

## FIXAREA SEGMENTARĂ INTERNĂ A COLOANEI VERTEBRALE CU ȘURUBURI PEDICULARE TRASCORTICALE

Revista literaturii

Serghei Borodin – doctorand,

Catedra de neurochirurgie,

USMF „Nicolae Testemițanu”

tel.: 069308347, borodin.serghei@gmail.com

### Rezumat

*Scopul studiului* a fost de a prezenta traiectoria prin osul cortical a șuruburilor transpediculare, o tehnică chirurgicală nouă, de fixare a coloanei vertebrale. *Metodologia studiului.* Datele analizate în acest studiu au fost colectate din articole aparținând bazelor de date Ovid Medline, Pubmed și Cochrane, publicate pînă în Decembrie 2016. Au fost selectate studii originale și recenzii critice relevante pentru tehnica transcorticală și fixarea cu șuruburi transpediculare. *Rezultatele obținute.* Tehnica transcorticală a fost propusă pentru prima dată în anul 2009 ca metodă nouă de fixare a coloanei vertebrale lombare. Am analizat conceptul, datele studiilor morfometrice, caracteristicile biomecanice și aplicațiile clinice ale tehnicii transcorticale. Traiectoria prin osul cortical urmează o direcție laterală în plan transvers și o angulare caudală în plan sagital. Această tehnică este mai puțin invazivă, îmbunătățește puterea de ancorare osoasă a șurubului și reduce

riscul leziunilor neuro-vasculare. *Concluzie.* Tehnica transcorticală este o opțiune alternativă sigură a fixării vertebrale cu șuruburi transpediculare.

**Cuvinte-cheie:** șurub transpedicular, traiectoria osoasă corticală, osteoporoza, chirurgie minimal invazivă

### Summary. Cortical bone trajectory for pedicle screw fixation of the lumbar spine: a Review of published reports

The purpose of this study was to demonstrate the pedicle cortical bone trajectory (CBT) screw fixation technique, a new fixation technique for lumbar surgery. *Methods.* The data analyzed in this review are from articles reported in Ovid Medline, PubMed and Cochrane databases, published up to December 2016. Original articles and critical reviews relevant to CBT technique and lumbar pedicle fixation were selected. *Results.* CBT technique was introduced as a new fixation method for lumbar pedicle surgery in 2009. We reviewed the concepts, morphometric study, biomechanical characteristics and clinical applications of CBT technique. This technique is reportedly less invasive, improves screw–bone purchase and reduces neurovascular injury risk. *Conclusion.* CBT technique is a safe alternative option of the lumbar pedicle fixation, especially for patients with osteoporosis and obesity.

**Key words:** pedicle screw, cortical bone trajectory, osteoporosis, minimally invasive surgery

### Резюме. Кортикальная траектория винтов для фиксации поясничного отдела позвоночника: обзор опубликованных отчетов

Целью данного исследования было продемонстрировать новую технику фиксации позвоночника при помощи транскортикальных винтов. Данные, проанализированные в этом обзоре, получены из статей, опубликованных до декабря 2016 года в базах данных Ovid Medline, PubMed и Cochrane. Были выбраны оригинальные статьи и критические обзоры, относящиеся к методу транскортикальной траектории и транспедикулярной фиксации поясничного отдела позвоночника. Транскортикальный метод был впервые представлен как новый метод фиксации для хирургии позвоночника в 2009 году. Мы рассмотрели концепции, морфометрическое исследование, биомеханические характеристики и клинические применения транскортикальной траектории. Эта методика менее инвазивна, улучшает костную фиксацию винтов и уменьшает риск повреждения нейро-сосудистых структур. Заключение: Транскортикальный метод является безопасным альтернативным вариантом транспедикулярной фиксации позвоночника, особенно для пациентов с остеопорозом и ожирением.

**Ключевые слова:** транспедикулярная фиксация, транскортикальная траектория, остеопороз, малоинвазивная хирургия

**Introducere.** Timp de câteva decenii, spondilozinzeza cu șuruburi transpediculare a fost principala tehnică de stabilizare a coloanei vertebrale, proprietățile sale biomecanice fiind superioare altor tipuri de fixare [1]. Fixarea transpediculară oferă avantaje multiple, oferind o corecție mai bună a diformităților spinale, o rată redusă a slăbirii fixării și a non-uniunii [2,3]. Prin urmare, această tehnică a fost folosită în tratamentul diferitor patologii ale coloanei vertebrale, cum ar fi fracturile, tumorile, boala degenerativă etc.

Calea tradițională de inserție a șurubului în pedicul implică o traiectorie din lateral spre medial, cu punctul inițial de inserție localizat la joncțiunea apofizei transverse și a peretelui lateral al fațetei articulare [4,5]. Tehnica tradițională de fixare transpediculară este asociată cu unele complicații specifice. Rata de malpoziție a șuruburilor variază între 21%-40% în diferite studii, chiar și cu utilizarea tehnicilor de neuronavigație [6-8]. Este posibilă slăbirea șuruburilor și pierderea stabilității construcției, în special în cazul pacienților cu osteopenie sau osteoporoză [9]. Alte dezavantaje includ disecția musculară excesivă, necesară pentru inserția șuruburilor în pediculi din cauza traiectoriei latero-mediale [10,11] și riscul crescut de lezare a structurilor neurovascu-

lare din cauza plasării incorecte a șuruburilor transpediculare [12,13].



Fig. 1. Traiectoria prin osul cortical, profil lateral

Recent, au fost propuse o serie de inovații în design-ul și în tehnica de implantare a șuruburilor, inclusiv și propunerea unei traiectorii alternative, care vizează inserția șurubului în țesutul osos cu o densitate mai înaltă. Santoni et al. au fost primii care au raportat traiectoria prin osul cortical (TOC), în care

șuruburile urmează o cale laterală în planul axial și o orientare caudo-cefalică în plan sagital (fig. 1-2). În contrast cu tehnica tradițională de fixare cu șuruburi transpediculare, șuruburile cu TOC nu penetrează spațiul trabecular al corpului vertebral [14]. Deși mai multe studii morfometrice și biochimice susțin utilizarea TOC [5,12,14-20], există puține studii clinice care ar investiga reușita acestei tehnici în cazul pacienților cu patologii ale coloanei vertebrale lombare [5,12,14-29]. Traectoria șurubului cu TOC este demonstrată în fig. 1. Vom analiza în continuare istoricul, dezvoltarea, dovezile clinice și cele biomecanice pentru TOC, ca pe o tehnică alternativă inserției transpediculare a șurubului.

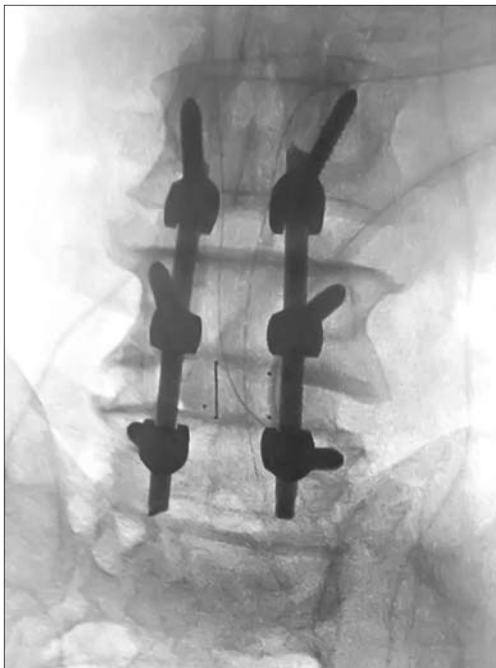


Fig. 2. Traectoria prin osul cortical, incidență antero-posterioară

### Metode

Au fost selectate studiile relevante, publicate până în Decembrie 2016, din bazele de date electronice: Ovid Medline, PubMed, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Cochrane Database of Systematic Reviews [31]. Pentru a crește la maxim sensibilitatea căutării, termenii „cortical bone”, „cortical bone trajectory”, „CBT”, „media-lateral superior trajectory”, „spine”, „pedicle screw”, „MIDLF”, „midline lumbar fusion” au fost combinați atât ca cuvinte cheie, cât și ca termeni MeSH. Listele de referințe bibliografice ale articolelor selectate au fost revizuite pentru a identifica studii adiționale potențial relevante. Au fost incluse studiile biomecanice, morfometrice sau clinice, care raportau complicațiile, tehnica, eficacitatea, anatomia sau studiile animale sau cadaverice pe fixarea coloanei vertebrale cu șuruburi cu TOC.

### Rezultate

#### Dovezile biomecanice și morfometrice

De la studiul biomecanic al lui Santoni et al. [14], au fost realizate câteva studii morfometrice și biomecanice care compară proprietățile șuruburilor tradiționale cu șuruburile cu TOC.

În anul 2013, Matsukawa et al. a realizat un studiu morfometric în care au analizat 100 de investigații CT ale pacienților adulți, care au beneficiat de examinare imagistică spinală, oferind primele măsurări ale noii traiectorii corticale [15]. Ulterior, Perez-Orribo et al. au efectuat teste non-distructive de flexibilitate pe coloanele vertebrale cadaverice [18]. Nu au fost constatate diferențe în diapazonul de mișcare sau în zona laxă, între șuruburile tradiționale și șuruburile cu TOC, în timpul testelor de flexiune sau extensie. Cu toate acestea, s-a observat că TOC a permis un diapazon mai vast al „zonei rigide” față de șuruburile transpediculare tradiționale, în timpul testelor de rotație axială. Într-un alt studiu de evaluare a variabilelor similare, Calvert et al. a demonstrat că șuruburile cu TOC oferă o rigiditate similară șuruburilor transpediculare tradiționale în timpul testelor de flexiune, extensie, flexiune laterală și rotație axială, în cazul construcțiilor cu șurub de salvare [16]. Acest studiu oferă dovezi pentru extinderea aplicabilității șuruburilor cu TOC ca alternativă pentru șuruburile transpediculare tradiționale în repararea construcțiilor transpediculare eșuate. Un studiu recent a comparat stabilitatea pe termen lung a șuruburilor cu TOC și a celor tradiționale în urma uzurii simulate *in vivo* a coloanei vertebrale [19]. Testele de flexibilitate la flexiune-extensie, flexiune laterală și rotație axială au avut rezultate statistic echivalente pentru șuruburile cu TOC și șuruburile tradiționale. Astfel, există tot mai multe dovezi care sugerează că TOC oferă o stabilitate cel puțin comparabilă șuruburilor transpediculare tradiționale.

Pentru a evalua puterea de fixare a șuruburilor corticale sub acțiunea sarcinilor fiziologice, Baluch et al. a realizat un studiu uman cadaveric în care au fost inserate șuruburi corticale pe de o parte și șuruburi transpediculare tradiționale pe partea controlaterală la 17 nivele vertebrale (Th11-L5) și apoi au fost efectuate scanări CT cantitative [17]. După ciclul de basculare cranio-caudală cu creștere progresivă a încărcăturii fiziologice, ei au demonstrat că șuruburile cu TOC au fost asociate cu o rezistență mai bună la testul cu basculare (184 cicluri față de 102 cicluri) și o forță de rezistență mai mare (398N față de 300N) comparativ cu șuruburile cu traiectorie tradițională. Astfel, acești cercetători au demonstrat că TOC oferă o stabilitate superioară celei tradiționale. Matsukawa et al. au măsurat intraoperator cuplul forței de inserție

a șurubului cu TOC și a șurubului transpedicular la 48 de pacienți și a demonstrat că cuplul forței de inserție al șurubului are o valoare robustă de precizie a rezistenței la smulgere [5,32]. De asemenea, ei au demonstrat că cuplul forțelor de inserție a șuruburilor corticale a fost de 1,71 ori mai mare decât cea a tehnicii tradiționale, ceea ce sugerează un avantaj pentru TOC. Cu toate acestea, trebuie remarcat faptul că această diferență favorabilă nu poate fi atribuită doar traiectoriei corticale: lungimea mai scurtă a șurubului și diametrul mai mic al șurubului cu TOC poate contribui, de asemenea, la forța de smulgere și respectiv la stabilitatea șurubului. Dovezile biomecanice pentru șuruburile cu TOC sunt rezumate în *tab. 1*.

#### **Dovezi clinice**

Există o lipsă de dovezi clinice cuprinzătoare și robuste pentru șuruburile cu TOC. În analiza noastră a rapoartelor publicate, am identificat 10 studii relevante care raportează rezultatele clinice pentru șuruburile cu TOC.

În anul 2004, Steel și colab. au raportat utilizarea unei traiectorii medio-laterale și superioare pentru plasarea șuruburilor corticale la 18 pacienți cu fracturi toraco-lombare cominutive [21]. Toți pacienții au fost mobilizați în termen de 10 zile de la intervenția chirurgicală și au avut fuziune stabilă la 6 luni postoperator. Un pacient a raportat dureri lombare la 12 luni postoperator și a fost diagnosticat cu non-uniune. În ceea ce privește complicațiile, a existat un caz de infecție a plăgii, dar nici un caz de deficit neurologic, diformitate cifică tardivă sau eșec al fixării. Autorii au ajuns la concluzia că TOC este sigură și efektivă pentru fixarea și stabilizarea segmentelor fracturate.

În 2014, Gonchar și colab. au raportat un studiu comparativ retrospectiv a 100 de pacienți cu TOC și 63 cu șuruburi transpediculare tradiționale, care sufereau de boală degenerativă, diformități spinale, colaps vertebral osteoporotic sau traumatism al coloanei vertebrale [24]. Durata intervenției chirurgicale a fost similară pentru ambele grupuri (162 min față de 177 min respectiv). S-a înregistrat o hemoragie semnificativ mai mică în grupul TOC (177 ml față de 334 ml), dar ameliorare similară a punctajului durerii în ambele grupuri, apreciat după Scala Vizuală Analogă (VAS), Indicele de Incapacitate Oswestry (ODI) și Chestionarul de Evaluare al Asociației Japoneze a Durerii Lombare (JOABPEQ). Cel mai notabil, a existat un singur caz (1%) de slăbire a șuruburilor în grupul TOC față de 16 cazuri (25%) în grupul tradițional. Gonchar și colegii săi au raportat ulterior rezultatele unui studiu comparativ prospectiv care a inclus 30 de cazuri cu utilizarea de șuruburi cu TOC și 30 de cazuri cu implicarea șuruburilor transpediculare tradiționale, la pacienți care au fost supuși inter-

venției chirurgicale de fuziune intervertebrală la nivel lombar [23]. Indicațiile au inclus spondilolisteza la nivel L3-L5. În timp ce ambele tehnici de fixare au ameliorat semnificativ scorurile durerii, o mai mare îmbunătățire a fost observată în grupul TOC. Slăbirea șuruburilor a apărut mai frecvent în grupul cu traiectorie tradițională (șase cazuri față de un singur caz); în plus, au existat 3 cazuri de non-fuziune în grupul transpedicular față de nici unul în grupul TOC. Autorii au ajuns la concluzia că intervențiile chirurgicale minimal invazive, la un singur nivel, cu utilizarea șuruburilor cu TOC, sunt asociate cu o rată mai mică de slăbire a șuruburilor și de pierdere a corecției și sunt mai puțin invazive decât abordările tradiționale.

Iwatsuki și colab. au realizat fixarea cu șuruburi cu TOC, ghidată de *isthmus*, la 8 pacienți. Această tehnică presupune utilizarea marginii laterale a istmului și marginea superioară a foramenului intervertebral la fluoroscopia laterală, ca puncte de referință pentru introducerea șurubului, rezolvând astfel problema folosirii în calitate de reper a apofizei articulare inferioare degenerate (așa ca în tehnica originară a TOC) sau a utilizării unui punct incorect de inserție a șurubului, rezultat din cauza alunecării laterale. Nu au fost observate așa complicații cum ar fi leziunea durei mater, afectarea rădăcinilor nervoase sau fracturi. Doar un singur șurub a fost plasat incorect la utilizarea tehnicii TOC modificate, demonstrând o precizie excelentă de inserție a șuruburilor.

Mizuno și colab. au raportat rezultatele dintr-o analiză retrospectivă a 12 pacienți cu spondilolistezis lombar la un singur nivel, care au suferit o intervenție chirurgicală de fuziune intervertebrală posterioară sau transforaminală, utilizând șuruburi cu TOC [26]. A fost observată o singură complicație și anume fractura cortexului osos la locul de compresie a șurubului. Nu au existat cazuri de leziuni iatrogene ale nervilor spinali sau deficit neurologic. La 20 de luni de supraveghere postoperatorie a cinci pacienți, a fost înregistrată fuzionarea vertebrală reușită, fără eșec al sistemului de fixare sau fracturi ale tijelor. Nu au fost detectate șuruburi slăbite. Cu toate acestea, s-a constatat ca patru șuruburi (8,3%) au perforat pereții pediculelor și corpurile vertebrale, fără de a provoca leziuni ale nervilor.

Într-un studiu comparativ retrospectiv, al pacienților cu spondilolistezis lombar la un singur nivel, supuși intervenției chirurgicale de fuziune intervertebrală lombară posterioară, care a inclus 16 șuruburi cu TOC față de 19 șuruburi tradiționale, Okudara și colab. au demonstrat că șuruburile transcorticale au fost asociate cu o durată mai scurtă a timpului operator (148 min față de 184 min), o hemoragie mai mică (132g față de 184g), o ameliorare a durerii și rezulta-

te funcționale similar cu șuruburile tradiționale [27]. În grupul TOC nu s-au observat careva complicații; totuși a existat un caz de infecție profundă a plăgii și leziuni ireversibile ale structurilor nervoase în grupul cu șuruburi transpediculare tradiționale. Per total, TOC s-a dovedit a fi mai puțin invazivă, a necesitat o expunere mai redusă și a dus la o recuperare postoperatorie mai rapidă, cu mai puține complicații.

Rodriguez și colab. au raportat rezultatele fixării coloanei vertebrale cu șuruburi cu TOC la 5 pacienți [28]. Nu au fost înregistrate complicații postoperatorii și toți pacienții au fost externati după o spitalizare medie de 2,8 zile. La vizitele postoperatorii toți pacienții au raportat ameliorarea simptomelor, trei au raportat reducerea dozei de analgezice. Astfel, acest studiu mic a demonstrat rezultate clinice bune pentru șuruburile cu TOC, plasate cu ajutorul ghidării CT.

Takata și colab. au raportat o durată medie a operației de 175,8 min, cu hemoragie intraoperatorie variind de la 70 ml până la 200 ml la șase pacienți cu spondilolistezis degenerativ [29]. Nici un pacient nu a necesitat hemotransfuzii. Nu au fost înregistrate complicații chirurgicale, cu excepția unei infecții ușoare de origine neidentificată, observată la vizita de 6 săptămâni postoperator. La 3 luni postoperator rata medie de alunecare a scăzut de la 19,8% până la 3,9%.

### Discuție

#### Studii anterioare

Înainte de introducerea de Santoni și colab. a traiectoriei prin osul cortical [14], mai multe studii au propus traiectorii alternative pentru șuruburile transpediculare, care nu urmează axa anatomică a pediculului vertebral. În 1976 și 1992, Roy-Camille și colab. au descris o traiectorie verticală de inserție a șurubului, care intersectează axa pediculului și contactează o porțiune mai mare de os cortical la capătul șurubului decât în tehnicile tradiționale [33, 34]. Cu toate acestea, doar în anul 2007 Sterba și colab. au evaluat formal proprietățile biomecanice ale șuruburilor verticale paralele și au demonstrat că acestea sunt asociate cu o stabilitate și rezistență la smulgere superioare comparativ cu șuruburile cu orientare clasică [35].

În ultimii 10 ani au fost raportate mai multe cazuri clinice de aplicare a traiectoriei corticale pentru fixarea coloanei vertebrale [21,30]. Traiectoria prin osul cortical a fost numită inițial „traiectorie medio-latero-superioară” (MLST) (fig. 1) și a fost folosită la început pentru fixarea mono-segmentară a fracturilor cominutive toraco-lombare. Au fost obținute rezultate satisfăcătoare, fără nici un caz de deficit neurologic sau eșec al instrumentării. Aceste studii timpurii au pus bazele pentru dezvoltarea traiectoriilor alternative pentru șuruburile transpediculare.

### Evoluțiile recente

Din momentul descrierii sale inițiale în 2009, au fost raportate mai multe progrese și variații ale TOC pentru fixarea transpediculară. La o mare parte din pacienți, procesul articular inferior nu poate fi folosit ca reper sigur pentru inserția șurubului cu TOC, din cauza modificărilor sale degenerative. Iwatsuki și colab. au descris o tehnică de inserție ghidată de *isthmus* a șuruburilor cu TOC [25]. Această modificare oferă repere alternative pentru inserția precisă a șuruburilor cu TOC și include fluoroscopia intraoperatorie pentru a evita malpoziția șuruburilor.

Ueno și colab. au raportat recent un singur caz în care a fost folosită tehnica cu traiectorie dublă; aceasta implică inserția în același pedicul, simultan a două șuruburi: unul pe cale transpediculară tradițională și altul cu TOC [22]. Convergența traiectoriilor ar trebui să crească rezistența la smulgere a șuruburilor și forța de prindere de corpul vertebral.

Matsukawa și colab. au extins utilizarea șuruburilor cu TOC și pentru pediculii sacrali, cu o traiectorie care penetrează platoul terminal al vertebrei S1, având un punct de intrare mai medial decât în abordul tradițional [20]. Punctul de inserție este situat la intersecția apofizei articulare superioare S1 și marginea inferioară a apofizei articulare inferioare L5; această tehnică realizează o creștere de 141% a cuplului forței de inserție față de tehnicile tradiționale.

Utilizarea navigației CT-ghidate în timpul inserției șuruburilor cu TOC pentru boala segmentului adiacent a fost recent descrisă de Rodriguez și colab. [28]. Avantajul principal oferit de această tehnică nouă este că elimină necesitatea de a expune, înlătura sau de a conecta instrumentația pre-existentă. Însă nu a fost determinat dacă această tehnică este potrivită pentru artrodezele lombare multi-nivelare.

Mizuno și colab. au raportat recent un abord nou, denumit „fuziune lombară mediană”, care are ca scop realizarea simultană a laminectomiei microchirurgicale și a fixării cu șuruburi transcorticale, prin intermediul unui abord chirurgical posterior median [26]. Avantajele oferite de această tehnică este că decompresia și fuziunea pot fi ambele realizate într-un singur acces chirurgical, evitându-se astfel daunele care pot rezulta din utilizarea abordărilor multiple, în intervenții chirurgicale separate. Autorii pledează pentru acest abord în cazul spondilolistezisului lombar care necesită decompresie mediană concomitentă.

#### Avantaje și dezavantaje

Noua tehnică de fixare transpediculară cu șuruburi cu TOC are mai multe avantaje față de abordările tradiționale.

1. Traiectoria corticală este considerată mai puțin

invazivă decât traiectoria tradițională de-a lungul axului pediculului. Punctul de inserție inițial este localizat medial de *pars interarticularis*, ce permite realizarea unor incizii mai mici, o disecție și o retracție musculară mai mică. Acest lucru este deosebit de relevant pentru pacienții obezi sau cu obezitate morbidă, la care incizia, expunerea și abordul chirurgical sunt deosebit de dificile. Perioperator acest avantaj se realizează teoretic printr-o reducere a hemoragiei intra și postoperatorii, a durerii postoperatorii și a duratei spitalizării cât și accelerarea recuperării postoperatorii.

2. TOC poate reduce leziunea sau traumatismul structurilor neurovasculare aflate în proximitatea pediculului vertebral. Având în vedere faptul că traiectoria este orientată lateral în planul transversal și caudo-cefalic în planul sagital, șurubul urmează o cale care se îndepărtează de rădăcinile nervoase, de sacul dural și de structurile vasculare anterioare. Prin urmare, există un risc redus de prejudiciu neurovascular, ceea ce înseamnă o modalitate mai sigură de inserție a șuruburilor transpediculare.

3. TOC poate evita, de asemenea, leziunea ramurilor mediane, care au originea de la ramurile dorsale ale fiecărui nerv spinal lombar. În mod normal, ramura mediană este susceptibilă de a fi lezată în timpul inserției șuruburilor transpediculare tradiționale, în special în apropierea apofizei mamelare [15,36]. Cu toate acestea, în cazul TOC, riscul redus de lezare a ramurii mediane se poate exprima într-un risc redus de radiculită postoperatorie [15].

Fixarea cu șuruburi transcorticale este asociată cu diverse dezavantaje și complicații. Există un risc crescut de fractură a pediculului în caz dacă este utilizat un șurub de dimensiuni necorespunzătoare. Adâncimea incorectă de penetrare a șurubului poate crește, de asemenea, riscul lezării rădăcinii nervoase superioare [26,37,38]. Aceste complicații potențiale evidențiază nevoia de înțelegere aprofundată a anatomiei atât pre cât și intraoperator [15]. Eșecul de a alinia șuruburile transpediculare într-o singură linie în plan sagital poate crește dificultatea plasării tijelor. La pacienții cu articulații distruse parțial sau complet, în special la cei cu artrodeza intervertebrală, reperele anatomice pentru inserția șuruburilor cu TOC nu mai sunt disponibile [25]. Noua tehnică ghidată de istm, propusă de Iwatsuki și colab. poate ajuta la rezolvarea acestei probleme. Ca și în cazul altor abordări chirurgicale care necesită imagistică intraoperatorie, există o expunere potențială crescută la radiațiile ionizante în cadrul intervențiilor cu TOC, în special în fazele inițiale ale curbei de învățare, cu durate mai îndelungate ale timpului operator [25]. Tehnicile hibrid ale TOC pot extinde, de asemenea, durata intervenției chirurgicale și a expunerii, ceea ce poate duce la rate

crescute ale infecției, ale hemoragiei și ale cheltuielilor aferente. Trebuie remarcat faptul că până în prezent cele mai multe studii clinice și biomecanice au fost eterogene în ceea ce privește tehnica de inserție, dimensiunile și diametrul șuruburilor cu TOC, acest lucru trebuie considerat în timpul planificării intervenției chirurgicale.

#### *Neajunsurile dovezilor clinice*

În general, evidențele clinice disponibile în prezent furnizează date preliminare promițătoare, care demonstrează că eficacitatea și siguranța șuruburilor cu TOC este cel puțin comparabilă cu cea a șuruburilor transpediculare tradiționale. Cu toate acestea, studiile clinice date au următoarele limitări:

1. Deoarece studiile raportate sunt mici, există o posibilă lipsă de putere statistică adecvată pentru detectarea complicațiilor asociate cu TOC.

2. Design-ul non-randomizat al studiului poate submina rezultatele și tendințele raportate, din cauza potențialei părtiniri în timpul selecției pacienților.

3. Deoarece există o eterogenitate printre studii în ceea ce privește tehnica chirurgicală a TOC, lungimea și diametrul șurubului, tehnicile de navigație și durata de supraveghere, rezultatele lor nu pot fi direct comparabile.

În consecință, datele publicate până în prezent sunt insuficiente pentru a emite concluzii definitive și recomandări oficiale. Trebuie luate în considerare o serie de alte limitări. Cu toate că studiile biomecanice sugerează că șuruburile cu TOC au o rezistență bună la smulgere, diametrul mediu al șurubului este de obicei mai mic decât în tehnica tradițională. Nu există date suficiente referitoare la rata de fractură a șuruburilor și frecvența fuziunilor tardive. În plus, din cauza că mulți chirurghi folosesc o tehnică free-hand de inserție a șuruburilor transpediculare tradiționale, durata inserției per șurub este de așteptat să fie mai scurtă decât în cazul șuruburilor cu TOC, deoarece nu este necesară ghidarea imagistică intraoperatorie.

#### *Indicații și contraindicații*

Pentru a furniza dovezi clinice robuste în favoarea utilizării șuruburilor cu TOC, sunt necesare studii prospective vaste, cu standardizarea tehnicii chirurgicale și a modalității raportării rezultatelor [31,39]. Pe baza dovezilor disponibile curent, indicațiile pentru inserția șuruburilor cu TOC includ: (I) fixarea posterioară în timpul artrodezei lombare; (II) laminectomie decompresivă în care este necesară fuziunea; (III) artrodeza lombară transforaminală care necesită instrumentație; (IV) pacienții obezi, care ar beneficia dintr-un abord mai puțin invaziv și (V) pacienții cu osteopenie sau osteoporoză, care ar beneficia din achiziționarea crescută a osului cu densitate înaltă și din stabilitatea șuruburilor cu TOC. Tehnica TOC

poate fi utilă în patologii cum ar fi osteogeneza imperfectă sau scolioza neuromusculară cu osteoporoză exprimată; totuși această posibilitate urmează încă a fi susținută de date clinice.

Contraindicațiile pentru șuruburile cu TOC includ: (I) construcții mai lungi de 3 niveluri sau scolioză la mai multe niveluri; (II) *pars interarticularis* îngust și pediculi mici congenital. Contraindicațiile absolute includ (III) defect congenital al *pars*-ului și lipsa osului cortical în regiunea *pars*-ului.

### Concluzii

Tehnica de fixare a coloanei vertebrale cu șuruburi pediculare transcorticale oferă mai multe avantaje față de șuruburile transpediculare tradiționale. Studii biomecanice au confirmat avantajele TOC, inclusiv ancorarea sporită la țesutul osos și stabilitate, care sunt cel puțin comparabile cu traiectoriile tradiționale. Cu toate acestea, există încă o lipsă de date clinice robuste pentru susținerea utilizării TOC în chirurgia lombară. Sunt necesare studii clinice suplimentare, cu termen îndelungat de supraveghere a pacienților operați cu șuruburi transcorticale pentru stabilizarea coloanei vertebrale în diverse patologii ale coloanei vertebrale.

### Bibliografie

- Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Plating of thoracic, thoracolumbar, and lumbar injuries with pedicle screw plates. *Orthop Clin North Am*, 1986, 17: 147–159.
- Suk SI, Lee CK, Min HJ, Cho KH, Oh JH. Comparison of Cotrel–Dubouset pedicle screws and hooks in the treatment of idiopathic scoliosis. *Int Orthop*, 1994, 18: 341–346.
- Hart RA, Hansen BL, Shea M, Hsu F, Anderson GJ. Pedicle screw placement in the thoracic spine: a comparison of image-guided and manual techniques in cadavers. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30: E326–E331.
- Inceoglu S, Montgomery WH Jr, St Clair S, McLain RF. Pedicle screw insertion angle and pullout strength: comparison of 2 proposed strategies. *J Neurosurg Spine*, 2011, 14: 670–676.
- Matsukawa K, Yato Y, Kato T, Imabayashi H, Asazuma T, Nemoto K. *In vivo* analysis of insertional torque during pedicle screwing using cortical bone trajectory technique. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39: E240–E245.
- Weinstein JN, Spratt KF, Spengler D, Brick C, Reid S. Spinal pedicle fixation: reliability and validity of roentgenogram-based assessment and surgical factors on successful screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1988, 13: 1012–1018.
- Laine T, Lund T, Ylikoski M, Lohikoski J, Schlenzka D. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomised controlled clinical study in 100 consecutive patients. *Eur Spine J*, 2000, 9: 235–240.
- Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement *in vivo*. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990, 15: 11–14.
- Wittenberg RH, Shea M, Swartz DE, Lee KS, White AA 3rd, Hayes WC. Importance of bone mineral density in instrumented spine fusions. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1991, 16: 647–652.
- Mobbs RJ, Sivabalan P, Li J. Technique, challenges and indications for percutaneous pedicle screw fixation. *J Clin Neurosci*, 2011, 18: 741–749.
- Rao PJ, Maharaj MM, Phan K, Lakshan Abeygunasekara M, Mobbs RJ. Indirect foraminal decompression following anterior lumbar interbody fusion (ALIF): a prospective radiographic study using a new pedicle to pedicle (P-P) technique. *Spine J*, 2015, 15: 817–824.
- Matsukawa K, Yato Y, Hynes RA, *et al.* Cortical bone trajectory for thoracic pedicle screws: a technical note. *J Spinal Disord Tech*, 2014 Jul 29. [Epub ahead of print].
- Luther N, Iorgulescu JB, Geannette C, *et al.* Comparison of navigated versus non-navigated pedicle screw placement in 260 patients and 1434 screws: screw accuracy, screw size, and the complexity of surgery. *J Spinal Disord Tech*, 2015, 28: E298–E303.
- Santoni BG, Hynes RA, McGilvray KC, *et al.* Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws. *Spine J*, 2009, 9: 366–373.
- Matsukawa K, Yato Y, Nemoto O, Imabayashi H, Asazuma T, Nemoto K. Morphometric measurement of cortical bone trajectory for lumbar pedicle screw insertion using computed tomography. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26: E248–E253.
- Calvert GC, Lawrence BD, Abtahi AM, Bachus KN, Brodke DS. Cortical screws used to rescue failed lumbar pedicle screw construct: a biomechanical analysis. *J Neurosurg Spine*, 2015, 22: 166–172.
- Baluch DA, Patel AA, Lullo B, *et al.* Effect of physiological loads on cortical and traditional pedicle screw fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39: E1297–E1302.
- Perez-Orribo L, Kalb S, Reyes PM, Chang SW, Crawford NR. Biomechanics of lumbar cortical screw-rod fixation versus pedicle screw-rod fixation with and without interbody support. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38: 635–641.
- Radcliff K, Klocke N, Harris J, *et al.* Simulating the long-term biomechanical performance of cortical screws: can a more MIS screw option provide equivalent stability as traditional pedicle screws? *Proceeding of SMISS Global Forum*, 2014.
- Matsukawa K, Yato Y, Kato T, Imabayashi H, Asazuma T, Nemoto K. Cortical bone trajectory for lumbosacral fixation: penetrating S-1 endplate screw technique: technical note. *J Neurosurg Spine*, 2014, 21: 203–209.
- Steel TR, Rust TM, Fairhall JM, Mobbs RJ. Monosegmental pedicle screw fixation for thoraco-lumbar burst fracture. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86 (Suppl. IV): 458.
- Ueno M, Imura T, Inoue G, Takaso M. Posterior corrective fusion using a double-trajectory technique (cortical bone trajectory combined with traditional trajectory) for degenerative lumbar scoliosis with osteoporosis: technical note. *J Neurosurg Spine*, 2013, 19: 600–607.
- Gonchar I, Kotani Y, Matsumoto Y. Cortical bone trajectory versus percutaneous pedicle screw in minimally invasive posterior lumbar fusion. *Spine J*, 2014, 14: S114–S115.

24. Gonchar I, Kotani Y, Matsui Y, Miyazaki T, Kasemura T, Masuko T. Experience of 100 consecutive spine reconstructions using cortical bone trajectory (CBT) screws vs traditional pedicle screws. Proceeding of SMISS Global Forum, 2014.
25. Iwatsuki K, Yoshimine T, Ohnishi Y, Ninomiya K, Ohkawa T. Isthmus-guided cortical bone trajectory for pedicle screw insertion. *Orthop Surg*, 2014, 6: 244–248.
26. Mizuno M, Kuraishi K, Umeda Y, Sano T, Tsuji M, Suzuki H. Midline lumbar fusion with cortical bone trajectory screw. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2014, 54: 716–721.
27. Okudaira T, Konishi H, Baba H, Hiura K, Yamashita K, Yamada S. Comparison study of lumbar interbody fusion with cortical bone trajectory screws versus conventional open posterior lumbar interbody fusion. Proceeding of SMISS Global Forum, 2014.
28. Rodriguez A, Neal MT, Liu A, Somasundaram A, Hsu W, Branch CL Jr. Novel placement of cortical bone trajectory screws in previously instrumented pedicles for adjacent-segment lumbar disease using CT image-guided navigation. *Neurosurg Focus*, 2014, 36: E9.
29. Takata Y, Matsuura T, Higashino K, *et al.* Hybrid technique of cortical bone trajectory and pedicle screwing for minimally invasive spine reconstruction surgery: a technical note. *J Med Invest*, 2014, 61: 388–392.
30. Mobbs RJ. The “medio-latero-superior trajectory technique”: an alternative cortical trajectory for pedicle fixation. *Orthop Surg*, 2013, 5: 56–59.
31. Phan K, Tian DH, Cao C, Black D, Yan TD. Systematic review and meta-analysis: techniques and a guide for the academic surgeon. *Ann Cardiothorac Surg*, 2015, 4: 112–122.
32. Zdeblick TA, Kunz DN, Cooke ME, McCabe R. Pedicle screw pullout strength. Correlation with insertional torque. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1993, 18: 1673–1676.
33. Roy-Camille R, Saillant G, Berteaux D, Salgado V. Osteosynthesis of thoraco-lumbar spine fractures with metal plates screwed through the vertebral pedicles. *Reconstr Surg Traumatol*, 1976, 15: 2–16.
34. Roy-Camille R. Posterior screw plate fixation in thoracolumbar injuries. *Instr Course Lect*, 1992, 41: 157–163.
35. Sterba W, Kim DG, Fyhrie DP, Yeni YN, Vaidya R. Biomechanical analysis of differing pedicle screw insertion angles. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2007, 22: 385–391.
36. Bogduk N, Long DM. The anatomy of the so-called “articular nerves” and their relationship to facet denervation in the treatment of low-back pain. *J Neurosurg*, 1979, 51: 172–177.
37. Lonstein JE, Denis F, Perra JH, Pinto MR, Smith MD, Winter RB. Complications associated with pedicle screws. *J Bone Joint Surg Am*, 1999, 81: 1519–1528.
38. Schulze CJ, Munzinger E, Weber U. Clinical relevance of accuracy of pedicle screw placement. A computed tomographic-supported analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1998, 23: 2215–2220, discussion 20–21.
39. Phan K, Mobbs RJ. Systematic reviews and meta-analyses in spine surgery, neurosurgery and orthopedics: guidelines for the surgeon scientist. *J Spine Surg*, 2015, doi: 10.3978/jss.2015.06.01.