

A SZKOLIÓZIS MŰTÉTI KEZELÉSÉNEK FEJLESZTÉSÉBEN ELÉRT EREDMÉNYEIM

**CSERNÁTONY ZOLTÁN,
DEBRECEN 2014**

VÉLEMÉNYEZÉS – OPPOZICIÓ

Jelölt a dolgozat megírásakor a kísérletes, fejlesztő és klinikai tevékenység összegzéseként szokatlan formát választott, amely azonban a Magyar Tudományos Akadémia Doktori Szabályzatának Orvosi Tudományok Osztálya előírásainak megfelel. A dolgozat érdemi része kilenc fejezetből áll, melyek közül a kísérleti vonatkozásúak a Bevezetés, Anyag és Módszer, Eredmények és Megbeszélés részekre tagolódnak. Minden fejezet elején ismerteti saját ötleteit, elképzeléseit és az ehhez kapcsolódó munkáit, valamint feltünteti az adott témába vágó közleményeit. A X. Összefoglalás fejezetben irodalmi hivatkozásként csak a saját közleményeit szerepelteti.

BEVEZETÉS

Jelölt a bevezetésben hangsúlyozta - Andry-t idézve - „A púposság a testi nyomor szimbóluma, a szkoliózis az ortopédia jelképe, nehéz a betegséggel együtt élni, nehéz a betegséget kezelni.” Kifejtette, hogy alapjait tekintve még ma sem ismerjük megfelelően - és mint írta - „munkámmal ehhez az izgalmas, sok évszázados kalandhoz szeretnék kapcsolódni, megpróbálva hasznos részesévé válni a nagy próbálkozásnak, a szkoliózis hatékonyabb kezelésének.” Ez a megállapítása már az 1999-ben írt PhD munkájában is megjelent. Jelölt alapvető céljai ma sem változtak. Az azóta elvégzett kísérletei és klinikai eredményei mára jelentős minőségi fejlődést igazoltak.

I. A HÁTSÓ FELTÁRÁSBÓL VÉGZETT SZKOLIÓZIS MŰTÉTEK RENDSZEREZŐ ÁTTEKINTÉSE A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG

Jelölt ebben a fejezetben logikusan, tisztán, rendkívül szűkszavúan, de lényegre törően foglalta össze a gerincdeformitások leírásának, kezelésének történeti sorrendjét. Hangsúlyozta, hogy a disszertáció alapvető célkitűzéseinek megfelelően a szkoliózis hátsó feltárásból végzett műtéti kezelésének a módosításáról, az új módszer validálásáról és klinikai bevezetéséről kívánt értekezni, melynek megfelelően a történeti áttekintés során elsődlegesen a hátsó feltárásból végzett szkoliózis műtétek kezelésének kialakulását, belső

logikájának fejlődését vette alapul. Nem foglalkozott a ventrális implantátumok rendszereinek, a bordarezekció és gibboplasztikai módszerek fejlődésével.

A történeti áttekintés legkezdetibb idejéig nyúlt vissza a Krishna, Hippokratész és Galenus munkásságához és jutott el Glisson munkásságáig, aki elsőként adta máig is helytálló elemzését a szkoliózishoz társuló mellkasi deformitásoknak, mint orvosi problémának. Továbbiakban a lágyrész és a csontműtétek különválasztása történeti sorrendjét mutatta be. A lágyrész műtéteket először Jules Guérin végzett, aki módszerével a hátizomzat konkáv oldali összehúzódásának a megszüntetésére izomátmetszéseket végzett tenotomiaként. Később Grucca, Sulutko és Pavlovsky végzett hasonló műtéteket. Ma már napjainkban ezeket a lágyrész műtéteket nem végzik önálló műtétként, mert a probléma elsősorban a hatékonyságukban van.

Jelölt megjegyezte, hogy ezek a beavatkozások akarva – akaratlanul ma is a hátsó feltárásból végzett szkoliózis műtétek jelentős részében jelen vannak, mivel az operált gerincszakasz alapos szkeletizálása nem más, mint myotomiák, tenotomiák, dezinszerciók, kapszulotómiák és arthrotómiák sorozata.

A dézisek elemzésekor Albee és Hibbs nevét említette, mivel ők határozták meg ennek a technikának a lényegét, amely az autológ, a homológ, heterológ és a konzervált csontok beépítése volt különféle dekortikációk segítségével. Eleinte a műtéteket gipszkorzettben végezték, majd később a műtétek után helyeztek csak fel külső rögzítésként gipszkorzettet a tökéletes detizálás érdekében.

Jelölt összefoglalásként megjegyezte, hogy napjainkban az implantátum technika fejlődésével az önálló beavatkozásként végzett dézisek visszaszorultak, de az implantáció kiegészítéseként végzett dézis jelenleg is a legkomolyabb biztosíték a szkoliózist operáló sebész céljainak eléréséhez.

Bíráló a jelölt véleményével egyetért.

A fejlődés következő lépcsőfokát a korai implantátumok jelentették, amelyek a gerincoszlop mentén elhelyezett fémrudakból és különféle dróthurkokból álltak. Képviselőik Allan és Grucca voltak, végül Cobb ismerte fel, hogy a fémimplantátumok csak időlegesen voltak alkalmasak a gerinc megtámasztására, ezért törekedett – a komplikációk elkerülésére - a megtámasztott szakasz detizálására.

A szkoliózis sebészet korszakalkotó lépése Harrington módszere volt, amelynek lényege, hogy 2 rúd segítségével a konkáv oldalon disztrakciót, a konvex oldalon kompressziót hozott létre különféle kapsok, horgok, majd később harántösszekötők segítségével. A módszer hibája, hogy a görbületek korrekcióját csak frontális síkban valósította meg, ezáltal gyakran megbomlott a törzs egyensúlya. Ma már módszere és annak módosításai a tartós külső rögzítés és posztoperatív ágynyugalom miatt háttérbe szorultak..

A fejlődést Luque és Galveston eszközei jelentették, melynek lényege: a gerinc kívánt kontúrjának megfelelően hajlítható, hosszanti rúdhoz rögzített kóros gerincszakasz szegmentális rögzítése a csigolyák laminája alatt átvezetett

dróthurokkal. A módszer előnye volt a minden szegmentumot külön szabályozható erővel végzett derotáció.

Jelölt ezen módszer módosított változatát dolgozta ki munkatársaival a Debreceni Egyetem Ortopédiai Klinikáján a „Unit Rod” néven ismert monoblokk, fordított V alakú implantátum formájában. A módszert később Harrington módszerével kombinálta. Felismerésének eredetiségét bizonyította biomechanikai szempontból, hogy gyakorlatilag csak haránterőket alkalmazó Luque-rendszert kombinálta a csak hosszanti erőket kifejtő Harrington-rendszerrel. A módosítását még napjainkban is széles körben alkalmazzák.

Történetileg a minőségi lépést Roy-Camille pedunculus csavaros-lemezes fixációs módszere jelentette. Ez a módszer sosem tudott széles körben elterjedni a szkoliózis sebészetében az objektív anatómiai okok miatt, de a pedunculus csavarozás ötlete a későbbiekben alapvető gerincsebészeti beavatkozássá vált. Majd 22 évvel később kidolgozták az új korszakot jelentő poliaxiális csavarokat.

Ez a megoldás tette lehetővé, hogy a rudak utólagos hajlítgatása és a csavarok túlterhelése nélkül lehessen az implantátumokat egységes montázssá összeállítani. A rendszer számos módosítását végezték, de még így is a csavarok helytelen irányba történő bevezetése jelenti a legmagasabb szövődményi rátát.

A gerincdeformitások sebészetének forradalmi átalakulását Cotrel és Dubousset háromdimenziós rekonstrukciós elméletének kialakítása és az ehhez kialakított új eszközrendszer (CD) jelentette. A műtétek után a beteg a 2.-3. napon felkelhetővé vált és korzett viselése nem volt szükséges.

Jelölt a „Gold-effectus” jelenségére hivatkozva az elsők között fogalmazta meg a CD-eszköz kritikáját, mert felismerte a rotációs manőver időnkénti kivitelezhetetlenségét. Megoldásként Steib vezette be az „in situ bending” módszert.

Bíráló véleménye szerint jelöltnék ebben a történeti áttekintési részben említést kellett volna tenni a POTE munkacsoportjának szkoliózis háromdimenziós műtéti ellátási technikájáról, ebből a munkacsoportból kiemelve Illés nevét.

A történeti áttekintés befejezéseként jelölt elemezte az artrodézis nélküli korrekciós műtéteket. Az „Early onset” idiopátiás szkoliózisok jelentős része - jóval a növekedés befejezése előtt - igényli a korrekciós műtéti ellátást, amikor is az artrodézis elhagyásával a „Crank-shaft” fenomén megjelenésének a megelőzése a cél.

Jelölt határozottan leszögezte, hogy öt éves kor alatt 5-6 torakális csigolyánál többet detizálni nem szabad. Alapvető szempontnak tekintette, hogy a műtéteknél - a megfelelő stabilitás elérésére - minél kevesebb implantátumot alkalmazzanak. Ennek elvi lehetőségei az ún. „Growing rod”, valamint a „VEBTR” használata voltak.

Jelölt a továbbiakban az egyes gerincszakaszok növekedése gátlásával igyekezett csökkenteni a gerincferdülés progresszióját, amelyet „Growth modulation” néven foglalt össze. Hasonló eljárásként említette a „Growth

guidance” technikát, melynek lényege az apikális csigolyák rövid szakaszon történő korai fúziója. A fenti technikákat „Gerincszabályozás” néven foglalta össze.

Jelölt a jövőre vonatkozó lehetőségek között említette, hogy a szkoliózis biomechanikával kapcsolatos ismeretek bővülésével, mesterséges szalagok vagy rugalmas anyagok célszerű behelyezésével, átmeneti immobilizálás nélkül is célt lehet elérni. Reményét fejezte ki, hogy az idiopátiás szkoliózisoknál - a növekedés befejezése után bizonyos idővel - rutinszerűvé válik majd az implantátumok eltávolítása anélkül, hogy korrekcióvesztés következne be. Így a gerinc bizonyos mértékig visszanyerné a mobilitását is.

Befejezéseként rendkívül szellemes megoldással egy ábrán, a gerincimplantátumok „családfáján” próbálta szemléltetni azt a fejlődést és azokat a trendeket, amelyek a gerincsebészeti korszak kezdetétől a Cotrel-Dubousset implantátumokat követő, ún. „2. generációs CD elvű implantátumok” megjelenéséig eltelt időszakot mutatták be.

II. A TORAKÁLIS CSIGOLYÁK AXIÁLIS ROTÁCIÓS TENGELYE

Jelölt megállapította, hogy a szkoliózis deformitás egyik meghatározó komponense a gerinc torziója, ami az érintett csigolyák axiális rotációjából tevődik össze. A rotációs tengelyre vonatkozóan az irodalomban számos egymásnak ellentmondó magyarázat létezik, ezért szükségesnek tartotta többféle megközelítési módszerrel eljutni a kérdés megválaszolásához. Az ellentmondások feloldása és a kérdés tisztázása céljából saját ellenőrző kísérleteket végzett, mivel a gerincferdülés rotációs komponensének korrekciója a kezelés egyik sarkalatos pontja,

Vizsgálatait 1. különféle geometriai megközelítési módokkal

2. térbeli modellek készítésével

3. ex vivo gerincszakaszokon, illetve a teljes mellkas szegmentumokon végzett in vitro mérésekkel kívánta elvégezni.

A geometriai megközelítési módszerek lényege, hogy alaki szabályosságokat keresett a csigolyákat illetően, illetve összefüggést próbált felfedezni az általa talált geometriai és valós forgásközéppontok között. A módszernél 126 – különböző korú és nemű emberből származó – háti csigolya frontális, horizontális és szagittális irányú rgt-képét használta fel a megfelelő jelzéssel történő ellátást és preparálást követően. Munkatársaival együtt különféle szerkesztési megközelítést alkalmazott, jól definiált anatómiai pontokra egyeneseket, négyszögeket és ellipsziseket illesztett. A szerkesztések elvégzése után azt vizsgálta, hogy hol helyezkedik el a három ellipszis és a négyszög középpontja, illetve hol metszi egymást a fémgyűrűkre rajzolt két pár egyenes. Feltevése szerint a csigolya három főirányú rotációs tengelye egy pontban, a csigolya geometriai középpontjában metszi egymást.

Jelölt munkahipotézisét alátámasztotta az a megfontolás, hogy amennyiben ez nem így lenne, akkor - szemben a valósággal - a csigolya nem tudna egyidejűleg mindhárom tengely körül rotálódni. Az ugyanarról a csigolyáról készült kétirányú rtg-felvételek képeit egymás vetületére helyezte, megrajzolta mindhárom nézetben a csigolyát bennfoglaló ellipsziseket. Ezek középpontjának kijelölését követően mérte meg a különféle vetületek középpontjának távolságát. A legnagyobb távolság adta annak a gömbnek az átmérőjét, amely magába foglalta mind a három ellipszis középpontját. Végül a távolságokat összehasonlította az adott vetületben mért csigolyaméretekkkel, és így számította ki, hogy a három vetületben kapott középpont a csigolya méretéhez képest mekkora gömbfelületen belül helyezkedik el.

Kísérleteit a gerinccsatorna térfogatváltozásának vizsgálatával folytatta. Feltételezte, hogy a csigolyák axiális rotációjának tengelye úgy alakult ki, hogy a gerinc maximális rotációja a gerinccsatorna térfogatának lehetőleg legkisebb csökkenésével járjon. A méréshez mesterséges modelleket használt. A kísérletet összesen 7 rotációs tengely mentén vizsgálta, ezek közül 4 volt, amelyet a szakirodalom alapján választott ki, a másik 3 valószínűtlen rotációs tengely volt. A rotációt egy speciálisan módosított Goldman-féle szemészeti kinetikus periméter segítségével végezte. A kívánt rotáció elérése után poliuretán habbal öntvényeket készített a canalis vertebrálisról. Az öntvények térfogatát vízkiszorításuk mérése alapján határozta meg.

A vizsgálatokat az ex vivo háti gerincszakaszon végzett mérésekkel folytatta. A vizsgálatok során az axiális rotáció tengelyének meghatározására kadáverekből kipreparált, V.-VIII. háti csigolyát tartalmazó gerincszakaszokat vizsgált. A kísérlet során a gerincszakaszt a hozzá kapcsolódó bordák 5 cm-es csomkjával és a lágyrészekkel vette vizsgálat alá. A mérésekhez egy speciális hengeres-gyűrűs befogóeszközt készített. A rotációs kísérletet a legfelső gyűrű elfordításával valósította meg. A csigolyatestekbe helyezett szögek segítségével referenciapontokat képzett. Ellenkező irányú elforgatás közben axiális rtg-felvételeket készített. A rotációk során a szegek együtt forogtak a csigolyákkal, a szegek rotációs tengelye kijelölte a csigolyák rotációs tengelyét. A feladat az volt, hogy megtalálja azt a pontot, ami körül az eredeti képet elforgatva az elforgatott képet megkapja. Ezt a pontot végső soron a jelzőszeg képeinek végpontjait összekötő szakaszok felező merőlegeseinek metszéspontja jelölte ki, vagyis minden elforgatáskor a három szeg a hozzátartozó csigolya axiális forgásközéppontját jelölte ki.

A kísérletek következő lépése a teljes bordakosárral eltávolított mellkasszeletekkel történt, ahol a bordakosár mechanikai hatásait is figyelembe vette. A vizsgálatok az előző kísérletsorozathoz hasonlóan zajlottak.

Jelölt összefoglaló megállapításai a következők voltak:

Geometriai megközelítési módszerrel az ellipszisek geometriai középpontja mindenesetben a canalis vertebralis területére esett. Az összesítések alapján látható, hogy az ellipszisek és a négyszögek középpontjai a velőűrben, annak

szagittális szimmetriatengelye körül helyezkedtek el. Az egyenesekre vonatkozóan a felső ízületi nyúlványokra vetülő merőlegesek metszéspontja az esetek 2/3-ában, míg az alsó ízületi nyúlványokra szerkesztett merőlegesek 4/5-ben a csigolya elülső részére vagy ahhoz közel esett, ami a középpontja volt

A geometriai csigolyaközéppontok térbeli meghatározása során geometriai középpontot a csigolyát három irányból magába foglaló három elliptikus henger hossz tengelyeinek metszéspontjával adta meg. Ezek szerint 97,62%-os biztonsággal állította, hogy az ellipszisek középpontjai egy olyan gömbfelületen belül helyezkednek el, amelynek az átmérője a csigolya méretének 10%-a, tehát ezek a pontok a térben gyakorlatilag egybeesnek. A csigolyák 60%-ánál ez a bizonyos gömbhéj a csigolya méretének csupán 3-6%-a volt. Összegzésként határozottan állította, hogy a középpontokat magába foglaló gömb a velőűr elülső szélén, középen helyezkedik el.

A gerinccsatorna térfogatváltozásának vizsgálatakor az öntvényeket vizsgálva nem tapasztalt egyiknél sem túl hirtelen megtöretést vagy elmetesződést. A hét vizsgálati típusból az 5-ös és a 7-es tengely mentén csökkent legkevésbé a velőűr térfogata, így ennek a megközelítésnek az alapján ezeket tartotta a lehetséges rotációs tengelynek.

Az ex vivo háti gerincszakaszon végzett mérések közül először a bordacsonkkal rendelkező méréseket ismertette, és a kapott eredmények alapján a következő megállapításokat tette:

- a középpontok legnagyobb része a csigolyatesten, illetve kissé előtte, kisebb része a velőűr területén helyezkedett el.
- a rotációs centrum lokalizációja hasonló elosztást mutatott az „intakt” preparátum, illetve a spondylophyták eltávolítása után.
- borda nélkül előrébb tolódtak a középpontok.

A bordakosárral eltávolított mellkasszeleteken végzett vizsgálatok eredményeit összegezve megállapította:

- az intakt bordakosár jelentős hatással volt a rotációs tengely elhelyezkedésére
- a középpontok legtöbbször a csigolyatest elülső felére, vagy a velőűr területére estek, a csigolya szimmetriatengelye környezetében
- két pár borda eltávolítása után a tengely kissé előretolódott.

Végző következtetésként leírta, hogy a rotációs tengely nagy valószínűséggel:

- a medián-szagittális síkban van,
- a csigolyatestre, a csigolyatest elé, vagy a velőűr területére esik.

Jelölt felhívta a figyelmet arra, hogy a bordák ill. bordacsonkok hatással vannak a tengely helyére, vagyis a bordák hiányában a kapott rotációs tengely előrébb tolódhat. A kadáver gerincszakasz-vizsgálatok közül tehát csak a teljes bordakosárral eltávolított mellkasszeleteken végzett mérések eredményeit tekintette mérvadónak. Megállapította, hogy a háti csigolyák axiális rotációs

tengelyének legvalószínűbb helye a velőűr elülső falának medián-szagittális síkba eső szakasza.

III. AZ IDIOPÁTIÁS SZKOLIÓZIS MECHANIKAI ETIOPATOGENÉZISE A „ROTÁCIÓS ELŐFESZÍTETTSÉG” FOGALMÁNAK BEVEZETÉSE

Jelölt megjegyezte, hogy a szkoliózisok 70%-ának etiológiája ma még ismeretlen. Kísérletes módszerének lényege az volt, hogy a féloldali mm. rotatores túlsúlyát imitálva, a gerinc két végső pontját a frontális síkban megtartva „rotációs előfeszítettség” állapotát hozta létre. Ez - a tengely irányú terhelést tekintve - egy újabb kórosan stabil állapotot eredményezett, amely a szkoliózis kialakulásához vezethet.

Kísérleteit műanyag modellen végezte oly módon, hogy a ThI-X magasságokban a processus spinosusok tövétől az alsó szomszédos csigolyák processus transversusáig gumigyűrűt helyezett fel, aminek a hatására a gerinc balra tekeredett, majd a vállövet imitáló rudak és két rugó segítségével a gerincet vízszintes síkba, illetve frontális síkba állította, egyúttal vertikális terhelést is alkalmazott. Az így előkészített gerincen egy jobbra konvex háti görbület alakult ki. Az idiopátiás szkoliózis görbleteire jellemzően a csigolyák egymáshoz képest a tér három irányába mozdultak, vagyis szagittális, frontális síkú billenés és axiális rotáció alakult ki. A kísérlet befejezéseként az apicális szakasz frontális síkú beállítása és megtartása csak erő kifejtés révén volt lehetséges. Ezt a feszülő állapotot nevezte el a „rotációs előfeszítettségnek”.

Jelölt bebizonyította és mechanikailag modellezte a féloldali túlsúlyon alapuló, a megbomlott izomegyensúlyra visszavezethető szkoliózis keletkezésének elméletét. Összegezve megállapította, hogy elméletének egyik kiindulási alapja a kétoldali paraspinalis izomzat eltérő tónusa, ezen belül vitathatatlan a konvex oldali túl húzás kialakulásának elvi lehetősége. Végső következtetésében azt állította, hogy a paravertebralis izomzat megbomlott egyensúlya esetén - a posturális reflexek kompenzáló hatása miatt - létrejön a „rotációs előfeszítettség” állapota, ami a felső test súlyának hatására szkoliózis kialakulásához vezethet.

Összefoglalásaként jelölt kifejtette, hogy az idiopátiás szkoliózis kialakulásának mechanizmusa ma még nem teljesen tisztázott, de „rotációs előfeszítettség” elmélete bekerült azon hipotézisek sorába, amelyek a teljes vagy részleges igazságot állítják. Ezek remélhetően idővel segítenek a betegség megelőzésének, illetve a jelenleginél hatékonyabb kezelésének kidolgozásában.

IV. A DEROTÁCIÓ KRITIKÁJA A COTREL-DUBOUSSET SZERINT VÉGZETT MŰTÉTI KORREKCIÓK SORÁN

Jelölt - az irodalmi adatok figyelembevételével - a deformitások Cotrel-Dubousset elv alapján történt korrekciójának kritikáját adta. Megjegyezte, hogy az irodalmi adatok már a 90-es évektől jelezték a derotáció elégtelenségét, és saját negatív tapasztalatai miatt is úgy döntött, hogy algebrai úton keresi meg az elégtelen derotációnak az okát. Kísérletesen kívánta bizonyítani, hogy az elégtelen derotáció valójában törvényszerűség. Kifejtette, hogy a „Gold-effektus” révén sokáig tabutémának számító CD-elv legnagyobb problémája az, hogy a frontális és a szagittális síkban jelentősen csökkenti ugyan a deformitást, de az axiális rotációt ezzel arányosan nem csökkenti, hanem elméletileg még relatíve fokozza is. Mindezek miatt algebrai módszerekkel elemezte a szkoliózis deformitást és a CD elvű műtét során fellépő korrekciós erőket. Eredményeinek összegzéseképp vezette be a „rotációs egyensúly” fogalmát.

Kísérletei során síkgeometriai módszert alkalmazott: a tér különböző irányokban látható elmozdulásokat a tér három fő síkjára vetítette. Elemzése során a deformált gerinc globális és az egyes csigolyák relatív térbeli elmozdulásait vizsgálta. Az egyes csigolyákra vonatkozóan funkcionális egységeket vizsgált White és Panjabi elmélete alapján, és így a vizsgált csigolya elmozdulását annak a kaudális szomszédos csigolyához képest határozta meg. A műtégi korrekciós manőverek elemzése során a horizontális-frontális-szagittális síkú globális és szegmentális elmozdulásokat vizsgálta.

Vizsgálatai eredményeinek geometriai elemzéséből megállapította, hogy a torakális szakaszon egy kettős görbület esetén a görbület korrekciójához szükséges logikus korrekciós rúdmozgás és a rudak által megvalósított mozgások éppen ellentétesek.

Jelölt kritikája szerint a derotációt leginkább a szalagok, az izmok és a bordák valósítják meg, amelyek egy pányvaszerű hatást fejtenek ki a korrekció során modellizált és hátrafelé elmozdított csigolyákra.

Cotrel és Dubousset műtégi módszerét tovább kritizálva kijelentette, hogy a műtét során létrejött derotáció további feltétele, hogy a horgok és a rúd között szabadon menjen végbe az elfordulás. Ha a rúd valamilyen módon megszorul a horgokban, akkor az ellentétes irányú elfordulás korlátozott vagy teljesen akadályozottá válik. Ez utóbbi kóros derotáció fokozódáshoz is vezethet.

Jelölt határozott véleménye szerint a fokozatosan kialakuló szkoliózis görbület korrekciójának legbiztosabb módja, ha a csigolyák az elmozdulás útvonalát követve, mindhárom síkba eső komponensüket tekintve arányosan és fokozatosan térnek vissza a fiziológiás helyzetükbe. Ha a frontális és a szagittális síkú elmozdulásokat a horizontális síkú elmozdulások nem követik szinkronban, hanem ettől elmaradnak, akkor a rotációt relatíve növeljük. Legsúlyosabb esetben ez veszélyezteti a gerincvelő, az idegyökök és a gerincvelői szegmentális vérrellátás működését.

Jelölt mindezek figyelembevételével tartotta kialakítandónak és szükségesnek a korrekció hatékonyságának megítélésére a „rotációs egyensúly” fogalmának a bevezetését, amit a rotációs vektorok geometriai összegzéséből lehet kiszámítani. Mindezek kiszámítására egy megfelelő matematikai formulát alkalmazott.

V. A „CAB” HORGOK KIFEJLESZTÉSÉNEK TÖRTÉNETE ÉS AZ IMPLANTÁTUM JELENLEGI FORMÁJA

Jelöltnek célja a CAB horgok elvi kialakításával egy olyan univerzális, letisztult formavilágú szkoliózis implantátum rendszer létrehozása volt, amely a CAB horgokat és a klasszikus CD elvű implantátumot csereszabatosan ötvözi.

A gondolat alapját az a kétség képezte, amely a világszerte egyre elterjedtebbé vált és a Cotrel-Dubousset rendszer alkalmazása során észlelt hibák feltárásából adódott. Ezek kiküszöbölésére kívánta kifejleszteni az új implantátum és stabilizáló rendszerét. Kifejtette, hogy a hatékony korrekció megvalósításának egyik megközelítési módja az lehet, ha a rotációs előfeszítettség modellje szerinti túlhúzó izmok hatáskonvektorainak ellentettje korrigálná a szkoliózisos görbületet.

Ebben a modellben a testbeállítódási mechanizmusok révén számos aszimmetrikus izomfeszülés jelent meg. Kísérleteiben bebizonyította, hogy önmagában ez az eljárás nem elegendő. Ezért olyan implantátum formát keresett és alakított ki, amely egyrészt a csigolya határozott megragadását teszi lehetővé, másrészt jó rögzülés mellett az adott csigolyát a tér három fő síkjában célszerűen képes elmozdítani, ezáltal hatékony térbeli korrekciót lehet remélni.

A CAB horgok kialakításakor a geometria egyszerű patkóalakzat volt, amelynek mindkét vége horgokban végződött, és kialakításuk 5mm átmérőjű titán rúdból történt. A horogvégek alakja, helyzete alapján 3 fő típust különített el, jobbos, balos és szimmetrikus horgokat. A horgokat a JBS cég által gyártott „Spine system” titán eszközzel kombinálva használta. A rendszer a CD rendszer továbbfejlesztett 2. generációs változata volt. A CAB horgok rudakkal való kapcsolatát egy külön összekötő elem biztosította, amelyet „blokkernak” nevezett el.

A fenti rendszer érdemei a CD implantátumokhoz képest, a következők voltak: a csigolyatestek hátsó felszíne és a horog ívelt összekötője között folyamatos graft kialakítására lehetőséget biztosító teret hagyott. Lényeges volt, hogy a kóros görbületek korrekciója során minél kisebb erők érvén az identikus csigolyát, így ennek alapján esett a választás lehorgonyzási pontként a processus transversusok tövére. Ez a lehorgonyzási művelet megfelelő ellenállást biztosított a horog egyidejűleg több irányba ható nyomásával szemben. Másrészt ezzel a csigolya rotációs középpontjától a lehető legtávolabb kerültek a támadási pontok, ami által lehetséges megnövelni az egyes csigolyákra ható forgatónyomatékokat.

Jelölt alapgondolata szerint az aszimmetrikus jobbos és balos JBS CAB eredendően a szkoliózis deformitás korrekciójára szolgált, míg a szimmetrikus JBS CAB-ok a végcsigolyák lehorgonyzására-harapófogó szerű megfogására ill. szagittális korrekcióra készültek. A prototípusokat és a rúd-horog kapcsolatot statikus és dinamikus vizsgálatoknak vetette alá nemzetközileg elismert orvos-technikai laboratóriumokban.

Elméletét kadáver-műtétekkel, azok későbbi rtg-kontrolljával igazolta. Az eredmények és tapasztalatok birtokában kidolgozta a JBS CAB horgokkal végzett instrumentálás sémáját, ami már egyértelműen elvezetett a műtéti tervezés fázisához. Ezek eredményeként 1996. július 8.-án három műtetet végzett a Szent János Kórház Ortopéd-Traumatológiai Osztályán JBS CAB horgokkal és instrumentáriumokkal.

Jelölt a klinikai és kutató tevékenységének eredményéről az 1999-ben eredményesen megvédett PhD dolgozatában részletesen beszámolt.

Az ezt követő időszakban a JBS CAB horgok gyártása leállt tulajdonosváltás miatt. Ezután önerőből fejlesztette tovább a CAB horgokkal kapcsolatos elképzeléseit. Olyan alakzatot képzelt el, amely egy adott síkra kiteríthető, vagyis egy lemezből kivágható implantátum, amely megfelelő irányú hajlítással elnyerheti végső formáját. Erre a Debreceni Orvostudományi Egyetem Ortopéd Klinikáján alkalmazott Eurosurgical SCS rendszerhez való adaptálás volt a legalkalmasabb, mivel a horgoknak a rudas rendszerhez mindenféle kiegészítő rögzítő implantátum nélkül történt az illesztése, és gyakorlatilag incorporálva volt a rúdhoz való rögzítettség. Az eszköz hatékonyságának bizonyítására ismételen kadáver kísérletek következtek, amelyekben inverz módon - a ritkán előforduló szkoliótikus kadáverek helyett - normál alkatú és gerincű kadávereken szkoliótikus görbületet hozott létre az eszközrendszerével. Időközben technikai problémák miatt ez az együttműködés is megszűnt.

Jelölt ezután megkereste a Sanat-Metal Kft mérnökeit, akikkel a monoblokk implantátumot szerkezetileg megbontva és egy általuk kilincsnek_nevezett segédimplantátummal ellátva megoldást találtak a megfelelő horog-rúd kapcsolati szorító erő problematikájára. A kilincset a horogtestbe a kis hosszanti nyíláson beakasztva, majd 90 fokban elforgatva egy csavar behelyezésével a rúdra, azt a szükséges mértékben rögzíteni lehetett. A CAB implantátumok ugyan továbbra is acélanyagból készültek, de egy PVD Physiacal Vaport Deposition eljárással 3-6 mikron vastagságú titán-nitrit bevonattal látták el, megszüntetve ily módon a különböző fémekből készült implantátumok közötti galvánáram képződést.

Ezután ismét a szükséges kadáver beültetések és biomechanikai vizsgálatok következtek. A 2014-ben befejezett fejlesztési munka eredményeként a Sanat-Metal Kft egységes gerincsebészeti implantátum rendszert dolgozott ki a meglévő korábbi gerincimplantátumokra alapozva. Jelölt ezáltal elérte célját, megszűnt a CAB horog kiegészítő implantátum szerepe, és ezentúl, mint

egyenrangú implantátum alternatíva szerepel a gerincdeformitások sebészeti kezelésének technikai kínálatban.

VI. A PROCESSUS TRANSVERSUSOK VIZSGÁLATA

A CAB horog különböző típusainak fejlesztése során számos alkalommal felmerült szakmai fórumokon a processus transversusok terelhetőségének a mértéke a CAB horoggal. Tekintettel arra, hogy ez irányban kétségek merültek fel, ezért jelölt a felvetés alapján úgy döntött, hogy geometriai és biomechanikai vizsgálatokat fog végezni a torakális csigolyák páros szegmentumaival. Ennek szükségszerűsége annál is inkább látható volt, mivel a korábbiakban alkalmazott eszközrendszerek transversus horgainak geometriáját nem lehetett összehasonlítani a CAB horgokéval, azon egyszerű oknál fogva, hogy az aszimmetrikus CAB horognak a gerinc hossz tengelyében történő erő átvitelén kívül a csigolya axialis rotációját, míg a szimmetrikus CAB horognak az axiális húzás-nyomás mellett a csigolya szagittális irányú hátra húzását és előre nyomását is meg kellett valósítani. Ebből következett, hogy a horogvégződéseknél a proc. transversus bázisának elülső felszínét kell hátrahúzni, illetve a hátsó felszínét szükséges előre nyomni a horizontális síkban. Mivel a vizsgálatok idején már rendelkezésre álltak az Eurosurgeon CAB horgok első prototípusai, valójában a méretek ismételt validálása céljából volt szükség a geometriai mérésekre.

Jelölt a biomechanikai méréseknél vertikális és axiális tengelyű rotációs méréseket végzett. A geometriai mérések alapján 12 mm-ben határozta meg a CAB horogvég ideális belső ív sugarát, ami a serdülőkoron túl univerzális használatot tett lehetővé. A biomechanikai mérések esetében a következőket állapította meg: az aszimmetrikus CAB horog előnye, hogy adott forgatónyomaték létrehozásához a proc. transversus bázisán való feltámaszkodás miatt kisebb erőre volt szükség, mint a rövidebb erőkart biztosító lamina és pedunculus horgok esetében, ráadásul az egyidejű kétoldali, egymással szembenálló megtámaszkodásnak köszönhetően ez a kisebb erő még feleződött is.

Mérési eredményei és az említett geometriai viszonyok megnyugtatóan tisztázták, hogy a proc. transversusoknak a CAB horog miatti igénybevétele jóval azok teherbíró-képessége alatt maradt.

VII. A CAB HORGOK KLINIKAI ALKALMAZÁSA A SZKOLIÓZIS MŰTÉTI KEZELÉSÉBEN

CAB horgok továbbfejlesztése során - a technikai változtatások ellenére - a lényeg változatlan maradt, vagyis a kétoldali szimmetrikus, illetve aszimmetrikus támaszkodás megmaradt a proc. transversusok tövén a costotransverzális ízületbe nyúló horogvégekkel. Jelölt a kadáver kísérletek

során a horgok alakváltozásain a beültethetőség, a korrekciós hatékonyság és a rögzítési képesség kérdéskörét vizsgálta. Mindvégig azt tartotta szem előtt, hogy egy eszközrendszer kialakítása során - a sebészi és főleg a betegérdeket figyelembe véve - igazán sikeres megoldást, egy egyszerű, letisztult, kikristályosodott formával bíró eszközrendszerrel lehet elérni. Így elérte, hogy a CAB horgokkal megvalósítható műtéti stratégiák jól követhetőek legyenek és egyértelmű műtéti tervezést tegyenek lehetővé. Mindezek elérését az eszközrendszerhez kifejlesztett implantátum-specifikus műszerek egyszerűsége és a kis száma jellemzi.

A beültetéshez az alapvető gerincfeltáró műszerkészleten kívül három, a CAB horgok helyének előkészítésére alkalmazható, különféle pengével bíró raspatóriumot fejlesztett ki, illetve a costotransverzális behatolási pontok közötti távolság mérésére háromféle alaki variációjú, CAB horogvéget utánzó távolság mérőt alakított ki. A finom átalakításokat a továbbiakban egy szintén egyszerű hajlító eszközzel végezte. A horog behelyezését korábbiakban egy egyszerű sebészi fogóval végezte, míg ma egy erre a célra alkalmas speciális, a CAB horgot megfogó eszközt fejlesztett ki. A műtéteket hátsó feltárásból a proc. spinosusok eltávolításával, és definitív műtét esetén a kisizületek megnyitásával és porctalanításával végezte. Gerincszabályozás esetén azonban érintetlenül hagyta a kisizületeket, kivéve, ha a McCarthy elvek szerint az apexen korai szelektív artrodézist kívánt végezni. A feltárást követően a szintek azonosítása történt, majd a kiválasztott csigolya proc. transverzusainak bázisát, a transversusok feletti és alatti lágyrészeket, szalagokat átvágva, az így keletkezett nyílásokon felülről vagy alulról bevezetve a megfelelő raspát előkészítette a helyet a CAB horgoknak. A horogvég helyének kialakítását követően lemérte a két horgonyzási pont közötti távolságot. Ekkor a szükséges horgokat a megfelelő méretre alakította a CAB horgok finom állítására szolgáló eszközökkel. A CAB horog ívelt része nyitásnál laposabb, zárásnál szűkebb terület áthidalásakor elemelkedik az alaptól.

A lumbális szakasz sajátos anatómiai adottságai miatt jelölt egy speciális elongált végződésű horog implantátumot fejlesztett ki. Fontosnak tartotta, hogy ha a CAB horgok a rekonstrukció során nem alkalmazhatók, illetve a csigolya proc.transverzus costáriusa nem alkalmas CAB horog terhelésének ellenállni, akkor az adott szint instrumentálása a CD elvű implantátumokkal közösen történjen. A műtétnek ebben a stádiumában a CAB horgok behelyezése után már jól látható a görbület alakja, nagysága. A műtét következő lépéseként a behelyezett CAB horgokat a megfelelően modellált rudakra felfűzve, részben derotációval, részben „in situ bending” technikával korrigálta a görbületet. Az így kialakított korrekciós mechanizmus a horgok kialakításának legkezdetibb korszakától továbbra is érvényes, vagyis a horgok a csigolyákat a két oldalukon megragadva, azokat térben nagy biztonsággal mozdítják el.

Az újonnan kifejlesztett aszimmetrikus Sanat-Metal CAB horgok már az óra mutató járásával azonos és ellentétes elforgatásra is alkalmasak. A

szimmetrikus horgok már a korai időszakban is alkalmasak voltak az axiális tengely körüli kétirányú forgatásra, és ez a jelen Sanat-Metal horgok esetében is fennáll. Az aszimmetrikus CAB horgok a szagittális tengely körül billentik a csigolyát. A horgok elnevezésének alapja, hogy hátulról nézve a jobbos jobb oldalon, a balos baloldalon nyomja a processus transversust/costáriust felülről-lefelé. A szimmetrikus CAB horgok mindenesetben egyidejűleg képesek a csigolya szagittális és vertikális tengelye mentén történő lineáris elmozdítására, és a szagittális síkban történő előrenyomására vagy hátrahúzására. A fent elmondottakból következik, hogy az adott mechanizmusok 8 ú.n. szabadsági fokot tesznek lehetővé. A további 4 szabadsági fokot maga a két hosszanti rúd biztosítja a haránttengely körüli rotációt a fiziológiás görbületeket helyreállító szagittális síkú hajlítással vagy egyenesítéssel közvetítve, míg a haránttengely mentén történő lineáris elmozdulást az instrumentált szegmentek egymás vetületébe hozásával. Így elmondható, hogy a két hosszanti rúddal egyesített CAB horgok valójában egy 12 szabadsági fokú korrekciós rendszert képesek alkotni.

A műtéti stratégia legfontosabb eleme, hogy az apikális részen az apexet alkotó csigolyák ellentétes elmozdulási tendenciájának megfelelően, két ellentétesen aszimmetrikus CAB horog kerül behelyezésre egymással szembeállítva. Jelölt a műtéti stratégia jobb érthetősége miatt példákat mutatott be a Lenke 3. típusú torakális főgörbületű kettős görbületi sémát véve alapul, vagyis olyan sémát, ahol két apikális régióval kell számolni: egy torakális és egy lumbális strukturális görbülettel. Alapsémái a következők:

- A. Ha az apikális csigolya vízszintes, akkor azt nem instrumentálja csak a közvetlen alatta és felette lévő csigolyákat, és az apex felett és alatt kizárólag ellentétesen aszimmetrikus CAB-ek kerülnek beültetésre.
- B. Mind craniálisan, mind caudálisan a végcsigolyákat, azok görbületen belül lévő szomszédos csigolyáit egy-egy szembeállított szimmetrikus CAB rögzíti.
- C. Amennyiben a gerinc elegendően mobilis, vagy mobilizálható akkor az A séma vagy példa alkalmazása esetén bizonyos szinteket nem szükséges instrumentálni.

A B. séma alkalmazása esetén ugyancsak ki lehet hagyni néhány szintet, kivéve a montázs felső végét, ill. az apikális szakasz egymással szembe állított CAB horgait.

- D. További példa a CD elvű rendszerekkel kombinált CAB horog ahol a CD rendszerek pedunculus csavarjait, illetve lamina vagy akár pedunculus horgokat is használ a montázsok kialakítására.

Jelölt a még növekedésben gyermekek esetében - a lehetséges szövődmények elkerülése érdekében - a poszterolaterális dézis nélküli korrekció elvégzését javasolja, és ezt a műtéti eljárási stratégiát „gerincszabályozás”-nak nevezte el.

A CAB horgok alkalmazása azért lehetséges és szükséges az ilyen esetekben, mert képes a nagy korrekciós nyomatókot viszonylag kis erővel megoldani, így megbízható stabilitást biztosít a nem detizált gerincoszlopnak.

A gerincszabályozás fogalma 3 lehetőséget kínál a műtéti megoldásra:

1. A teljes kóros szakasz instrumentálása. Ennek előnye a nagy stabilitás és a fűző viseletének mellőzése, míg hátránya, hogy a növekedés során a spanoláskor, gyakorlatilag az egész gerincet ismételten fel kell tární és így a hegsszövetben és a már kialakult fúziók mentén kell ismételten operálni. Így ez biológiaiailag is kedvezőtlenebb helyzet a gyermek számára.

2. A leggyakrabban alkalmazott lehetőség, hogy a kraniális és kaudális véget instrumentálják és a rudakat a CAB horgokkal subcután csatlakoztatják, úgy, hogy a rudak végei túlnyúlnak a CAB horgokon, hogy később korrekciós lehetőség maradjon az adott területek szűk feltárásával. Itt később elvégezhető az elongáció. Előnye, hogy az apex érintetlen marad, az elongáció nem jelent nagy műtéti megterhelést, és ezeket jól lehet alkalmazni az ú.n. „early onset” szkoliózisok kezelésében akár többször is.

3. Jelölt további lehetőségként McCarthy-féle „Growth guidance” szellemében végzett apikális korrekciót említette, melynek a lényege az izolált apikális posterolaterális fúzió.

Végss következtetésében ősszintén megállapította, hogy látva ennek a fiatal korcsoportnak az ellátási nehézségeit a gerincszabályozás ideális technikáját továbbra is keresi a gerincsebészeti szakma.

VIII. A SANAT-METAL CAB HORGOKKAL SZERZETT KLINIKAI EREDMÉNYEK

Jelölt a klinikai eredmények értékelésekor a 2007. szeptembere és 2013 szeptembere közötti időszakban a Sanat-Metal CAB implantatumokkal operált 62 beteg szkoliózis műtéti ellátását elemezte.

2009-ig néhány esetben a CAB horgok mellett SCS horgokat, illetve pedunculus csavarokat is alkalmazott, majd 2009-től állt rendelkezésre a lumbális CAB horog, így ettől kezdve 1 kivétellel kizárólag CAB horgokat használt. 26 esetben a meglévő növekedési potenciál miatt gerincszabályozást végzett artrodesis nélkül vagy az apikális csigolyák konvex oldali detizálásával

A műtetre került betegek nő-férfi aránya=8:1-hez, az átlag életkor 16,4 év, az átlagos utánkövetési idő 32,8 hónap volt

A szkoliózis klasszifikációt korábbiakban King, az utóbbi időben Lenke-féle klasszifikáció szerint végezte, és utólag eszerint is osztályozta eseteit. Az átlagos preoperatív Cobb szög 63,4 fok, a bending tesztek átlagos értéke 40,7 fok volt. A szerzett tapasztalatok alapján kiszámolta hogy az operált betegeknél a preoperatív Cobb szög a műtétet követően átlagosan 28,4 fokra csökkent, és a módosított Cincinnatti index értéke 1,52 lett. Ez azt jelentette, hogy a korrekciós eredményei a bending-teszt során előre jelzett hatékonyságot mintegy 52 %-al

meghaladták. Az átlagos műtési idő 355 perc, ami az irodalmi adatokkal megegyező volt. A feldolgozott eseteknél szövődményként HTX, PTX, idegsérülés, hasi sérülés nem fordult elő. Implantátum eltávolítására mindössze egy esetben került sor szeptikus folyamat gyanúja miatt, amelynél azonban később a tenyésztési eredmények negatívnak bizonyultak.

Mindezek alapján jelölt összegzésként megállapította, hogy a súlyosan deformált gerincek műtési ellátása során a horognak a beillesztése a costotransverzális részbe nem igényel semmilyen radiológiai támogatást, rtg-képerősítőt, CT-t, valamint implantátum specifikus műszer igénye is csekély. Az elért korrekciós index abszolút megegyezett az irodalmi adatokkal, teljes mértékben kielégítőnek volt tekinthető.

További erénye az általa kifejlesztett rendszernek, hogy esetleges anatómiai variációk, hiányos proc.transversusnál, a CAB gond nélkül kombinálható egyéb két rudas, CD jellegű rendszerekkel, vagy azok horgaival, illetve csavarjaival. Tehát az általa kialakított gerincstabilizációs és korrekciós rendszerek a klinikai vizsgálatok alapján beváltották a hozzáfűzött reményeket.

IX. A CAB HORGOKKAL KAPCSOLATOS TOVÁBBI FEJLESZTÉSI IRÁNYOK

Jelölt az általa kifejlesztett műtési gerinckorrekciós eljárás tapasztalatainak figyelembevételével, további innovációs tervekre világított rá: a műtési előkészítés és technika, új műtőasztal, illetve a műtési eredmények kiértékelését segítő újabb elképzeléseire, amelyeknek egy része jelenleg csak terv, egy része azonban már bevezetésre került, és a kiértékelés csak a jövőben történhet meg.

Bíráló véleménye szerint az összes meglévő, illetve jövőben tervezett elképzelése a CAB alapgondolat komplex továbbfejlesztését jelenti, ezzel növelve a doktori disszertáció eredetiségét és értékét.

Jelölt szerint a helyes műtési előkészítés a műtét sikerének egyben záloga is. Gyakorlatában a „paralytikus collapsing spine” esetétől eltekintve, a nem idiopátiás szkoliózisoknál is a fűző viselését elhagyták, illetve liberalizálták, majd egy agresszív mobilizálási programot indítottak el. Tekintettel arra, hogy objektív okok miatt a klasszikus Cotrel-féle keret nem állt rendelkezésre, ezért saját innovatív tevékenysége révén biztosította a gerinc hosszirányú húzását fekvő helyzetben egy Glisson-tok, valamint egy medencehúzással, az adott szakasz derotációjával, a borda-púp és az ezzel ellentétes oldalon az ágyéki szakaszra felhelyezett húzással. Ezt a tevékenységet naponta 2x 30-45 percig végezték és a betegek jól tűrték. Jelölt filozófiája szerint nem az aszimmetrikus gyakorlatoktól reméltek javulást, hanem a hátizmok képzésével az implantátum jobb fedettségét, biztosabb sebgyógyulást és dézis esetén biztosabb csontos konszolidációt vártak. A has izomzatának erősítése az izom antagonizmus, mint komplementer gyakorlat révén vált fontossá.

Jelölt és munkatársai rendkívül fontosnak tartották a műtétet megelőző időben a betegek bukfenceztetését, amellyel az irodalomban is sok vitát váltottak ki. Véleményük szerint, ha a bukfencezés jól sikerül, akkor az a gerinc teljes hosszában interszegmentális mobilizálást hozott létre. Ezt követően végezték a bending felvételeket, amelyek kiértékelését követően eldönthetővé vált, hogy szükséges-e a ventrális feltárás, és az azt követő néhány hétben a kraniális húzás megindítása.

További innovációként lehet említeni a jelölt által kialakított kerekesszékes, Halo-húzásra alkalmas eszközt. Ennek lényege, hogy egy kerekesszék speciális átalakítása révén - a ventrális felszabadító műtétet követően néhány nappal - a fiatal betegek, önállóan közlekedtek, kézzel hajtva a kerekesszéket, miközben minden egyes mozdulat során akaratlanul is mobilizálták a háti gerincszakaszt, így a hosszanti húzást a törzs rotációjával és oldalirányú elhajlásával kombinálták.

Az innovációk sorába tartozik a megfelelő innovatív gerinc műtőasztal kifejlesztése. Több tervezési fázist követően elkészült a véglegesnek tűnő prototípus, ahol a beteget térd-könyök helyzetbe helyezve tetszőleges irányba forgathatták, és emellett a hosszirányú húzás is megvalósíthatóvá vált. A dolgozat megírása idején az új asztalt, a műteti előkészítés szakaszában éber állapotú betegen tesztelték.

A „Spine Knows Better” technika lényege, hogy a feszülés alá helyezett gerincoszlop mindig ott enged a korrekciós erőnek, ahol éppen a legkisebb az ellenállás, vagyis „a gerinc jobban tudja”, hogy milyen módon egyenesedjen. Jelölt ennek alapján alakította ki a jelenleg is fejlesztés alatt álló korrigáló eszközt, amelynek lényege, hogy a CAB horgok behelyezése után egy-egy téglalap alakú lapos idomot rögzítve CAB középső részére szögstabilan, majd egy korrekciós segédeszközt applikált a korrigáló nyelvekre, amit „korrektor”-nak nevezett, és két bowden szárra fűzve, azok megfeszítésével párhuzamos beállítást hozott létre. Ennek eredményeként a CAB horgok az egyenes közeli vonalba beálltak. Jelölt a dolgozat megírása idejéig mindössze csak két esetben próbálta ki a fenti módszert, de a kezdeti eredmények biztatóak a gerinckímélő mód és a logikus korrekciós mechanizmus révén.

Jelölt leszögezte, hogy a szkoliózis rotációs komponensének mérésére, annak skálázására az irodalomban eddig tett ajánlások megfelelő választ nem tudtak adni, így ez a szkoliózis diagnosztika megoldatlan kérdése maradt továbbra is. Ennek a fontos alapfelvetésnek a megoldására fejlesztette ki saját módszerét a derotáció számszerű meghatározására. A módszer lényege, hogy a CAB horgok beültetése után, de a korrekció megkezdése előtt készített egy AP rtg-felvételt, ezt a posztoperatív felvétellel összevetve, a horog vetületének módosításával számszerűleg megállapította a derotáció mértéke. A mérés alapját az adta, hogy a digitális rtg-felvételen meghatározható a CAB horog középvonala, illetve a harántnyúlványokra akasztott horgok laterális széle, így mérhető a két szél középvonaltól mért távolságának az aránya. A műanyag gerincen végzett

kísérletei során készített egy skálát, arról, hogy milyen arány milyen mértékű rotációhoz társul. Vizsgálati módszere kifejezett csigolyarotáció esetén is 1-2 fokos pontossággal adta meg a rotáció mértékét.

X. ÖSSZEFOGLALÓ VÉLEMÉNY

Jelölt összefoglalta klinikai és kísérletes munkásságának eredményeit. Tevékenységének kezdeti korszaka a szkoliózis sebészetben forradalmi változásokat hozó Yves Cotrel és Jean Dubousset nevével fémjelzett franciaországi változásokhoz volt köthető. Mindezt generálta az orvosi szakmák, az ipari tevékenység és a marketing fejlődése, és az ehhez szorosan társuló, a gerinc deformitással bíró betegek fokozódó elvárásai egy hatékonyabb korrekció, gyors rehabilitáció igényével. Ezen benyomások döntő szerepet játszottak jelölt későbbi orvosi tevékenységében. Klinikai munkája során azonban nyitott szemmel végezte tevékenységét, egyre inkább észlelte a CD módszer bonyolultságát, költséges voltát és ellentmondásait. Rájött arra, hogy ez a módszer is csak az szkoliózis sebészetének több mint 200 éves fejlődési periódusának egy logikusan következő lépése volt, de nem tudta megoldani az összes gerinc deformitást, és csupán csak elindított egy új gondolkodást és tevékenységet a gerincsebészetben.

Ahhoz, hogy kialakítsa a gerinc deformitások sebészi ellátásának egy új magasabb szintjét, az alapokhoz kellett visszanyúlnia. Itt rögtön a biomechanikai ellentmondásokat felismerve, elsősorban a háti csigolyák axiális rotációs tengelyének az elhelyezkedésére vonatkozó irodalmi ellentmondásokat elemezte. Munkahipotézise szerint az axiális rotációs tengelynek a canalis vertebrális területére kell esnie, mert ha ez nem így van, akkor a szomszédos csigolyák rotációja során a távolságtól függően, növekvő mértékben érvényesülhet a „szivarvágó hatás”. A kérdés tisztázására sík és térgeometria módszereket, valamint a gerincsatorna öntvényekkel volumetriás kísérleteket, végül friss kadáverekből származó háti gerincszakaszokon végzett méréseket.

Végso következtésként megállapította, hogy a háti csigolyák axiális rotációs tengelyének a legvalószínűbb helye a velőűr elülső falának medián-szagittális síkba eső szakasza. Biomechanikai munkásságának ez a legnagyobb érdeme és újdonsága. Véleménye azért egyedi, mert kísérletesen bebizonyította saját elképzelésének helyességét az irodalomban fellelhető ellentmondásokkal szemben.

A másik nagy kérdéscsoport a szkoliózis etológiájának, vagyis görbületek kialakulására vonatkozó elméletek bizonytalansága. Jelölt gondolkodását az vezérelte, hogy az etiológiától függetlenül a gerincoszlopban viszonylag egységes, progrediáló elváltozást feltételezve jutott el egy olyan modellhez, ahol az elméletének a hátterében a féloldali törzsizomzat tónusfokozódását feltételezte. Kísérletes munkája során véleménye szerint a test súlyából származó függőleges terhelés, valamint a test sémáért felelős poszturális

reflexek a féloldali izomtónus fokozódásból létrejövő csigolyák közötti feszüléssel közösen játszanak szerepet a szkoliózis kialakulásában. Ezen etiopatogenézis elméletének a „rotációs előfeszítettség” nevet adta. Új elméleti megközelítésével paradox jelenségre hívta fel a figyelmet az irodalomban hasonló vizsgálatokat folytató kutatókkal szemben.

Új patomechanikai elmélete a CD módszer hiányosságait sorra leleplezte, vagyis a derotációs technika során a háti szakaszon a csigolyáktól elvárt korrekciós irányú elfordulás és a rudak forgása épp ellenkező irányú volt. Geometriai levezetésével mindezt egyértelműen bebizonyította mindazok számára, akik figyelmét mindez eddig elkerülte. Az elmélete bebizonyította, hogy a CD elv alapján az eredmények globálisan ugyan kielégítőek, de a részleteket tekintve, mint a rotáció relatív növekedése az egyik legsúlyosabb hiba. Elméleti következtetése felismeréseként vezette be a „rotációs egyensúly” fogalmát, amelyet szükségesnek tart a pre- és posztoperatív klinikai gyakorlatban.

Az új elméleti felvetése komoly bírálatát adta a korábbiakban forradalminak számító CD elvnek, és erős késztetést érzett egy hatékonyabban működő, egyszerűbb sebészi technika kidolgozására a gerinc deformitások sebészetében. Így jött létre a CAB horgok ötlete, amelynek elméleti alapját az adta, hogy a háti csigolyák adott anatómiai pontjain rögzülő, egy időben két oldalon támaszkodó horgok, amelyek egyszerre képesek a tér mindhárom síkjában a csigolya elmozdítására, a megfelelő szimmetriájú implantátumokkal egymás vetületében hozva a csigolyákat a gerincoszlop automatikusan kiegyenesíthetővé válik.

A CAB horgok elméleti megszületésének pillanatától a típusok kialakítása, azok a rudas rendszerrel való összeköthetősége számos mechanikai és biomechanikai teszt, etikai-engedélyezési procedúra, kadáver beültetések, és az azt követő preparátumok vizsgálata egy hosszú fejlődési folyamat eredményeként jutott el a segédimplantátum állapottól a CAB horgokat integránsan alkalmazó önálló gerincimplantátumig. Ma már kifejlesztésre került egy titán alapú gerincstabilizáló rendszer, melynek integráns részévé vált a CAB horog.

Az implantátumok kevés specifikus műszer használatát teszik szükségessé, amelyeket szintén jelölt tervei alapján alakítottak ki. Az instrumentálás lényege, hogy az apex alatt és fölött, a coronális síkban ellentétesen billenő, de a horizontális síkban derotáló implantátumok beépítése szükséges. A műtéti technika alapját képezte, hogy a beültetett CAB horgok a két hosszanti rúdhoz csatlakoztatva és azokat egymás vetületébe hozva, mintegy kirajzolták a kóros vetületet, és egyben korrigálták is azt. Ezáltal CD-elvű derotációt végezve háromdimenziós korrekció jöhet létre, és a CAB instrumentárium segítségével lehetőség nyílik „in situ bending” technika alkalmazására is.

Jelölt által kifejlesztett implantátum és eszközrendszer segítségével a növekedésben lévő gerinc instrumentálására több lehetőség adódott, amellyel a gerincoszlop idő előtti hátsó fúziója elkerülhető. Az ellátási skála a teljes

gerinchossz implantátumokkal történő ellátásától a minimál invazív alsó és felső végponti rögzítésen alapuló vertikális nyújtásig terjedt tisztán CAB vagy vegyes implantátum használatával.

Jelölt végső következtetésként határozottan kijelentette, hogy az általa kifejlesztett implantátumrendszer az első olyan korrekciós rendszer, amelyik mind a gerincszabályozást, mind a definitív detizáló műtétet lehetővé teszi, és egyben hagyományos CD elvű horog és csavar implantátumok beültetését a korábbi műtét nem zavarja, tekintettel arra, hogy az általa kifejlesztett CAB rendszer a megfelelő anatómiai struktúrákat érintetlenül hagyja.

Eredményeit elemzésekor a legfontosabb korrekciós eredménynek tekintette, hogy a bending teszt során az előre jelzett hajlékonyságot (40,7 fok) mintegy 52%-al meghaladták a műtétek eredményeként.

A CAB implantátum rendszer további előnyei a szkoliózis sebészetben a következők:

- logikus műtéti tervezés
- 12 szabadsági fokú rendszer
- kisebb műtéti kockázat
- egyszerű műtői infrastruktúra igény
- mindössze háromféle alaki variációjú implantátum szükséges
- egyszerű implantátum specifikus műszerigény
- gyors betanulási folyamat
- alkalmas gerincszabályozásra és definitív műtétekre is
- kombinálható a CD implantátumrendszerekkel
- a csigolya rotációját az axiális rotációs tengellyel koncentrikusan irányítja
- a forgatónyomaték létrehozásához fele akkora erő szükséges, mint egyéb implantátumok esetén, és ez az erő a laterális feltámaszkodásból eredő nagyobb erőkar miatt eleve kisebb
- az implantátumok helyet biztosítanak a folyamatos dézis kialakításához

Új megállapítások, eredmények:

1. rendszerező, történeti áttekintést készített a hátsó feltárásból végzett szkoliózis műtétek kezdetétől napjainkig
2. háti csigolyák axiális rotációs tengelyének elhelyezkedését sík és tér geometriai számításokkal, fizikai mérésekkel és in vitro kadáver kísérletekkel tisztázta. A metszéspontokat ezek alapján a csigolyatest hátsó felére, illetve a velőűr területére, valamint a csigolya és szimmetriatengelye környezetébe helyezte, és felismerte, hogy két pár borda eltávolítása után a tengely előre tolódott.
3. az idiopátiás gerincferdülés kialakulásának eddigi elméleteivel szemben bebizonyította azok ellenkezőjét, vagyis a konvex oldali izomtónus fokozódást, és ezáltal megalkotta a „rotációs előfeszítettség” elméletét, és ezzel cáfolta a korábbi elméletek hibás következtetéseit.
4. Geometriailag bebizonyította a Cotrel-Dubousset-féle szkoliózis

korrekció ellentmondásait, még akkor amikor a módszer kritikát nem kapott a széles nemzetközi közvéleményben.

5. A Cotrel-Dubousset módszer hibáit feloldó, új kiegészítő implantátumot, a CAB horgot tervezte meg a hatékonyabb korrekció elérésére.
6. In vitro kísérletekkel validálta az implantátum geometriáját. Mechanikai mérésekkel bizonyította a processus transversusok mechanikai ellenállását a CAB horgokkal történő korrekciók során.
7. Kifejlesztette a CAB horgokkal végzett műtétekhez szükséges beültető eszközszerét. Kialakította a műtétek tervezési stratégiáját, és fokozatosan kidolgozta az új műtéti technikát, amelyet adaptált az artrodézis nélküli esetekre, és ezt „gerincszabályozásnak” nevezte el.
8. 62 beteg műtétjeivel elért eredményeit értékelte és kiemelte, hogy a tisztított CCI-index: 1,52 volt, ami annyit jelentett, hogy a korrekciós eredményeik a bending-teszt során előre jelzett hatékonyságot 52%-al meghaladták. Adatai az irodalmi adatokkal egybeestek.
9. Disszertációjának utolsó fejezetében bemutatta:
 - a konzervatív kezelés és a műtéti előkészítés, és az ezzel kapcsolatos innovatív fejlesztésekkel szerzett tapasztalatait,
 - jövőbe mutató fejlesztői munka eredményeként a gerinc korrekciós műtéteket szolgáló műtőasztalt,
 - a CAB implantátum alap gondolatához illeszkedő új korrekciós elv: „Spine Knows Better” technika kidolgozásának kezdeteit,
 - a CAB horgok rtg-felvételen látható képéből megszerkeszthető korrekció előtti és reziduális csigolyarotáció pontos mérését.

Ezen eredményeinek és az összmunkásságának a figyelembevételével jelölt úgy ítéli meg, hogy az akadémiai cím megszerzéséhez elegendő argumentummal és eredménnyel rendelkezik. Ugyanakkor elismerte, hogy nem ez a végső cél, hanem a klinikai hatékonyság további javítása. Ezért a kísérletes tevékenységét és a fejlesztést munkatársaival együtt tovább folytatja.

BÍRÁLÓ ÖSSZEFOGLALÓ VÉLEMÉNYE

- Jelölt a hazai és a nemzetközi tudományos körök által szakmailag elismert, kiemelkedő tudományos kutatói és klinikai munkát végzett a PhD fokozat elnyerését követően is. Ezt egyértelműen igazolta a számos jelentős hazai és külföldi folyóiratban közölt tudományos munkája és számtalan előadása.
- A gerincdeformitások CAB horog és eszközrendszer segítségével végzett korrekciójával, és az ezek alapján kialakított műtéti stratégia és technika tudományos eredményeivel gyarapította a hazai és a nemzetközi gerincsebészeti ismereteit.
- Munkássága hazánkban egyértelműen iskolateremtő munkának tekinthető.
- Tudományos munkássága – a rendelkezésre álló dokumentumok alapján - a Magyar Tudományos Akadémia Doktori Szabályzatának Orvosi Tudományok Osztálya előírásainak (impakt faktor és idézettség) teljesítette.

Bíráló két kérdést tesz fel a jelöltnek:

1. Lát-e helyet a gerincsérülések ellátásában a CAB horgok használatának?
2. Tekintettel arra, hogy a CAB horgok a costo-transversalis résben vannak lehorgonyozva, felmerül a kérdés, hogy találkozott-e ezzel összefüggésbe hozható intercosztális neuralgiával?

A fentiek alapján javasolom a doktori értekezés elfogadását.

Budapest, 2015.07.12.

Dr Zsolczai Sándor
Idegsebész főorvos MDPHD