

MINIMÁLISAN INVAZÍV, INSTRUMENTÁLT GERINCSEBÉSZETI TECHNIKA ALKALMAZÁSA DEGENERATÍV VAGY TRAUMÁS EREDETŰ ÁGYÉKI BETEGSÉGEKBE

SCHWARCZ Attila, KASÓ Gábor, BÜKI András, DÓCZI Tamás
Pécsi Tudományegyetem, Idegsebészeti Klinika, Pécs

APPLICATION OF MINIMALLY INVASIVE INSTRUMENTAL SPINE SURGERY TECHNIQUE IN LUMBAL DISEASES OF DEGENERATIVE OR TRAUMATIC ORIGIN

Schwarz A, MD; Kasó G, MD; Büki A, MD;
Dóczy T, MD, PhD
Ideggyogy Sz 2013;66(3-4):000-000.

Az elmúlt évtizedben a gerincsebészet területén paradigma-váltás következett be. A minimálisan invazív technikák egyre nagyobb teret hódítanak és szerepük egyre kevésbé kérdőjelezhető meg. A hazai irodalom is bizonyította a minimálisan invazív technika előnyeit a hagyományos eljárásokhoz képest: a jóval kisebb vérvesztés, a gerinczomzat integritásának megőrzése, a rövidebb kórházi tartózkodás, a korai mobilizáció, a kisebb fájdalomszint és gennyedési kockázat. Olyan kórfolyamatok minimális invazív ellátását mutatjuk be (lumbális csigolyainstabilitás, LV-SI. grade II. spondylolisthesis, degeneratív spondylolisthesis, lumbális gerinctrauma), amelyeknek műtéti kezelése során dekompreszió és/vagy repozíció mellett instrumentált rögzítés is szükséges. A degeneratív kórképek esetében féloldali vagy kétoldali mini open technikát alkalmaztunk. Egyoldali panaszok és morfológiai elváltozások esetében a féloldali mini open műtéti módszer alkalmazása mellett az ellenoldalon percutan módon történt a csavarok, illetve a rúd implantációja a szegmentumrögzítéshez. A szegmentális fúziót minden esetben csigolyatestek közötti, autológ csonttal töltött távtartó (cage) biztosította. AO-klasszifikáció szerinti A2 és B típusú kombinált ágyéki csigolyatörésben szenvedő esetünkben az elülső oszlopot stent-csontcement alkalmazásával állítottuk helyre, míg a hátulsó struktúrák rögzítésére percutan módon beültetett csavaros rudas rendszer szolgált. A stent alkalmazásával az összeroppanó csigolya magasságát is korrigáltuk a csigolya stabilitásának helyreállítása mellett. Az instrumentált minimálisan invazív gerincsebészeti technika jelentős előnyöket ígér a hagyományos feltárással végzett osteosynthesissel szemben.

Kulcsszavak: gerincsebészet, minimálisan invazív technika

Paradigm change has recently taken place in spine surgery with the application of minimally invasive techniques. Minimally invasive techniques have several advantages over the open traditional techniques: less blood loss, preservation of spine muscle integrity, shorter hospitalization, early mobilization, reduced pain levels, lower risk of infection. The presented cases cover following lumbar pathologies: segmental spinal instability, LV-SI grade II. spondylolisthesis, degenerative spondylolisthesis, spine trauma. Unilateral or bilateral mini-open technique was employed in the degenerative cases, depending on symptoms and signs. If unilateral symptoms – pathology was identified, screws and rod were implanted percutaneously on the side contralateral to the pathology. The segmental fusion between vertebral bodies was always assured by a cage and autologous bone. The presented trauma case involved combined AO type A2 and B fractures. The anterior column was strengthened with vertebral body stents filled in with bone cement, the posterior column was fixed with a percutaneously implanted screw rod system. Insertion of stents in the collapsed vertebra significantly increased the vertebral body height and also improved the stability of the spine. Minimally invasive spine surgery techniques appear more advantageous over the traditional open spine surgery that necessitates for large midline approaches.

Keywords: spine surgery, minimally invasive technique

Correspondent (levelező szerző): Prof. dr. DÓCZI Tamás, Pécsi Tudományegyetem, Idegsebészeti Klinika;
7624 Pécs, Rét u. 2. E-mail: tamas.doczi@aok.pte.hu

Érkezett: 2013. január 20. Elfogadva: 2013. február 18.

www.elitmed.hu

A közelmúltban több rangos tudományos folyóirat is összefoglaló tanulmányban hívta fel a figyelmet arra, hogy az elmúlt évtizedben a gerincsebészet területén paradigmaváltás következett be: A minimálisan invazív technikák egyre nagyobb teret hódítanak és szerepük-jelentőségük egyre kevésbé kérdőjelezhető meg a gerincsebészetben¹⁻³. A technika előnye az, hogy a standard középvasos feltárásokhoz képest az izomtrauma minimalizálható, illetve a gerinc csontos, szalagos integritásának a sértese is minimális^{4,5}.

Az elmúlt évtizedben több rutin gerincsebészeti műtét kapcsán jelentek meg minimálisan invazív műtéti eljárások, és a módszer standard eljárássá vált a spinalis stenosis és a discusherniatio kezelésében^{6,7}. További innovációnak köszönhetően a minimálisan invazív gerincsebészet tovább fejlődött és olyan komplex gerincbetegségek kezelésére is alkalmassá vált, mint például intraduralis, extraduralis daganatok⁸⁻¹⁰, gerincdeformitás¹¹, gerinctörés^{12,13}, illetve rutineljárássá vált instrumentált fúziós műtétek kivitelezésénél^{14,15}.

A minimálisan invazív gerincsebészeti technikák alkalmazásának a haszna már az első közleményekből is nyilvánvalóvá vált a nyílt technikával szemben: jóval kisebb vérvesztés¹⁶, a gerincizomzat integritásának megőrzése^{17,18}, rövidebb hospitalizáció¹⁸, korai mobilizáció, csökkent fájdalomszint¹⁸, kisebb gennyedési kockázat¹⁹, a posztoperatív szakban jelentkező pszichés stressz minimalizálása^{1,20}. Remélhetően a hosszú távú eredmények is jobbak lesznek a gerinc izomzatának és ligamentaris integritásának megőrzése által¹⁸, például traumás esetekben.

A minimálisan invazív technikának hátrányai is vannak, ilyen például a gerinc mikrosebészeti anatómiája részletesebb és pontos ismeretének a szükségessége, melynek elsajátítása hosszabb tanulási periódust igényel. Gyakran csak 2-3 cm-es látómező áll rendelkezésre a gerincsebész számára, hogy a komplex patológiai elváltozást átlássa, illetve a csontos degeneráció miatt deformálódott anatómiai struktúrákat azonosítsa. A következő hátrány a mikrosebészeti technika szükségessége, ami például az ortopédiai háttérrel rendelkező gerincsebész számára egy új, megtanulandó sebészi módszert jelent. Sok esetben a 2-3 cm-es látómező miatt, ami túlsúlyos betegek esetében a bőrfelszíntől 10-12 cm-re is elhelyezkedhet, mikroszkóp és bajonett műszerek használata elengedhetetlen a beavatkozás elvégzéséhez. Ezek a műszerek azonban egyelőre nem minden gerincsebészetet végző munkahelyen hozzáférhetőek. További hátrány a hosszabb képerősítő expozíciós idő, azaz nagyobb sugárdózis terheli mind a beteget, mind a műtői

személyzetet a nyílt technikával szemben, ahol lehetőség van a makroanatómiai tájékozódásra. A minimálisan invazív technikánál a képerősítő sokkal nagyobb részben határozza meg a sebész tájékozódását.

Magyarországon vannak előzményei a minimális invazív gerincsebészeti technikák alkalmazásának^{21,22}, innovációjának^{8,9}, azonban tudomásunk szerint elsőként alkalmaztuk Magyarországon ezt a technikát szisztematikusan olyan népbetegségben, mint például szegmentális fúziót igénylő degeneratív elváltozások a lumbális szakaszon, illetve csavaros-rudas rögzítést igénylő gerinctörés, csigolyatörés. Tanulmányunk a pécsi Idegsebészeti Klinikán, minimálisan invazív technikák alkalmazásával elvégzett, instrumentált gerincműtétek elemzésével azt kívánja bemutatni, hogy ez a módszer hazánkban is elérhető és a fejlődés egyik ésszerű iránya lehet.

Módszerek

BETEGEK

Most előzetes eredményeinket közöljük. Eddig 10 beteg esetében végeztünk minimálisan invazív gerincrögzítést, szegmentális fúziót. Két esetben konzervatív úton eredménytelenül kezelhető, fájdalom-szindrómát okozó LIV-LV. instabilitás volt az indikáció, négy esetben spondylolysis-spondylolisthesis LV-SI. magasságban, három esetben degeneratív spondylolisthesis és egy esetben gerinctrauma miatt végeztünk műtétet. A vérvesztés 20-200 ml között volt, a műtéti idő 1,5-6 órát ért el a műtét komplexitásától, illetve a technika tanulási folyamatától függően.

MŰTÉTI TECHNIKA

Segmentális fúzió indikációja esetén egyoldali vagy kétoldali mini open feltárást alkalmaztunk függően attól, hogy repozíciót kellett-e végezni. Az elcsúszott csigolya repozíciójához elengedhetetlen a kétoldali feltárás. A mini open feltárás 3-4 cm-es paramedián metszéstől állt, mely a középvasostól körülbelül 5 cm-re helyezkedett el. Az intervertebrális távtartó beültetése is ebből a metszéstől történt. Egyoldali mini open feltárás esetében az ellenoldalra percutan helyeztük be a csavarokat a szegmentumrögzítéshez. A bemutatott traumás esetben a percutan behelyezett csavaros rudas gerincrögzítő rendszer mellett a törött csigolya redukcióját szintén percutan módon, csigolyastent alkalmazásával végeztük.

Eredmények

LIV–LV. INSTABILITÁS

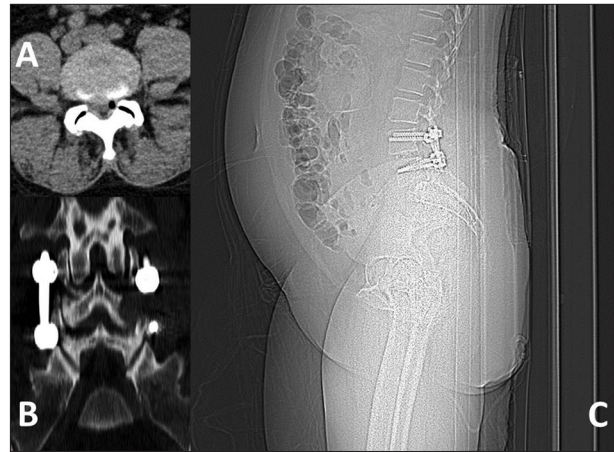
A betegnek krónikus derék- és bal alsó végtagi fájdalmai voltak, melyek terhelésre fokozódtak, a beteg a vizuális analóg 10-es skálán 8-as erősségű fájdalmat panaszolt. Féléves konzervatív kezelést követően sem javult az állapota, fájdalmai perzisztáltak. Idegrendszeri kórjele nem volt. A preoperatív CT-képeken LIV–LV. ízületben vákuumfenomén volt megfigyelhető, mely egyértelműen instabilitásra utal (**1. ábra**). Az instabilitás tényét a funkcionális röntgenfelvétel megerősítette. A betegnél LIV–LV. szegmentális fúziót indikáltunk. Bal oldali mini open feltárás történt, ezen keresztül implantáltuk az intervertebralis távtartót (cage) a porckorong kiürítését követően. A feltartót eltávolítva mind jobb, mind bal oldalon percutan helyeztük be a csavarokat. A posztoperatív képeken látni lehet, hogy milyen kevés csontreszekció történt (**1. ábra**). Meg kell jegyeznünk, hogy a túlsúlyos beteg esetében a műtétet egy bal oldali 4 cm hosszú metszésből, illetve jobb oldalon két 1,5 cm hosszú metszésből tudtuk végrehajtani.

SPONDYLOLYSIS, SPONDYLOLISTHESIS

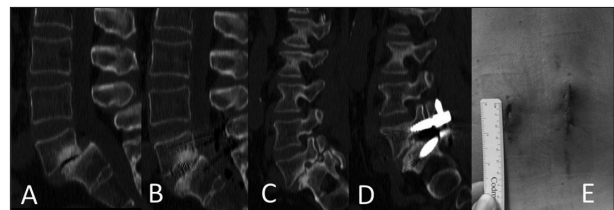
A beteg konzervatív kezelésre nem javul, körülbelül egy éve fennálló, bal oldali L5-ös idegyöki panaszok miatt került ambulanciánkra. A beteg CT-felvételein spondylolysis talaján kialakult LV–SI spondylolisthesis látszott, illetve bal oldali túlsúlyú LV–SI. foraminalis szűkület volt látható (**2. ábra**). Tekintettel a grade II. spondylolisthesisre, a foraminalis L5. idegyöki kompresszióra, kétoldali mini open feltárást végeztünk. A posztoperatív képeken látható, hogy a minimálisan invazív feltárás segítségével az intervertebralis forameneket dekomprimáltuk, illetve az elcsúszott LV-ös csigolyát reponáltuk, az LV–SI. szegmentumban az intervertebralis magasságot helyreállítottuk. A műtét elvégzéséhez két darab 3 cm hosszú seb elegendő. Ekkora feltárás szükséges a cage, illetve a csavarok, rudak implantációjához. A beteget a műtét másnapján könnyen mobilizáltuk, majd a posztoperatív harmadik napon emittáltuk.

DEGENERATÍV SPONDYLOLISTHESIS, STENOSIS CANALIS SPINALIS

A beteg hat hónapos konzervatív kezelésre nem szűnő, mindkét oldali alsó végtagba sugárzó fájdalmak miatt kereste fel ambulanciánkat. A betegnek spinalis klaudikációja volt, járástávolsága fokozato-

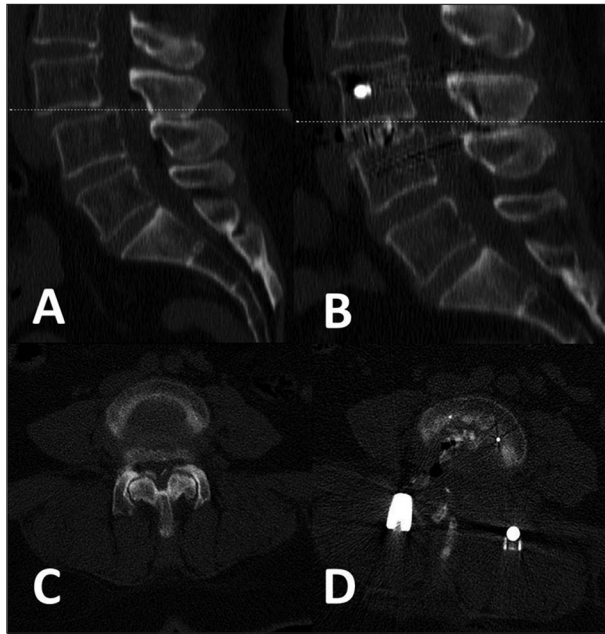


1. ábra. Az LIV–LV. kisízületekben látható vákuumfenomén instabilitásra utal (**A**), melyet a funkcionális röntgenfelvétel megerősített. A coronalis képen (**B**) látható a bal oldali minimális csontreszekció, mely a cage beültetéséhez szükséges. A CT áttekintő képen (**C**) látszik a műtét utáni posztoperatív állapot, továbbá a lágyrész-körvonalakból megfigyelhető, hogy a műtétet túlsúlyos beteg végéztük el



2. ábra. A képeken LV–SI. spondylolysis-spondylolisthesis preoperatív és posztoperatív CT-felvételei látszanak. A grade II. listhesis redukciója majdnem teljes (**A**, **B**), illetve a panaszokat okozó L5. idegyöki foraminalis kompressziót is megszüntettük (**C**, **D**), a porckorongmagasságot helyreállítottuk. Megfigyelhető, hogy a minimálisan invazív műtét elvégzéséhez 2 db paramedián 3–4 cm hosszú metszés elegendő volt (**F**)

san hónapok alatt 10 méterre csökkent. A lumbális gerinc CT-vizsgálatával LIII–IV. degeneratív spondylolisthesis volt látható következményes gerinc-satorna-szűkülettel (**3. ábra**). Tekintettel a patológiára kétoldali mini open feltárást alkalmaztunk, ugyanis a spondylolisthesis redukcióját is el akartuk végezni a rögzítés és a canalis spinalis dekompressziója mellett. A posztoperatív képeken látható, hogy a gerinc-satornát felszabadítottuk, az LIII–IV. szegmentumban található szűkületet megszüntettük, illetve a spondylolisthesisist reponáltuk. A betegnek a műtétet követően megszűntek a kétoldali alsó végtagba sugárzó fájdalmai, a műtét után enyhe derékfájdalmat panaszolt, a posztoperatív negyedik napon emittáltuk.



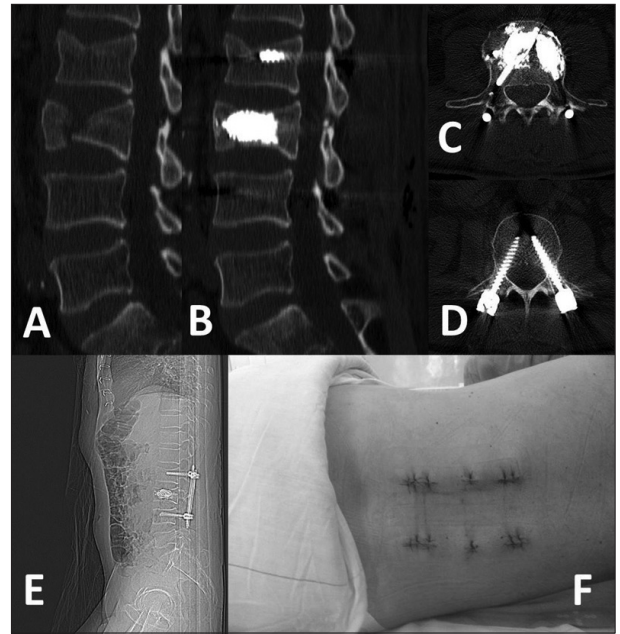
3. ábra. A képeken LIII–LIV. degeneratív spondylolisthesis preoperatív és posztoperatív CT-felvételei látszanak. A horizontális szaggatott vonal az A, B képeken a C, D képek pozícióját jelöli. A műtét során a listhesist megszüntettük (A, B), továbbá a canalis spinalist dekomprimáltuk a szegmentumban (C, D)

LUMBÁLIS GERINCTRAUMA

A négy méter magasból leesett betegnek, a leesést követően, igen heves lumbális fájdalmak jelentkeztek, idegrendszeri kórjele nem volt. CT-vizsgálat során ThXII., LII. stabil, AO klasszifikáció szerint A.1 típusú törése igazolódott, továbbá az LIII. csigolya instabil, A2 típusú törésére derült fény (4. ábra). LIII. magasságban jobb oldalon hátsó oszlopra is terjedő pars interarticularis törése is igazolódott, illetve az LII–LIII. kisízületek szubluxált helyzetben voltak mindkét oldalon. A lumbalis gerinc MR-vizsgálatával az LII–III. csigolyák között az interspinosus ligamentumban jelzavar volt megfigyelhető a STIR-felvételeken.

A beteg LIII. AO A2 típusú csigolyatörése hosszú távon instabilnak tekinthető, ugyanis a porckorong a törött csigolyatestbe nyomul, mely megakadályozza a csontos gyógyulást. Ez progresszív kyphosishoz vezethet a szegmentumban. Az esetet súlyosbítja a hátsó oszlop disztrakciós mechanizmusú sérülése is (AO B típusú gerincsérülés). Így műtéti kezelést indikáltunk.

Az elülső oszlop A2 típusú törését ideálisan csak elülső feltárásból lehet megoldani, a hátsó oszlop disztrakciós mechanizmusú sérülése miatt dorsalis csavaros-rudas rögzítő rendszer beültetése is szóba



4. ábra. A képek egy magasból leesett beteg csigolyatörését mutatják műtét előtt és után. A preoperatív képen látszik az A2 típusú törés, illetve, hogy a porckorong csigolyatestbe nyomul és ott jelentős csonthiányt képez (A). A beültetett csigolyastent és csontcement a törött LIII. csigolya zárólemezeének a beroppanását mérsékelte, továbbá a csigolya stabilitását fokozta a csonthiány kitöltésével (B, C). A posztoperatív képeken megfigyelhető továbbá, hogy a transpedicularis csavarok ideális szögben, azaz a leginkább összetartó módon beültethetők (D) és ehhez nem szükséges a lágy részek drasztikus eltartása. A posztoperatív CT áttekintő képén a percutan módon beültetett csavaros rudas rögzítő rendszer látszik (E). A műtét elvégzéséhez 6 db apró metszésre volt szükség, melyből a két középső a stentimplantációhoz, míg a többi a csavarok, rudak beültetésére szolgált (F)

jön. Ezért a hagyományos eljárás ebben az esetben elülső corpectomia, majd elülső fúzió lenne transz- vagy retroperitonealis feltárásból. Továbbá a hátsó oszlop rögzítéséhez dorsalis, körülbelül 12 cm hosszú középvonalas feltárást és kétoldali paravertebralis izomleválasztást a választandó eljárás a transpedicularis csavarok és rudak behelyezéséhez.

A hagyományos eljárást kiváltandó a beteget kombinált minimálisan invazív technika alkalmazásával operáltuk meg. Egyrészt csigolyastentet ültettünk be a törött LIII. csigolyába, majd a hátsó oszlop rögzítésére percutan behelyezett transpedicularis csavaros rudas rendszer szolgált (4. ábra). A posztoperatív képeken látszik, hogy a stent nemcsak a csonthiányt tölti ki, hanem a stent expanziója miatt a zárólemezek beroppanása is mérséklődik, a zárólemezek részlegesen reponálódnak. Megfigyel-

hető továbbá, hogy a csontcement a csigolya körül-belül 30%-át tölti ki. Az axiális képeken látszik az is, hogy a minimálisan invazív technika a csavarok behelyezésére is ideális szöveget biztosít. A nyílt technika alkalmazásához szükséges elülső és hátulso kiterjedt feltárások helyett, összesen 6 db apró metszésre volt szükség e komplex rögzítés elvégzéséhez. A két középső metszés megfelel a stent implantációjának, az alsó és a felső metszés pedig a csavar, illetve a percutan behelyezett rúd implantációjának. A beteg a posztoperatív első napon mobilizálhatóvá vált, fájdalmai jelentősen csökkentek, idegrendszeri kórjel, szövődmény nem volt. A műtét mindössze másfél óráig tartott.

Összefoglalás

A közleményünkben bemutatott esetekkel azt kívántuk szemléltetni, hogy a minimálisan invazív, instrumentált gerincsebészeti technika hazánkban is bevezethető a rutinműtétek szinte teljes spektrumában. Reményeink szerint hozzájárultunk a minimálisan invazív gerincsebészeti technika további elterjedéséhez Magyarországon. Az új technika előnyösebbnek látszik a nyílt, hagyományos műtétekhez viszonyítva a csökkent fájdalomszint^{1, 18}, a kisebb gennyedési kockázat¹⁹, kisebb vérvesztés^{1, 16} miatt. További előnyt jelent, hogy a transpedicularis csavar behelyezését nem gátolja a bőrfelszín és a gerinc között elhelyezkedő lágyrész-tömeg. Például

túlsúlyos betegek esetében kiterjedt paravertebrális izomzat leválasztásával, illetve ezek drasztikus eltartásával lehet az optimális csavarbehelyezéshez szükséges 30-40 fokos behelyezési szöveget elérni a hagyományos középvonalas feltárásoknál. Ezekben az esetekben a paravertebrális izomzat agresszív kompressziója egyrészt növelheti a thromboembóliás szövődmények számát, másrészt izomatropfiához vezethet¹⁸.

A technika fejlődésével a jövőben még komplexebb gerincsebészeti ellátást igénylő esetek is operálhatóak majd minimálisan invazív módon. Így lehetőség nyílik például degeneratív vagy adolescens scoliosis minimálisan invazív korrekciójára, rögzítésére^{11, 23}.

Remélhetőleg több tévhitet is sikerült eloszlatni, melyek esetlegesen felmerülhetnek a technikában nem jártas gerincsebész kollégák számára. A bemutatott esetekkel demonstrálni kívántuk, hogy a minimálisan invazív gerincsebészeti technika alkalmas: 1. spondylolisthesis reponálására a dorsalis struktúrák integritásának megőrzése mellett, 2. túlsúlyos betegek kezelésére, 3. szegmentális fúzióra a lumbosacralis átmenetben is, illetve 4. több szegmentum rögzítésére, például traumás esetekben.

Elképzelésünk szerint a minimálisan invazív technika alkalmazása a gerincsebészetben hasonló paradigmaváltást fog előidézeni, mint ami a cholelithiasis műtéti kezelésénél is bekövetkezett a laparoscopia térhódítása által a hasi sebészetben.

IRODALOM

1. Smith ZA, Fessler RG. Paradigm changes in spine surgery: evolution of minimally invasive techniques. *Nat Rev Neurol* 2012;8:443-50.
2. Gandhi SD, Anderson DG. Minimally invasive surgery for the lumbar spine. *J Neurosurg Sci* 2012;56:27-34.
3. Hussain NS, Perez-Cruet MJ. Complication management with minimally invasive spine procedures. *Neurosurg Focus* 2011;31:E2.
4. Rahman M, Summers LE, Richter B, Mimran RI, Jacob RP. Comparison of techniques for decompressive lumbar laminectomy: the minimally invasive versus the "classic" open approach. *Minim Invasive Neurosurg* 2008;51:100-5.
5. Rosen DS, O'Toole JE, Eichholz KM, Hrubes M, Huo D, Sandhu FA, et al. Minimally invasive lumbar spinal decompression in the elderly: outcomes of 50 patients aged 75 years and older. *Neurosurgery* 2007;60:503-10.
6. Nellensteijn J, Ostelo R, Bartels R, Peul W, van Royen B, van Tulder M. Transforaminal endoscopic surgery for symptomatic lumbar disc herniations: a systematic review of the literature. *Eur Spine J* 2010;19:181-204.
7. Postacchini F, Postacchini R. Operative management of lumbar disc herniation: the evolution of knowledge and surgical techniques in the last century. *Acta Neurochir Suppl* 2011;108:17-21.
8. Banczerowski P, Veres R, Vajda J. New minimally invasive surgical techniques in spinal surgery. *Ideggyogy Sz* 2012; 65:169-80.
9. Banczerowski P, Vajda J, Veres R. Exploration and decompression of the spinal canal using split laminotomy and its modification, the "archbone" technique. *Neurosurgery* 2008;62:432-41.
10. Smith ZA, Yang I, Gorgulho A, Raphael D, De Salles AA, Khoo LT. Emerging techniques in the minimally invasive treatment and management of thoracic spine tumors. *J Neurooncol* 2012;107:443-55.
11. Mundis GM, Akbarnia BA, Phillips FM. Adult deformity correction through minimally invasive lateral approach techniques. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(26 Suppl): S312-21.
12. Rampersaud YR, Annand N, Dekutoski MB. Use of mini-

- minimally invasive surgical techniques in the management of thoracolumbar trauma: current concepts. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31:S96-102.
13. *Court C, Vincent C.* Percutaneous fixation of thoracolumbar fractures: Current concepts. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012;98:900-9.
 14. *Kim JS, Jung B, Lee SH.* Instrumented Minimally Invasive spinal-Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (MIS-TLIF); Minimum 5-years Follow-up With Clinical and Radiologic Outcomes. *J Spinal Disord Tech* 2012 Sep 28. [Epub ahead of print]
 15. *Karikari IO, Isaacs RE.* Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a review of techniques and outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35:S294-301.
 16. *Park P, Foley KT.* Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with reduction of spondylolisthesis: technique and outcomes after a minimum of 2 years' follow-up. *Neurosurg Focus* 2008;25(2):E16.
 17. *Kim CW.* Scientific basis of minimally invasive spine surgery: prevention of multifidus muscle injury during posterior lumbar surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35:S281-6.
 18. *Fan S, Hu Z, Zhao F, Zhao X, Huang Y, Fang X.* Multifidus muscle changes and clinical effects of one-level posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive procedure versus conventional open approach. *Eur Spine J* 2010;19:316-24.
 19. *Parker SL, Adogwa O, Witham TF, Aaronson OS, Cheng J, McGirt MJ.* Post-operative infection after minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): literature review and cost analysis. *Minim Invasive Neurosurg* 2011;54:33-7.
 20. *Asgarzadie F, Khoo LT.* Minimally invasive operative management for lumbar spinal stenosis: overview of early and long-term outcomes. *Orthop Clin North Am* 2007;38:387-99.
 21. *Kasó G, Stefanits J, Kövér F, Hudvágner S, Dóczi T.* Vertebroplasty: a percutaneous procedure for the treatment of diseased vertebral bodies of various etiologies. *Ideggyogy Sz* 2002;55:244-52.
 22. *Kasó G, Horváth Z, Kövér F, Ezer E, Dóczi T.* Application of vertebroplasty, neuronavigation and kyphoplasty in the treatment of multiplex osteoporotic vertebral fractures - case report. *Ideggyogy Sz* 2006;59:282-7.
 23. *Sarwahi V, Wollowick AL, Sugarman EP, Horn JJ, Gambassi M, Amaral TD.* Minimally invasive scoliosis surgery: an innovative technique in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis* 2011;6:16-17.