În urma analizei datelor se remarcă predominanța tratamentului conservator (83,95 %) comparativ cu cel chirurgical (16,05 %), în tratamentul fracturilor vertebrale osteoporotice;
- În urma evaluării durerii cu ajutorul scorului VAS în cazul vertebroplastiei se remarcă că acesta determină o scădere importantă a durerii începând din prima zi postoperator. La un an postoperator se remarcă o ușoară creștere a scorului VAS comparativ cu primele zile postoperator.
- La un an postoperator la evaluarea tratamentului și vertebroplastiei cu ajutorul Scalei VAS și a chestionarului ODI, rezultatele sunt sensibil egale. Astfel practic avantajul avut de vertebroplastie în primele zile postoperator, la un an se șterge ceea ce face din tratamentul conservator o bună opțiune de luat în seamă în tratamentul fracturilor vertebrale osteoporotice. Astfel din punctul meu de vedere vertebroplastia se indică doar în acele cazuri în care calitatea vieții este puternic influențată de durere și când tratamentul conservator a eșuat în ameliorarea acestora.
- În timpul efectuării vertebroplastiei este foarte importantă refacerea înălțimii corpului vertebral și introducerea unei cantități suficiente de PMMA. Nerespectarea acestor criterii poate atrage după sine o suprasolicitare a articulațiilor zigopofizare ale vertebrelor adiacente, cu creșterea gradului de uzură al acestora. Fapt care se însoțește consecutiv de pariția durerii cu creșterea scorului VAS și a ODI.
- La introducerea trocarului și a șuruburilor transpediculare sunt importante reperele anatomice locale ale pediculului vertebral și a corpului vertebral precum și raporturile acestora cu măduva și rădăcinile nervoase. În ceea ce privește distanța dintre marginea

inferioară a pediculului superior și rădăcina nervului spinal nu s-a determinat o evoluție clară crescătoare sau descrescătoare a valorilor în funcție de nivelul vertebrei.

- La măsurarea distanței dintre marginea superioară a pediculului subiacent și rădăcina nervoasă se observă o scădere progresivă a acesteia în sens cranio-caudal.
- Diametrul transvers și sagital al pediculilor toracici are o creștere progresivă în dimensiuni de la nivelul lui T4 la T12.
- Pe măsură ce se încarcă segmentul vertebral este suprasolicitat în timpul căderii sau eforturilor, discurile intervertebrale sunt încărcate simultan dar discurile supraiacente suportă valori mai mari comparativ cu discurile subiacente (acest fapt a fost evidențiat prin determinarea deformărilor care au loc la nivelul discurilor intervertebrale);
- În ambele forme de încărcare în extensie și axială a coloanei vertebrale la nivelul căreia există modificări degenerative, se observă o solicitare mai mare a porțiunii posterioare a discului intervertebral și a elementelor neurale;
- La încărcarea în extensie apare la început o solicitare a segmentelor neurale și a porțiunii posterioare a discului intervertebral până la o anumită valoare, după care este încărcat progresiv porțiunea anterioară a discului intervertebral și corpul vertebral;
- Porțiunea anterioară a platoului vertebral și corpului vertebral se încarcă progresiv până la o valoare „peak”, după care sistemul trabecular cedează în porțiunea anterioară determinând apariția fracturii de „*anterior wedge fracture*”;
- După producerea fracturii vertebrale osteoporotice se observă o scădere a deformației la nivelul discurilor intervertebrale, solicitarea fiind preluată și distribuită de către sistemul trabecular al corpului vertebral fracturat;
- În cazul solicitării în extensie există solicitări mai mari la nivelul discurilor intervertebrale și solicitări mai mici la nivelul corpurilor vertebrale comparativ cu solicitarea axială;
- În cazul solicitării axiale pe lângă valorile maxime de la nivelul discurilor intervertebrale se observă un maxim al deformației la nivelul corpului vertebral, la nivelul căruia se produce fractura;
- În momentul producerii fracturii corpului vertebral ținută, valorile de deformare de la nivelul discului intervertebral supraacent vertebrei

fracturate sunt aproximativ egale cu cele de la nivelul corpului vertebral fracturat. Aceasta putând explica într-o oarecare măsură modificările care apar în discurile supraiacente vertebrei fracturate după apariția fracturii corpului vertebral. Modificările degenerative care apar la nivelul discului intervertebral supraiacent fracturii au fost evidențiate cu ajutorul examenului RMN;

- Producerea fracturii vertebrale osteoporotice este puternic influențată de prezența modificărilor degenerative de la nivelul discurilor intervertebrale;
- Polimetilmetacrilatul introdus la nivelul corpului vertebral determină scăderea deformărilor la nivelul corpului vertebral, în timpul solicitării segmentului vertebral;
- După efectuarea vertebroplastiei în timpul solicitării segmentului vertebral, are loc o creștere a deformărilor care apar în discurile intervertebrale adiacente și articulațiile zigoapofizare dintre vertebra cu vertebroplastie și vertebrele supra – și subiacentă acesteia;
- La fel ca și în coloana cu modificări degenerative, dar fără vertebroplastie sau fractură, și în cazul coloanelor cu vertebroplastie la începutul compresiunii este solicitată inițial porțiunea posterioară a discului intervertebral împreună cu elementele neurale ale vertebrei, dar deformările sunt mai mari comparativ cu deformările care apar înainte de efectuarea vertebroplastiei;
- Deformările la nivelul vertebrelor adiacente vertebroplastiei nu sunt cu mult mai accentuate, față de cele care apar la nivelul acestora înainte de efectuarea vertebroplastiei;
- Deformările la compresiune sunt diferite pentru discul supraiacent și subiacent vertebroplastiei. Astfel sunt mai mari înainte de efectuarea vertebroplastiei pentru discul intervertebral supraiacent, pe când discul intervertebral subiacent se comportă în mod invers, la nivelul acestuia deformările sunt mai mari după efectuarea vertebroplastiei;
- Vertebroplastia nu este principalul factor care determină creșterea incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice, în vertebrele adiacente. Creșterea incidenței fracturilor vertebrale osteoporotice este defapt determinată de cumulara mai multor factori locali și generali care acționează concomitent înainte și pe parcursul solicitării coloanei vertebrale;

- Metoda de studiu utilizată permite obținerea unui număr mare de informații și în timp real de la nivelul mai multor structuri componente (corpul vertebral împreună cu platoul vertebral superior, discurile intervertebrale, articulațiile zigoapofizare) ale segmentului vertebral. Acesta permițând colectarea simultană a datelor în mai multe puncte ale segmentului vertebral, această lucră permițându-ne obținerea unor informații complexe care ne pot ajuta foarte mult la înțelegerea fenomenelor complexe care apar la solicitarea în diferite poziții a coloanei vertebrale;
- Avantajul acestei metode este acela că întreg studiul se desfășoară experimental, prin metode optice spre deosebire de studiile care utilizează metoda elementului finit, la care pe lângă dificultatea construirii modelului geometric al corpului vertebral (neajuns care mai nou se poate elimina prin importul modelului de la CT), mai există o mare problemă aceea a introducerii cu o precizie cât mai ridicată a datelor de material. Este bine cunoscut faptul că atât corpul vertebral cât și discurile intervertebrale sunt puternic anizotrope cu proprietăți mecanice diferite în diferite secțiuni;
- Cu toate acestea, această tehnică de studiu prezintă și dezavantaje legate de faptul vertebrele au o structură complexă neavând linii drepte, lucru care pune dificultăți tehnice legate de iluminarea piesei pentru eliminarea umbrelor, acestea putând determina apariția unor rezultate false. Acest lucru este foarte important pentru a se putea analiza rețeaua de puncte de vopsea neagră mată. Pentru a putea fi pregăti piesa de studiu, aceasta a trebuit să fie uscată pentru a se putea aplica vopseaua albă mată și rețeaua fină de vopsea neagră mată. Din acest motiv datele obținute pot fi modificate de deshidratarea discului intervertebral și a sistemului ligamentar. Mai mult pentru o adevărată validare a acestei metode de studiu este nevoie de cohorte mai mari;
- Această metodă de studiu este foarte utilă și în studiul influenței pe care o au asupra biomecanicii vertebrale, metodele de tratament în cazul fracturilor vertebrale osteoporotice (vertebroplastia, cifoplastie, rahisinteză).

Metoda de studiu este utilizată în premieră pentru studiul deformărilor la compresiune, de la nivelul coloanei vertebrale. Se știe faptul că literatura de specialitate abundă în informații și teste biomecanice efectuate pe segmentul vertebral înainte și după efectuarea vertebroplastiei, dar în nici una din aceste

metode de studiu nu s-a arătat în mod real deformările de la nivelul segmentului studiat. Rezultatele obținute în urma studiilor noastre au fost comparate cu cele din literatură, obținându-se astfel o sinteză bibliografică obiectivă a rezultatelor și metodelor de studiu.

Teza prin studiul statistic efectuat contribuie la formarea unei imagini mai concrete în cea ce privește incidența fracturilor vertebrale osteoporotice (deoarece incidența reală nu este cunoscută), în traumatologia generală a coloanei vertebrale. Desemenea studiile clinice efectuate ne permit formarea unei imagini legate de evoluția fracturilor vertebrale osteoporotice în funcție de tratamentul conservator, cu sau fără imobilizare cu orteză toraco – lombo – sacrată, și tratamentul chirurgical prin vertebroplastie.

Bibliografie:

1. A. L. Baert, Leuven, M. Knauth, Göttingen K. Sartor, Heidelberg, *Spinal Imaging - Diagnostic Imaging of the Spine and Spinal Cord*, ISBN 978-3-540-21344-4 Springer Berlin Heidelberg New York (2007)
2. A. M. Greig , K. L. Bennell , A. M. Briggs , J. D. Wark, P. W. Hodges. *Balance impairment is related to vertebral fracture rather than thoracic kyphosis in individuals with osteoporosis*, *Osteoporos Int* (2007) 18:543–551, DOI 10.1007/s00198-006-0277-9
3. Adams MA, Freeman BJ, Morrison HP, Nelson IW, Dolan P. Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2000;25(13):1625 – 36
4. Adams MA., Pollintine P., Tobias JH., Wakley GK., Dolan P.: Intervertebral disc degeneration can predispose to anterior vertebral fractures in the thoracolumbar spine, *JOURNAL OF BONE AND MINERAL RESEARCH*, ISSN 0884-0431, 09/2006, Volume 21, Issue 9, pp. 1409 – 1416
5. Adams, M.A., Bogduk, N., Burton, K., Dolan, P., 2002. *The Biomechanics of Back Pain*. Churchill Livingstone, Edinburgh.
6. Andreas Boger, Paul Heini, Markus Windolf , Erich Schneider. *Adjacent vertebral failure after vertebroplasty: a biomechanical study of low-modulus PMMA cement*, *Eur Spine J* (2007) 16:2118–2125, DOI 10.1007/s00586-007-0473-0
7. Andresen R, Haidekker MA, Radmer S, Banzer D *CT determination of bone mineral density and structural investigations on the axial skeleton for estimating the osteoporosis- related fracture risk by means of a risk score*. *Br J Radiol* 72:569–578(1999)
8. Anna N. A. Tosteson and David J. Vanness *The Economics of Osteoporosis*, *Osteoporosis*, third edition, 2008
9. Anthony D Woolf, Kristina Åkesson – *Osteoporosis*, Clinical Publishing, Oxford 2008
10. Antonius Rohlmann, Thomas Zander, Georg Bergmann *Spinal loads after osteoporotic vertebral fractures treated by vertebroplasty or kyphoplasty*; *Eur Spine J* (2006) 15: 1255–1264; DOI 10.1007/s00586-005-0018-3
11. Antonius Rohlmann_, Lars Bauer, Thomas Zander, Georg Bergmann, Hans-Joachim Wilke; *Determination of trunk muscle forces for flexion and extension by using a validated finite element model of the lumbar spine and measured in vivo data -*, *Journal of Biomechanics* 39 (2006) 981–989).
12. Aramis 2M user information, GOMmbH, www.gom.com
13. Augustus A. White III, Manohar M. Panjabi : *Clinical Biomechanics of the Spine* , Second Edition, Lippincott 1990
14. Avital Fast, MD, Dorith Goldsher, MD; *Navigating the adult Spine*, © 2007 by Demos Medical Publishing.
15. Baran DT. *Osteoporosis: which current treatments reduce fracture risk?* *Cleveland Clin J Med* 2000;67:701–3
16. Baroud G, Nemes J, Heini P, Steffen T (2003) *Load shift of the intervertebral disc after a vertebroplasty: a finite-element study*. *Eur Spine J* 12:421–426. doi: 10.1007/s00586-002-0512-9
17. Barr J, Barr M, TJ, McCann R *Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization*. *Spine*(2000) 25:923–928

18. Barrett-Connor E (1995) *The economic and human costs of osteoporotic fractures*. Am J Med 98:S3-S8
19. Becky K. Benz, MD, John M. Gemery, MD, John J. McIntyre, MD, and Clifford J. Eskey, MD, PhD - *Value of Immediate Preprocedure Magnetic Resonance Imaging in Patients Scheduled to Undergo Vertebroplasty or Kyphoplasty*. SPINE Volume 34, Number 6, pp 609–612 ©2009
20. Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, et al. An ex vivo biomechanical evaluation of a hydroxyapatite cement for use with vertebroplasty. *Spine* 2001;26: 1542–6.
21. Berry JL, Moran JM, Berg WS, Steffee AD (1987) A morphometric study of human lumbar and selected thoracic vertebrae. *Spine* 12:362–367
22. Biggemann M, Brinckmann P. *Biomechanics of osteoporotic vertebral fractures*. In: Genant HK, Jergas M, van Kuijk C, eds. *Vertebral Fracture in Osteoporosis*. San Francisco: Osteoporosis Research Group, University of California, 1995:21-34
23. Black DM, Cummings SR, Genant HK, Nevitt MC, Palermo L, Browner W. *Axial and appendicular bone density predict fractures in older women*. J Bone Miner Res. 1992;7:633-8
24. Blake GM, Fogelman I (2002) *Dual energy X-ray absorptiometry and its clinical applications*. Semin Musculoskelet Radiol 6:207–217
25. Bondurant FJ, Cotler HB, Kulkarni MV, et al. Acute spinal cord injury. A study using physical examination and magnetic resonance imaging. *Spine*. 1990;15(3):161-168)2.(Mirvis SE, Geisler FH, Jelinek JJ, et al. Acute cervical spine trauma: evaluation with 1.5-T MRI imaging. *Radiology*. 1988;166(3):807-816.
26. Brekelmans. Poort HW, *A new method to analyse the mechanical behaviour of skeletal parts; Acta Orthop Scand; 1972,43: 301–317*.
27. Brinckmann P, Biggemann M, Hilweg D. Prediction of the compressive strength of human lumbar vertebrae. *Spine* 1989;14:606-10
28. Brown JP, Kendler DL, McClung MR, Emkey RD, Adachi JD, Bolognese MA, Li Z, Balske A, Lindsay R. *The efficacy and tolerability of risedronate once a week for the treatment of postmenopausal osteoporosis*. Calcif Tissue Int. 2002;71:103-11.
29. C. B. Ruff and W. C. Hayes, *Sex differences in age-related remodeling of the femur and tibia*. J Orthop Res 6, 886-896 (1988).
30. Campbell's – Operative Orthopaedics, Eleventh edition 11th, 2007 Mosby, An imprint of Elsevier
31. Clement Baciu Anatomia funcțională a aparatului locomotor-, Ed. Stadion, București 1972
32. Cody DD, Goldstein SA, Flynn MJ, Brown EB. Correlations between vertebral regional bone mineral density (rBMD) and whole bone fracture load. *Spine* 1991;16:146-54.
33. Compediu de fizică – Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1988
34. Convertino V, Bloomfield S, Greenleaf J - *An overview of the issues: physiological effects of bed rest and restricted physical activity*. Med Sci Sports Exerc 29(1997):187–190
35. Cook RD, Malkus DS, Plesha ME, et al. Concepts and applications of finite element analysis. New York: Wiley; 2002.

36. Cooper C, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Melton LJ. *Incidence of clinically diagnosed vertebral fractures: A population based study in Rochester, Minnesota, 1985-1989.* J Bone Miner Res 1992;7:221-77
37. Cortet B, Roches E, Logier R et al (2002) *Evaluation of spinal curvatures after a recent osteoporotic vertebral fracture.* Jt Bone Spine 69:201–208
38. Cotton A, Dewatre F, Cortet B, et al (1996) *Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methylmethacrylate at clinical follow-up.* Radiology 200: 525–530
39. D.K. Roy, T.W. O'Neill, J.D. Finn, M. Lunt, A.J. Silman... *Determinants of incident vertebral fracture in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS)* , Osteoporos Int (2003) 14: 19–26 DOI 10.1007/s00198-002-1317-8
40. Delmas PD *Treatment of postmenopausal osteoporosis.* Lancet (2002) 359:2018–2026
41. Deramond H, Wright N, Belkoff S *Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty.* Bone (1999) 25:17S-21S
42. Dinu Antonescu *Elemente de Ortopedie și Traumatologie – București 1999*
43. Dinu M. Antonescu – *Patologia aparatului locomotor, vol. II, Editura Medicală 2008*
44. Dominique G. Poitout *Biomechanics and Biomaterials in Orthopaedics –*, ed. Springer 2004, ISBN 1852334819
45. Dong Hwa Heo , Jong Hun Choi , Moon Kyu Kim, Hyeun Chul Choi , Je Hoon Jeong, Dong Kyu Chin and Yong Jun Cho *Therapeutic Efficacy of Vertebroplasty in Osteoporotic Vertebral Compression Fractures With Avascular Osteonecrosis, SPINE 2012 Volume 37, Number 7, pp 423–429*
46. Donisch EW, Basmajian JV. *Electromyography of deep back muscles in man.* Am J Anat 1972;1:25–36)
47. Dorin Sălcudeanu – *Principii de Diagnostic în Traumatismele Coloanei Vertebrale*, Ed. Aula 2003
48. Dupuis PR, Kirkaldy Willis WM: *The spine: integrated function and pathophysiology.* In Cruess RL, Rennie WRJ; New York 1984, Curchill Livingstone
49. E. Seeman, *The structural and biomechanical basis of the gain and loss of bone strength in women and men.* Endocrinol Metab Clin North Am 32, 25-38 (2003).
50. E. Stein (2009), Olgierd C. Zienkiewicz, a pioneer in the development of the finite element method in engineering science. *Steel Construction*, 2 (4), 264-272.
51. E.J. Samelson, D.P. Kiel, K.E. Broe [et al.](#) *Metacarpal cortical area and risk of coronary heart disease: the Framingham Study* Am J Epidemiol, 159 (2004), pp. 589–595
52. Eastell R, Cedel SL, Wahner HW, Riggs BL, Melton Ljd : *Classification of vertebral fractures.* J Bone Miner Res 6(3): 207 – 215
53. Ebraheim NA, Xu R, Ahmad M, Yeasting RA (1997) *Projection of the thoracic pedicle and its morphometric analysis.* Spine 22:233–238
54. Eckstein F, Fischbeck M, Kuhn V, et al.: *Determinants and heterogeneity of mechanical competence throughout the thoracolumbar spine of elderly women and men.* Bone 2004, 35:364–374

55. Eric Berthonnaud, PhD, Joannès Dimnet, PhD, Pierre Roussouly, MD, and Hubert Labelle, MD, Analysis of the Sagittal Balance of the Spine and Pelvis Using Shape and Orientation Parameters, *J Spinal Disord Tech* 2005;18:40–47)
56. Evans A, Jensen M, Kip K, DeNardo A, Lawler G, Negin G, Remley K, Boutin S, Dunnagan S *Vertebral compression fractures: pain reduction and improvement in functional mobility after percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty: retrospective report of 245 cases.* *Radiology* (2003) 226:366-372
57. Fairbank JC, Couper J, Davies JB, O'Brien JP - *The Oswestry low back pain disability questionnaire.* *Physiotherapy.* 1980 Aug; 66(8); 271-3 – The original description of the ODI; *Spine* 2000; 25: 2940 - 53.
58. Frobin W, Brinckmann P, Leivseth G, Biggemann M, Relkeras O. Precision measurement of segmental motion from flexion–extension radiographs of the lumbar spine. *Clinical Biomechanic* 1996;11(8):457–65).
59. Frost HM. Bone 'mass' and the 'mechanostat': a proposal. *Anat Rec.* 1987; 219:1–9..
60. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D (1987) *Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty.* *Neurochirurgie* 33:166-168
61. Gallois J, Japoit T: Architecture interieure des vertebres du point de vue statique et physiologique, *Rev Chir (Paris)* 63 : 688 , 1925. 3. Nachemson AL: Lumbar interdiscal pressure, *Acta Orthop Scand Suppl*43, 1960
62. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA (2001) *New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures.* *Spine* 26:1511–1515
63. Gass M, Dawson-Hughes B *Preventing osteoporosis-related fractures: an overview.* *Am J Med* (2006) 119:S3–S11
64. Gaughen JJ, Jensen M, Schweickert P, Marx W, Kallmes D *The therapeutic benefit of repeat percutaneous vertebroplasty at previously treated vertebral levels.* *AJNR* (2002)23:1657-1661
65. Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, Nevitt MC *Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique.* *J Bone Miner Res* 8 (1993):1137–1148
66. Gibertson LG, Goel VK, Kong WZ, et al. Finite element methods in spine biomechanics research. *Crit Rev Biomed Eng.* 1985;23:411–473.
67. Giovanni Alfonso Borelli—The Father of Biomechanics, Malcolm H. Pope, DrMedSc, PhD, *Spine* 2005; volume 30, number 20, pg. 2350–2355
68. Giuseppe Pelosi (2007). *"The finite-element method, Part I: R. L. Courant: Historical Corner"*. doi:10.1109/MAP.2007.376627.
69. Granhed H, Jonson R, Hansson T. *Mineral content and strength of lumbar vertebrae: A cadaver study.* *Acta Orthop Scand* 1989;60:105–9.
70. Green RA, Saifuddin A. - *Whole spine MRI in the assessment of acute vertebral body trauma.* *Skeletal Radiol* 2004;33:129–35.
71. Greenspan SL, Maitland-Ramsey L, Myers E. Classification of osteoporosis in the elderly is dependent on site-specific analysis. *Calcif Tissue Int* 1996;58:409-14.
72. Griffiths HJ, Parantainen H, Olsen PN. Disease of the lumbosacral facet joints. *Neuroimaging Clin North Am* 1993;3:567–575.

73. Gupta SK, Rajeev K, Khosla VK, et al. Spinal cord injury without radiographic abnormality in adults. *Spinal Cord*. October 1999;37(10):726-729
74. Haczynski J, Jakimiuk A. - *Vertebral fractures: a hidden problem of osteoporosis*. *Med Sci Monit* 2001;7:1108–17.
75. Hans-Joachim Wilke, PhD,* Ulrich Mehnert, MD,* Lutz E. Claes, PhD,* Michael M. Bierschneider, MD, Hans Jaksche, MD and Broniek M. Boszczyk, MD, *Biomechanical Evaluation of Vertebroplasty and Kyphoplasty With Polymethyl Methacrylate or Calcium Phosphate Cement Under Cyclic Loading*, *SPINE* Volume 31, Number 25, pp 2934–2941 ©2006
76. Hansson TH, Keller TS, Panjabi MM. *A study of the compressive properties of lumbar vertebral trabeculae: Effects of tissue characteristics*. *Spine* 1987; 12:56–62
77. Harrington KD. Major neurological complications following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83:1070–1073
78. Harris WH, Heaney RP (1969) *Skeletal renewal and metabolic bone disease*. *N Engl J Med* 280:303–311
79. Hasan Çağlar Ugur, Ayhan Attar, Aysun Uz, Ibrahim Tekdemir, Nihat gemen, and Yasemin Genç, Thoracic Pedicle: Surgical Anatomic Evaluation and Relations, *Journal of Spinal Disorders*, Vol. 14, No. 1, pp. 39–45, © 2001
80. Heaney RP. The natural history of vertebral osteoporosis. Is low bone mass an epiphenomenon? *Bone*. 1992;13 Suppl 2:S23-6.
81. Heini PF, Berlemann U, Kaufmann M, et al. Augmentation of mechanical properties in osteoporotic vertebral bones: a biomechanical investigation of vertebroplasty efficacy with different bone cements. *Eur Spine J* 2001;10: 164–71.
82. Heini PF, Orlor R *Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures*. *Eur Spine* (2004) J 13:184–192
83. Heini PF, Orlor R *Vertebroplasty in severe osteoporosis. Technique and experience with multi-segment injection*. *Orthopaedics* (2004) 33:22–30
84. Henry Gray - *Anatomy of the human Body*, 29th American Edition, 1975
85. Hongwei Wang, Yuan Zhang, Qiang Xiang, Xuke Wang, Changqing Li, Hongyan Xiong and Yue Zhou, Epidemiology of traumatic spinal fractures: experience from medical university–affiliated hospitals in Chongqing, China, 2001–2010, *J Neurosurg Spine* 17:459–468, 2012
86. Hoppenfeld - *Surgical Exposures in Orthopaedics - The Anatomic Approach*, 3rd Ed. 2003
87. http://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method
88. Huang C, Ross P, Wasnich RD (1996) *Vertebral fracture and other predictors of physical impairment and health care utilization*. *Arch Intern Med* 156:2469–2475
89. Hui-Lin Yang, LiuJun Zhao, Jiayong Liu, Chris G. Sanford, Liang Chen, TianSi Tang, and Nabil A. Ebraheim Changes of Pulmonary Function for Patients With Osteoporotic Vertebral Compression Fractures After Kyphoplasty, *J Spinal Disord Tech* 2007;20:221–225.

90. Hulme PA, Boyd SK, Ferguson SJ (2007) Regional variation in vertebral bone morphology and its contribution to vertebral fracture strength. *Bone* 41(6):946–957
91. Hulme PA, Ferguson SJ, Boyd SK (2008) Determination of vertebral endplate deformation under load using micro-computed tomography. *J Biomech* 41:78–85. doi: 10.1016/j.jbiomech.2007.07.018
92. Hyun Bae , MD , Homer Paul Hatten, Raymond Linovitz , A. David Tahernia, Michael K. Schaufele, McCollom, Louis Gilula, Philip Maurer, Ramsin Benyamin, John M. Mathis and Maarten Persenaire, A Prospective Randomized FDA-IDE Trial Comparing Cortoss With PMMA for Vertebroplasty, *Spine* 2012, Volume 37, Number 7, pp 544–550
93. Iagnov, Prof. E. Repciuc, Prof. I.G. Russu, *Anatomia Omului – Aparatul Locomotor*- Ed. Medicală, București, 1962
94. Inoue H (1981) Three-dimensional architecture of lumbar intervertebral discs. *Spine* 6:139–146
95. INSTITUTUL NAȚIONAL DE SĂNĂTATE PUBLICĂ CENTRUL NAȚIONAL DE STATISTICĂ ȘI INFORMATICĂ ÎN SĂNĂTATE PUBLICĂ, COMPARAȚII INTERNAȚIONALE PRIVIND STATISTICA DEMOGRAFICĂ ȘI SANITARĂ, 2012
96. Institutul National de Statistica, *Romania în cifre 2011*, www.insse.ro
97. Ismail AA, Cooper C, Felsenberg D, et al.: Number and type of vertebral deformities: epidemiological characteristics and relation to back pain and height loss. European Vertebral Osteoporosis Study Group. *Osteoporos Int* 1999, 9:206–213
98. J.P. Grant, T.R. Oxland, M.F. Dvorak: Mapping the structural properties of the lumbosacral vertebral endplates, *Spine*, 26 (2001), pp. 889–896
99. James Joseph Yue, MD, Richard D. Guyer, MD, J. Patrick Johnson, MD, Larry T. Khoo, MD, Stephen H. Hochschuler, MD - *The Comprehensive Treatment of the Aging Spine; Minimally Invasive and Advanced Techniques* ; Elsevier, ISBN: 978-1-4377-0373-3
100. Jansson KA, Blomqvist P, Svedmark P, Granath F, Buskens E, Larsson M, et al: Thoracolumbar vertebral fractures in Sweden: an analysis of 13,496 patients admitted to hospital. *Eur J Epidemiol* 25:431–437, 2010
101. Jason C. Datta, MD, Michael E. Janssen, DO, Ruth Beckham, RN, BSN, and Caroline Ponce The Use of Computed Tomography Angiography to Define the Prevertebral Vascular Anatomy Prior to Anterior Lumbar Procedures, *SPINE* Volume 32, Number 1, pp 113–119, ©2007, Lippincott Williams & Wilkins, Inc
102. Jaw-Lin Wang, Chun-Kai Chiang, Been-Der Yang, Yao-Hung Wang, and Jinn Lin, MECHANISM AND RISK FACTORS OF ADJACENT VERTEBRAL FAILURE POST PERCUTANEOUS VERTEBROPLASTY – A STRAIN ENERGY DENSITY APPROACH, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 30, No. 5, pp. 899-909 (2007)
103. Jensen ME, Evans AJ, Mathis JM, Kallmes DF, Cloft HJ, Dion JE (1997) Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. *AJNR AmJ Neuroradiol* 18:1897–1904
104. Jensen ME, Evans AJ, Mathis JM, Kallmes DF, Cloft HJ, Dion JE. *Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of*

- osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects*. Am J Neuroradiol 1997;18:1897–1904.
105. John M. Mathis, A. Orlando Ortiz, and Gregg H. Zoarski *Vertebroplasty versus Kyphoplasty: A Comparison and Contrast*, AJNR Am J Neuroradiol 25:840–845, May 2004
106. John M. Mathis, BS, MSc, MD, Stanley Golovac, MD - *Image-Guided SpineInterventions, Second edition*, © Springer Science - Business Media, LLC 2010, ISBN 978-1-4419-0351-8
107. John M. Mathis, BS, MSc, MD, Stanley Golovac, MD - *Image-Guided SpineInterventions, Second edition*, © Springer Science - Business Media, LLC 2010, ISBN 978-1-4419-0351-8
108. JOHN S. SARZIER, M.D., AVERY J. EVANS, M.D., AND DAVID W. CAHILL, M.D. *Increased pedicle screw pullout strength with vertebroplasty augmentation in osteoporotic spines* J Neurosurg (Spine 3) 96:309–312, 2002
109. Kado DM, Browner WS, Palermo L, et al. *Vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study*. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. Arch Intern Med. 1999;159:1215–1220.
110. Kai Ming Liao, MD, Mohd Imran Yusof, MMed(Ortho), Mohd Shafie Abdullah, MMed(Radiology), Sarimah Abdullah, MMed(Biostatistics) and Abdul Halim Yusof, MMed(Ortho) - *Computed Tomographic Morphometry of Thoracic Pedicles* - SPINE Volume 31, Number 16, pp E545–E550 ©2006, Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
111. Kanis JA (2002) *Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk*. Lancet 359:1929–1936
112. Karjalainen M, Aho A, Katevuo K - *Painful spine after stable fractures of the thoracic and lumbar spine. What benefit from the use of extension brace?* Ann Chir Gynaecol 80(1991):45–48
113. Kayanja MM, Evans K, Milks R, Lieberman IH (2006) *Adjacent level load transfer following vertebral augmentation in the cadaveric spine*. Spine 31:E790–E797. doi: 10.1097/01.brs.0000238690.09903.4c
114. Kayanja, M. M., Ferrara, L. A., and Lieberman, I. H., “Distribution of Anterior Cortical Shear Strain After a Thoracic Wedge Compression Fracture,” Spine J, 2004, Vol. 4, No. 1, pp. 76-87
115. Kazuhiro Imai, Isao Ohnishi, Masahiko Bessho and Kozo Nakamura: *Nonlinear Finite Element Model Predicts Vertebral Bone Strength and Fracture Site*, SPINE Volume 31, Number 16, pp 1789–1794, 2006
116. Keller TS, Hansson TH, Abram AC et al. (1989) *Regional variations in the compressive properties of lumbar vertebral trabeculae. Effects of disc degeneration*. Spine 14:1012–1019
117. Keller TS, Kosmopoulos V, Lieberman IH (2005) *Vertebroplasty and kyphoplasty affect vertebral motion segment stiffness and stress distributions: a microstructural finite-element study*. Spine 30:1258–1265. doi:10.1097/01.brs.0000163882.27413.01
118. Kenneth M. C. Cheung, Jaro Karppinen, Danny Chan, Daniel W. H. Ho, You-Qiang Song, PhD, Pak Sham, Kathryn S. E. Cheah, John C. Y. Leong *Prevalence and Pattern of Lumbar Magnetic Resonance Imaging Changes in a Population Study of One Thousand Forty-Three Individuals*, SPINE 2009 Volume 34, Number 9, pp 934 –940

119. Kerslake RW, Jaspan T, Worthington BS. Magnetic resonance imaging of spinal trauma. *Br J Radiol.* 1991;64: 386-402
120. Kim SH, Kang HS, Choi JA, Ahn JM (2004) *Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty.* *Acta Radiol* 45:440–445
121. L. Baert, Leuven, M. Knauth, Göttingen K. Sartor, Heidelberg, Spinal Imaging - Diagnostic Imaging of the Spine and Spinal Cord, ISBN 978-3-540-21344-4 Springer Berlin Heidelberg New York (2007)
122. L. Seres Sturm Embriologie specială –, Universitatea Târgu Mures, 1995
123. L.D. Hordon, M. Raisi, J.E. Aaron, S.K. Paxton, M. Beneton, J.A. Kanis - Trabecular architecture in women and men of similar bone mass with and without vertebral fracture: I. Two-dimensional histology , *Bone*, 27 (2000), pp. 271–276
124. Lapras C, Mottolese C, Deruty R, Lapras C Jr, Remond J, Duquesnel J. - *Percutaneous injection of methyl-methacrylate in osteoporosis and severe vertebral osteolysis (Galibert's technic).* *Ann Chir* 1989; 43:371–376.
125. Lee YL, Yip KMH (1996) *The osteoporotic spine.* *Clin Orthop* 323:91–97
126. Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, et al. *Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures.* *Spine* 2001;26:1631–8.
127. Liebschner MA, Rosenberg WS, Keaveny TM (2001) Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty. *Spine* 26:1547–1554
128. Lindsay R, Silverman SL, Cooper C *Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture.* *JAMA* 2001;285:320–3.
129. Lone Hansen, PhD Erik B. Simonsen, PhD Mark de Zee, PhD. John Rsamussen, Thomas B. Andersen- Anatomy and Biomechanics of the Back Muscles in the lumbar spine with reference to biomechanical modeling –, *SPINE* 2006 Volume 31, Number 17, pp 1888–1899).
130. Lukert B - *Vertebral compression fractures: how to manage pain, avoid disability.* *Geriatrics* 49:22–26(1994)
131. Lutz Weise, Olaf Suess, Thomas Pich, Theodoros Kombos, Neurochirurgische Klinik, Charité – Universitätsmedizin, Berlin, Berlin, Germany, Transpedicular screw fixation in the thoracic, and lumbar spine with a novel cannulated polyaxial screw system, *Medical Devices: Evidence and Research* 2008:1 33–39
132. Lyritis GP, Mayasis B, Tsakalagos N, Lambropoulos A, Gazi S, Karachalios T, Tsekoura M, Yiatzides A. *The natural history of the osteoporotic vertebral fracture.* *Clin Rheumatol.* 1989;8 Suppl 2:66-9.
133. M. Briggs, A. M. Greig, J. D. Wark, The vertebral fracture cascade in Osteoporosis: a review of aetiopathogenesis; *Osteoporosis International* May 2007, Volume 18, Issue 5, pp 575-584
134. M. C. Nevitt, S. R. Cummings, K. L. Stone, L. Palermo, D. M. Black, D. C. Bauer. *Risk factors for a first-incident radiographic vertebral fracture in women > or = 65 years of age: The Study of Osteoporotic Fractures.* *J Bone Miner Res.* 20(1), 131-140 (2005).
135. M. J. Silva and L. J. Gibson, *Modeling the mechanical behavior of vertebral trabecular bone: Effects of age-related changes in microstructure.* *Bone* 21(2), 191–199 (1997)

136. M. Mazzantini, P. Carpeggiani, A. d'Ascanio, S. Bombardieri, O. Di Munno, Long-term prospective study of osteoporotic patients treated with percutaneous vertebroplasty after fragility fractures *Osteoporosis International* May 2011, Volume 22, Issue 5, pp 1599-1607
137. M. Sapon, C. Matei, I. Baier, T. Stanciu – *Importanța relației anatomice a pediculului vertebral cu rădăcinile nervoase la nivel toracic în efectuarea vertebroplastiei* *Acta Medica Transivanic* Martie 2011; 2(1) 99-101; ISSN-1453-1968
138. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, et al.- *A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries.* *Eur Spine J.* 1994;3:184–201
139. Makoto Sugita, MD, Nobuyoshi Watanabe, MD, Yasuo Mikami, MD, Hitoshi Hase, MD, and Toshikazu Kubo, MD, *Classification of Vertebral Compression Fractures in the Osteoporotic Spine,* *J Spinal Disord Tech* 2005;18:376–381
140. Marcel Costache Anatomia Omului – vol IV, V, Sibiu 2005
141. Mark Makumbi Kayanja, Richard Schlenk, Daisuke Togawa, Lisa Ferrara, and Isador Lieberman, *The Biomechanics of 1, 2, and 3 Levels of Vertebral Augmentation With Polymethylmethacrylate in Multilevel Spinal Segments,* *SPINE* (2006) Volume 31, Number 7, pp 769 –774
142. Martin Krbeck, University Hospital Brno – *Injuries of the thoracic and lumbar spine – European Instructional Course Lecture, Volume 7, 2005, p 87-104*
143. Mary L. Bouxsein, PhD: *Biomechanics of Osteoporotic Fractures; Metabolism, vol. 4, no. 3, 143–154, 2006, ISSN 1559-0119*
144. Mathis JM, Barr JD, Belkoff SM, Barr MS, Jensen ME, Deramond H. *Percutaneous vertebroplasty: a developing standard of care for vertebral compression fractures.* *Am J Neuroradiol* 2001;22:373–381.
145. Matthias Rüger, MD, and Werner Schmoelz, PhD, *Vertebroplasty With High-Viscosity Polymethylmethacrylate Cement Facilitates Vertebral Body Restoration In Vitro,* *SPINE* Volume 34, Number 24, pp 2619–2625 ©2009
146. Matthias Rüger, MD, and Werner Schmoelz, PhD, *Vertebroplasty With High-Viscosity Polymethylmethacrylate Cement Facilitates Vertebral Body Restoration In Vitro,* *SPINE* Volume 34, Number 24, pp 2619–2625 ©2009
147. Max Aebi, Vincent Arlet, John K. Webb - *Aospine Manual* , Aopublishing, Switzerland, 2007
148. Maynard AS, Jensen ME, Schweickert PA, Marx WF, Short JG, Kallmes DF. *Value of bone scan imaging in predicting pain relief from percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral fractures.* *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000; 21:1807-12.
149. McArdle CB, Crofford MJ, Mirfakhraee M, et al. Surface coil MRI of spinal trauma: preliminary experience. *Am J Neuroradiol.* 1986;7(5):885-893
150. McCormack BM, Benzel EC, Adams MS, et al. Anatomy of the thoracic pedicle. *Neurosurgery.* 1995;37:303–308
151. Mehmet Aydogan, Cagatay Ozturk, Omer Karatoprak, Mehmet Tezer, Neslihan Aksu and Azmi Hamzaoglu - *The Pedicle Screw Fixation With Vertebroplasty Augmentation in the Surgical Treatment of the Severe Osteoporotic Spines - J Spinal Disorders Technique, Volume 22, Number 6, August 2009*

152. Melton LJ III, Lane AW, Cooper C, et al. *Prevalence and incidence of vertebral Deformities*. Osteoporos Int 1993;3:113–9.
153. Michael A. Adams Degenerative disc and vertebral disease – basic sciences Surgery (Oxford), Volume 27, Issue 7, July 2009, Pages 297–300
154. Michael A. Adams, Patricia Dolan; Perspective Spine biomechanics - Journal of Biomechanics 38 (2005) 1972–1983
155. Michio Hongo, Eiji Abe, Yoichi Shimada, Hajime Murai, Noriyuki Ishikawa and Kozo Sato: Surface Strain Distribution on Thoracic and Lumbar Vertebrae Under Axial Compression - The Role in Burst Fractures, SPINE Volume 24, Number 12, pp 1197–1202, 1999
156. Mihai Nicolescu - Semiologie Ortopedică , Ed. Universitară „ Carol Davila”, București 2003
157. Mircea CİNTEZA, Bogdan PANA, Emil COCHINO, Maria FLORESCU, Andrei MARGULESCU, Anca FLORIAN, Dragos VINEREANU, Prevalence and control of cardiovascular risk factors in Romania cardio-zone national study; Medica - A Journal of Clinical Medicine, Volume 2 No.4 2007, 277 – 288
158. Mircea Ifrim – Atlas de Anatomie Umană, vol III, Ed. Științifică și Enciclopedică, București 1985
159. Molloy S, Mathis JM, Belkoff SM (2003) The effect of vertebral body percentage fill on mechanical behavior during percutaneous vertebroplasty. Spine 28:1549–1554
160. Moro M, Hecker A, Bouxsein M, Myers E. *Failure load of thoracic vertebrae correlates with lumbar bone mineral density measured by DXA*. Calcif Tissue Int 1995;56:206-9.
161. Mosekilde L. Vertebral structure and strength *in vivo* and *in vitro*. *Calcif Tissue Int* (Suppl. 1): (1993)S121–S125.
162. Myers, Elizabeth R. PhD; Wilson, Sara E. MS, *Biomechanics of Osteoporosis and Vertebral Fracture*, Issue: Volume 22(24S) Supplement, 15 December 1997, pp 25S-31S, Copyright: © Lippincott-Raven Publishers
163. Najma Farooq, Jonathan C. Park, Phillip Pollintine, Deborah J. Annesley-Williams, FRCR and Patricia Dolan, Can Vertebroplasty Restore Normal Load-Bearing to Fractured Vertebrae?, SPINE 2005, Volume 30, Number 15, pp 1723–1730
164. Naresh Kumar, Meakin R. Judith, Aravind Kumar, Viren Mishra and Mulholland C. Robert: Analysis of Stress Distribution in Lumbar Interbody Fusion, SPINE Volume 30, Number 15, pp 1731–1735 , 2005
165. Neumann P, Ekstrom LA, Keller TS, Perry L, Hansson TH (1994) Aging, vertebral density, and disc degeneration alter the tensile stress-strain characteristics of the human anterior longitudinal ligament. J Orthop Res 12:103–112
166. Norbert Boos · Max Aebi, *Spinal Disorders* (2008) Springer, ISBN 978-3-540-40511-5
167. O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, Robert Leroy Taylor, J. Z. Zhu *The finite element method: its basis and fundamentals*, Elsevier 2005, ISBN 0750663200

168. Oner FC, van der Rijt RR, Ramos LM, Dhert WJ, Verbout AJ (1998) Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Br* 80:833–839
169. P. Pollintine, A.S. Przybyla, P. Dolan, M.A. Adams Neural arch load-bearing in old and degenerated spines; *Journal of Biomechanics* 37 (2004) 197–204
170. Padovani B, Kasriel O, Brunner P, et al. Pulmonary embolism caused by acrylic cement: a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1999;20:375–377
171. Panjabi. M. M .. Brand. R. A .. and White. A. A.: Mechanical properties of the human thoracic spine as shown by threedimensional load-displacement curves. *J. Bone joint Surg* 581\642. 1976.
172. Patel U, Skingle S, Campbell G, Crisp A, Boyle I *Clinical profile of acute vertebral compression fractures in osteoporosis.* *Br J Rheumatol* 30: 418–421(1991)
173. Patrick W. Hitchon, M.D., Vijay Goel, Ph.D., John Drake, B.Sc., Derek Taggard, M.D., Matthew Brenton, B.Sc., Thomas Rogge, M.Sc., and James C. Torner, Ph.D. *Comparison of the biomechanics of hydroxyapatite and polymethylmethacrylate vertebroplasty in a cadaveric spinal compression fracture model* *Journal of Neurosurgery: Spine* Oct 2001, Vol. 95, No. 2, Pages 215-220: 215-220.
174. Paul A. Hulme, S. K. Boyd, P. F. Heini, S. J. Ferguson, Differences in endplate deformation of the adjacent and augmented vertebra following cement augmentation, *Eur Spine J* (2009) 18:614–623, DOI 10.1007/s00586-009-0910-3
175. Pawel Szulc, What links vascular calcifications to osteoporotic fractures? *Joint Bone Spine* Volume 77, Issue 6, December 2010, Pages 519–520
176. Perez. O; Fracture of vertebral end plate in the lumbar spine – an experimental biomechanical investigation. *Acta Othopedica Scandinavica*, 25(Suppl.), 1957
177. Peter R. Ebelin, Osteoporosis in Men, *N Engl J Med* 2008;358:1474-1482;
178. Philipp Leucht Klaus Fischer, Gert Muhr, Ernst J. Mueller *Epidemiology of traumatic spine fractures*, *Injury*, Volume 40, Issue 2, February 2009, Pages 166–172
179. Phill Pollintine, Patricia Dolan, Jon H. Tobias and Michael A. Adams : Intervertebral Disc Degeneration Can Lead to “Stress-Shielding” of the Anterior Vertebral Body - A Cause of Osteoporotic Vertebral Fracture?, *Spine* Volume 29, Number 7, pp 774–782, 2004
180. Pintar FA, Yoganandan N, Myers T et al. Biomechanical properties of human lumbar spine ligaments. *J Biomech* 25:1351–1356(1992)
181. Polikeit A, Nolte LP, Ferguson SJ. The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite-element analysis. *Spine* 2003;28:991– 6.
182. Pollintine, P., Przybyla, A.S., Dolan, P., Adams, M.A., 2004b. Neural arch load-bearing in old and degenerated spines. *Journal of Biomechanics* 37 (2), 197–204
183. Quek S, Peh WCG *Radiology of osteoporosis.* *Semin Musculoskelet Radiol* 6:197–206 (2002)

184. Raj D Rao, Manoj D Singrakhia. Painful osteoporotic vertebral fracture. *Journal of Bone and Joint Surgery*, ISSN 0021-9355, 10/2003, American volume, Volume 85, Issue 10, p. 2010 – 2022.
185. Richard Hostin, MD, James Carr, Munish C. Gupta, Scott Hazelwood and Arthur Dublin Importance of the Peridural Membrane in Percutaneous Vertebroplasty, *J Spinal Disord Tech* 2005;18:34–39
186. ROBERT F. MCLAIN, MD – *Cancer in the Spine*, 2006 Humana Press Inc., eISBN 1-59259-971-0
187. Robert J. Moore The vertebral endplate: disc degeneration, disc regeneration, *Eur Spine J* (2006) 15 (Suppl. 3):S333–S337 Michio Hongo, Eiji Abe, Yoichi Shimada, Hajime Murai, Noriyuki Ishikawa and Kozo Sato: Surface Strain Distribution on Thoracic and Lumbar Vertebrae Under Axial Compression - The Role in Burst Fractures, *SPINE* Volume 24, Number 12, pp 1197–1202, 1999
188. Rockoff SD, Sweet E, Bleustein J. The relative contribution of trabecular and cortical bone to the strength of human lumbar vertebrae. *Calcif Tissue Res* 1969;3:163–75
189. Roy DK, O'Neill DW, Finn JD et al (2003) Determinants of incident vertebral fracture in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Osteoporos Int* 14:19 – 26
190. S. M. Tommasini, P. Nasser, B. Hu, M. B. Schaffler, and K. J. Jepsen, *Of mice, men, and women: The relationship between bone morphology and tissue quality*. *Trans 53rd Orthop Res Soc*, 186 (2007)
191. Sajal R. Mitra, MS, Sandeep P. Datir, MS, DNB, and Sanjay O. Jadhav, Study of the Lumbar Pedicle in the Indian Population as Related to Pedicular Screw Fixation - - Morphometric - *SPINE* Volume 27, Number 5, pp 453–459, ©2002, Lippincott Williams & Wilkins, Inc
192. Sandeep P. Datir, MS, MRCS, and Sajal R. Mitra, MS - Morphometric Study of the Thoracic Vertebral Pedicle in an Indian Population - *SPINE* Volume 29, Number 11, pp 1174–1181, ©2004, Lippincott Williams & Wilkins, Inc
193. Schneider DL, von Muhlen DG, Barrett-Connor E et al (2004) *Kyphosis does not equal vertebral fractures: The Rancho Bernardo study*. *J Rheumatol* 31:747–752
194. Sharma M, Langrana NA, Rodriguez J. Role of ligaments and facets in lumbar spinal stability. *Spine* 1995;20:887–900.
195. Silverman SL. *The clinical consequences of vertebral compression fracture*. *Bone* 1992;13(suppl 2):S27–31.
196. Sinaki M, Mikkelsen BA. Postmenopausal spinal osteoporosis: flexion versus extension exercises. [Arch Phys Med Rehabil](#). Oct 1984;65(10):593-6.
197. So'yu'ncu' , Fatosx Belgin Yıldırım, Hazım Sekban, Hakan O' zdemir, Feyyaz Akyıldız and Muzaffer Sindel, MD†, Anatomic Evaluation and Relationship Between the Lumbar Pedicle and Adjacent Neural Structures, An Anatomic Study Yetkin, *Spinal Disord Tech* _ Volume 18, Number 3, June 2005; 243 – 246
198. *Spine Biomechanics: Fundamentals and Future*; Edward C. Benzel, M.D., Mark Kayanja, M.D., Ph.D., Aaron Fleischman, Ph.D., and Shuvo Roy, Ph.D, *Clinical Neurosurgery* • Volume 53, 2006

199. Steffen T., Tsantrizos A., Aebiu M. – Effect of implant design and endplate preparation on the compressive strength of interbody fusion constructs – Spine 2000, volume 25, Number 9, 1077-1084
200. Stephen J. Ferguson, Thomas Steffen Biomechanics of the aging spine. Eur Spine J (2003) 12 (Suppl. 2) : 97–103
201. Stryker SpinePlex Bone Cement, stryker.com
202. Sun K, Liebschner MA (2004) Biomechanics of prophylactic vertebral reinforcement. Spine 29:1428–1435
203. T. Hildebrand, A. Laib, R. Muller, J. Dequeker, and P. Rueggsegger, *Direct three-dimensional morphometric analysis of human cancellous bone: Microstructural data from spine, femur, iliac crest, and calcaneus*. J Bone Miner Res **14**(7), 1167–1174 (1999).
204. T. P. Rüedi, W. M. Murphy C. L. Colton, A. Fernandez Dell'Oca, U. Holz, J. F. Kellam, P. E. Ochsner AO Principles of Fracture Management, Thieme Stuttgart, New York 2000
205. Takahiko Hamasaki, Nobuhiro Tanaka, JinHwan Kim, Motohiro Okada, Mitsuo Ochi and William C. Hutton : Biomechanical Assessment of Minimally Invasive Decompression for lumbar Spinal Canal Stenosis A Cadaver Study, J Spinal Disord Tech 2009;22:486–491
206. Tracy PT, Wright RM, Hanigan WC. Magnetic resonance imaging of spinal injury. *Spine*. 1989;14(3):292-301
207. Truumees E, Hilibrand A, Vaccaro AR. Percutaneous vertebral augmentation. Spine J 2004;4:218–29.
208. U. Sennerby, H. Melhus, R. Gedeberg Cardiovascular diseases and risk of hip fracture, JAMA, 302 (2009), pp. 1666–1673
209. Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, Pfiefer BA, Pazianos AG, Choi IS (2003) Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. Radiology 226:119–124. doi:10.1148/radiol.2261011911
210. V. Grancea Bazele radiologiei și imagisticii medicale –, Ed. Medicală Amaltea, București 1996
211. Vernon-Roberts B (1988) Disc pathology and disease states. In: Ghosh P (ed) The biology of the intervertebral disc. CRC, Boca Raton, pp 73–120
212. Victor Papilian – Anatomia Omului, Editura Didactica și Pedagogica, București 1974
213. Villarraga ML, Bellezza AJ, Harrigan TP, Cripton PA, Kurtz SM, Edidin AA (2005) The biomechanical effects of kyphoplasty on treated and adjacent nontreated vertebral bodies. Journal Spinal Disorders Tech 18:84–91. doi:10.1097/01.bsd.0000138694.56012.ce
214. W. C. Hayes, *Biomechanics of cortical and trabecular bone: Implications for assessment of fracture risk*. In Basic Orthopaedic Biomechanics (V. C. Mow and W. C. Hayes, eds.), pp. 93-142. Raven Press, New York (1991).
215. WALTER HERZOG, PhD: CLINICAL BIOMECHANICS of S P I N A L M A N I P U L A T I O N; Churchill Livingstone, Copyright © 2000, ISBN 0-443-07808-4
216. William Weaver, James M. Gere *Matrix Analysis Of Framed Structures*, 3rd Edition by, 3rd Edition, Springer-Verlag New York, LLC, ISBN 978-0-412-07861-3, First edition 1966

217. Wilson S, Myers E. *A model to predict the compressive forces associated with age-related vertebral fractures of thoracolumbar vertebrae*. Trans Orthop Res Soc 1996;21:252
218. Wilson SE. Development of a model to predict the compressive forces on the spine associated with age-related vertebral fractures. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1994. Thesis
219. World Health Organisation (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: report of a World Health Organization Study Group. *WHO Technical Report Series* . World Health Organization, Geneva.
220. Yabo Guan, PhD, Narayan Yoganandan, PhD, Dennis J. Maiman, MD, PhD, and Frank A. Pintar, PhD, *Internal and External Responses of Anterior Lumbar/Lumbosacral Fusion: Nonlinear Finite Element Analysis*. J Spinal Disord Tech 2008;21:299–304
221. Yongjung J. Kim, Lawrence G. Lenke One Barnes-Jewish Hospital Plaza, 11300 West Pavilion, St. Louis, Missouri - 63110, USA - Thoracic pedicle screw placement: Free-hand technique - Neurology India | December 2005 | Vol 53 | Issue 4
222. Youssef Masharawi, PhD,* Bruce Rothschild, MD, Nathan Peled, MD and Israel HersHKovitz, PhD, A Simple Radiological Method for Recognizing Osteoporotic Thoracic Vertebral Compression Fractures and Distinguishing Them From Scheuermann Disease SPINE Volume 34, Number 18, pp 1995–1999 ©2009, Lippincott Williams & Wilkins
223. Yue Wang , Tapio Videman , and Michele C. Battié: ISSLS Prize Winner: Lumbar Vertebral Endplate Lesions - Associations With Disc Degeneration and Back Pain History, SPINE Volume 37, Number 17, pp 1490–1496, 2012
224. Zhao FD, Pollintine P, Hole BD, Adams MA, Dolan P: Vertebral fractures usually affect the cranial endplate because it is thinner and supported by less-dense trabecular bone. Bone 44(2):372–379, 2009