

Ryggdeformitet vid ryggmärgsbråck

Aina Danielsson och Helena Saraste

Dessa riktlinjer är upprättade efter en genomgång av aktuell litteratur (mars 2009). En sökning med sökorden myelomeningocele, spina bifida och myelodysplasia i kombination med kyphosis, scoliosis eller spine deformity gjordes via Web of Knowledge. Sökningen omfattade åren 1999-2009 och 39 artiklar identifierades och kunde användas. Några ytterligare referenser som författarna har funnit relevanta har också använts.

Inledning¹⁻⁷

Ryggdeformiteter är vanliga hos individer med ryggmärgsbråck och kan anses vara en del av sjukdomskomplexet, och en betydande andel behandlas med korsett eller operation under uppväxtåren.

Personer som har en paralyt från L5 och nedåt utvecklar sällan ryggdeformitet. De med hög lumbal neurologisk bortfallsnivå utvecklar ryggfelställning i 60-80% och de med thorakal bortfallsnivå i närmare 100%. Dock kan även personer med lågt lumbalt eller sakralt cele utveckla en ryggdeformitet beroende på annan patologi. Nivå på Th11 och över är prediktivt för kyfosutveckling. Neonatal kyfos förekommer i ca 15%. Av alla patienter med myelomeningocele får 49% skolios och 43% genomgår förr eller senare en spinal fusion.

Bakomliggande orsaker till utveckling av ryggdeformitet är dels medfödda kotmissbildningar eller missbildningar i spinalkanalen och dels följer till slapp eller spastisk pares. Kotbågsdefekter i kombination med svaghet i eller avsaknad av ryggmuskulatur orsakar en kyfotisk felställning, ibland redan under fostertiden. Kyfosen är nästan alltid är progredierande. Därtill kommer andra former av kot- och revbensmissbildningar, som i sig ger upphov till progredierande ryggkrökning. Halvkotor, segmenteringsanomalier och diastematomyeli kan förekomma på vilken nivå som helst i ryggen. Intradurala missbildningar, expansiva processer och likvoransamlingar till följd av stort likvorflöde medför en deformerande påverkan på den växande ryggen. Atrofi av ryggmärgen och asymmetriska neurologiska bortfall, exempelvis asymmetrisk tonusökning, kan ytterligare öka deformiteten. Förlusten av gångförmåga p.g.a. försämrade ledrörlighet och muskelstyrka ökar i sig risken för ryggdeformitet.

Kopplingen till fjättrad ryggmärg har diskuterats. En EBM litteraturgenomgång genomförd av Dias påvisade stöd för en koppling mellan fjättrad ryggmärg och skolios, framförallt vid övre lumbala skador och vid spinala krökar under 45°. Däremot finns det enbart sparsamma bevis för att

det skulle finnas ett kausalsamband mellan skolios och Chiari-missbildning/syringomyeli.

Naturalförlopp^{3, 5-6, 8-9}

Ju fler skelettala och intraspinala missbildningar, ju svagare muskelkraft, ju mer muskelstyrkeasymmetri och ju tidigare debut av ryggdeformiteten, desto större är risken för progress och påverkan på andning och sittbalans. Ryggdeformiteten vid MMC fortsätter ofta att öka även efter avslutad tillväxt.

Vid omfattande kongenitala missbildningar kan ryggdeformiteten debutera prenatalt eller i tidig spädbarnsålder. Även hos barn utan synlig ryggkrökning under första levnadsåret, debuterar kröken vid MMC tidigt, dvs. ofta före skolåldern. Därmed är prognostisering av kvarvarande tillväxtpotential en viktig faktor vid behandlingsbeslut. Vid MMC är det vanligt med avvikande nivå av tillväxthormon och för tidig pubertetsutveckling, varför utredning och bedömningen av tillväxten görs tillsammans med barnläkare. Felställningar och kontrakturer i andra leder, främst höfter, kan påverka progress av ryggdeformitet. Korrelation har påvisats mellan lordosering lumbalt och grad av höftkontraktur.

Diagnostik¹⁰

Ryggdeformitetens lokalisering och storlek kartläggs med röntgenundersökning i stående eller sittande i standardiserad ställning; bildtagning med maximala böjningar i frontal- och sagittalplanen visar dess redressibilitet. För närmare analys av kotmissbildningar och intraspinala avvikelser krävs både datortomografi och magnetresonanstomografi med eller utan kontrastmedel. Standardprojektionerna räcker som regel inte utan man måste ha fokus på specifika frågor relaterade till den specifika MMC-relaterade problematiken. Till exempel framkommer diastematomyeli och dess bakomliggande patologi inte alltid på MRT och CT- myelografi kan ibland behövas för kartläggning.

Ryggens utseende och utveckling vid MMC följs kontinuerligt enligt uppföljningsprogram vid MMC (www.mmcup.se).

Påverkan på funktion/hälsorelaterad livskvalitet – indikationer för behandling¹¹⁻¹⁹

Många publicerade studier visar att skolios påverkar funktionen på ett eller annat sätt. Barn med MMC och skolios har större behov av assistans för att klara ADL-aktiviteter. Det har visats att patienter med ryggradsdeformitet över 30° (skolios alt. kyfos) har sämre förflyttningsförmåga, vilket i sin tur påverkar den fysiska livskvaliteten negativt. Efter en spinal fusion ökar förmågan att klara sig själv och såväl sittbalans som lungfunktion förbättras. Andra studier visar motsägelsefulla resultat: Wai konstaterade att spinal deformitet inte påverkade den totala fysiska funktionen. I en EBM review

fann man enbart svagt stöd för att spinal fusion verkligen förbättrar livskvalitet hos patienter med spina bifida.

Det finns dock konsensus om att den negativa effekten av en ryggradsdeformitet på gångförmåga, sittande och andning utgör indikation för behandling. Behandlingsmål är följaktligen att:

- förbättra andningsfunktion
- öka bålhöjd för att uppnå en bättre tillväxt av thorax och dess volym
- förbättra sittbalansen
- förebygga trycksår
- motverka försämring av gångförmågan

Behandling - val av tidpunkt ^{3, 19-21}

En liten andel (upp till 15 %) av barn med MMC föds med en tydlig kyfotisk deformitet. I litteraturen förekommer rekommendationer om korrektion av en neonatal kyfos i samband med primäroperationen av celet. Ett absolut krav för detta förfarande är att den opererande kirurgen har erfarenhet av både bedömning av deformitetens art och den kirurgiska tekniken hos nyfödda. Vid ovana kan man åsamka barnet en stor skada direkt och försämma den framtida prognosen. Operationstekniken skiljer sig väsentligt från motsvarande ryggkirurgi hos större barn. Metod måste väljas så att framtida tillväxt inte hämmas. I tidigare publikationer varnade man starkt för neonatal kyfoskorrektion p.g.a. hög mortalitet i samband med denna operation. Senare arbeten visar goda resultat (Crawford et al 2003), dock var enbart 10% av opererade patienter uppföljda. Även om en reoperation blev aktuell, var den lättare att utföra och kunde skjutas upp till högre ålder än utan neonatal korrektion.

Om den vid födelsen synliga deformiteten inte behandlas vid den primära operationen, är det ingen brådska att skrida till ryggkirurgi eller annan ryggbehandling. Erfarenhetsmässigt progredierar kröken föga under det första levnadsåret. Försämring av kröken brukar inte ske innan barnet kan sitta. Ryggbehandlingen är ingen akut åtgärd. Det finns alltid tid för att hämta erfarenhetsbaserad kunskap och grundad mening. I bedömningen ingår analys av faktorer som driver på deformitetsprogress och av metoder som kan användas för att motverka dessa. En neuroradiologisk utredning av hela spinalkanalen ingår numera som en rutin i tidig diagnostik.

Små krökar i ryggen hos personer med MMC är vanliga och variabla i tidig ålder. Om en krökning syns konsekvent och förefaller progrediera, bör en radiologisk undersökning göras dels för att analysera förekomsten och omfattningen av neurala och osseösa missbildningar och dels för att definiera och mäta krökningens storlek. I detta läge bör ryggen följas med röntgen var 6:e månad. Neuroradiologisk utredning bör granskas på enhet med barnneuroradiologisk kompetens. Samråd med regionalt MMC-team ska ske inför beslut om korsettbehandling eller ryggoperation.

När ryggdeformiteten progredierar till den grad att thorax deformeras, abdomen kläms ihop, sittbalans försämras, trycksår uppstår och tillväxten snarare ökar kröken än bidrar till bälens längd, är det hög tid för kirurgisk behandling oberoende av ålder. Behandlingen skall individualiseras. I bedömningen vägs in nivån på skolioskröken liksom storleken. Vid en Cobb-vinkel på 30° bör beslut om typ av behandling tas. Även en lumbal krök, som i sig kanske inte har en speciellt imponerande storlek, kan medföra att bukinnehållet förskjuts upp i thorax och minskar andningsförmågan. Krökar större än 60° innebär betydligt ökad risk för postoperativa komplikationer, varför en planerad operation med fördel bör göras innan kröken progredierat till denna nivå.

Vid metodval tar man hänsyn till kvarvarande tillväxtpotential samt thorax och lungornas utveckling. Puberteten är ofta tidig vid MMC, redan vid 9-10 års ålder kan flickor nå slutlig skelettmognad och pojkar vid 11-12 års ålder.

Konservativ behandling ²²

Som icke-kirurgisk behandling kan korsett (spinal ortos) ibland komma ifråga. Behandlingens syfte kan vara att underlätta sittandet och förbättra sittbalansen eller att korrigera felställningen. Om syftet är att förbättra sittandet, användes korsetten vid behov på dagtid. Om syftet är att korrigera själva krökningen, är behandlingstiden antingen över 20 timmar per dygn eller på natten beroende på vilken korsett och vilket korsettrezim man väljer. Generellt har spinala ortoser en liten effekt på ryggkrökar vid MMC. Den kan inte påverka den komponent som beror på missbildningar i osseösa eller neurala strukturer. Däremot kan man i väl valda fall ha effekt på krökning som beror på muskelhypotoni. Korsettbehandling kan också med fördel användas för att uppskjuta ryggoperation till en lämpligare tidpunkt. I sällsynta fall undviks operation helt.

Om barnet går med ortoser, i synnerhet om gångförmågan är på marginalen, påverkar en spinal ortos gångförmågan negativt. Då är det aktuellt att använda sig av spinal ortos avsedd enbart för vilobruk. Liksom för deformiteter med annan etiologi gäller för MMC-deformiteter också att korsetten inte kan påverka för stora eller rigida krökar.

Vid ortosordination bör följande noteras: eventuell spinal ortos bör vara kompatibel med barnets funktion och övriga ortoser, vilket förutsätter en klinisk undersökning av såväl ryggen som nedre extremiteterna och neurologin som bas för ställningstagandet till ordinationen.

Kirurgisk behandling ^{1, 23-50}

Rigida och progredierande ryggdeformiteter hos barn med MMC bör behandlas kirurgiskt. Om betydande tillväxt kvarstår, finns metoder som tillåter fortsatt tillväxt, t.ex. VEPTR-metoden, där man instrumenterar med revben och bäckenben som utgångspunkt och förlänger implantaten allt efter tillväxten tills det är dags att göra en slutgiltig fusion. Den vanligaste

operationen är dock en instrumenterad korrektion och fusion av hela den krökta delen både vid kyfos/lordos/skolios. Särskild hänsyn bör tas till korrektionen av bäckenfelställningar.

Operationstekniker har varierat över tid och det finns inget belägg för att en viss metod är överlägsen. Fortfarande gäller en höggradig individuell anpassning p.g.a. tillståndets komplexitet. Denna medför också att det saknas prospektiva kontrollerade studier inom området. Så långt finns det evidens att korta, enbart anteriora fusioner inte räcker i de allra flesta fall och att en kombinerad främre och bakre fusion ger ett pålitligare resultat och bättre möjlighet till korrektion av en bäckenfelställning utan att öka risker vid höggradiga, rigida deformiteter.

Valet av fusionslängd debatteras, men många anser att en kortare fusion räcker hos yngre barn om man uppnår en bra korrektion av kröken, medan barn över 9-10 års ålder oftare behöver en längre fusion. Fixation till pelvis anses behövas om kvarvarande bäckensnedhet överstiger 15-20°. Personer som går med stöd av ortoser och som är beroende av sina bäckenelevatorer för gången kan dock få problem med fixation till pelvis. Däremot försämras vare sig gång-, stå- eller sittförmåga av fixation till sacrum med bibehållen lordos.

En neurokirurgisk operation är ofta indicerad vid ryggkrökar hos personer med MMC och annan spinal dysrafism, t.ex. lösning av adherenser p.g.a. återkommande fjättring, excision av expansiva processer eller diastematomyeli. Så fort ryggdeformiteten börjar öka, bör shunt-dysfunktion och avvikande likvorflöde av annan orsak misstänkas, och i så fall åtgärdas snarast, d.v.s. tidigt i skoliosförloppet. Vid kyfektomi-ingreppen var transsektion av ryggmärgen tidigare vanligt förekommande, men enligt dagens erfarenhet bör detta undvikas oberoende av patientens ålder och i synnerhet hos de yngsta.

Samråd mellan neurokirurg och ryggortoped i det regionala MMC-teamet måste alltid föregå ryggkirurgi vid spinal dysrafism. Operationsplaneringen ska ske gemensamt. I de flesta länder har man traditionellt gjort neurokirurgin och skolioskorrektionen i minst två olika sessioner. Detta förlänger den totala rehabiliteringstiden och försämrar sår-läkningsutsikterna. På Karolinska sjukhuset har man sedan tjugo år konsekvent genomfört operationerna i en och samma session enligt en gemensam bedömning även om ingreppet skulle innebära både främre och bakre skoliosoperation och neurokirurgi. Detta förfarande har inte ökat komplikationsrisken. Dessutom har det gett en betydande besparing i resursutnyttjande och rehabiliteringstid.

Personer med MMC är den grupp med i särklass störst andel post-operativa komplikationer efter ryggkirurgisk korrektion – i 30 - 90% enligt litteraturen. Även djupa infektioner är vanliga postoperativt och rapporteras i 30 % eller mer. Sår-läkningsproblem beror på dåligt cirkulerade vävnader p.g.a.

bl.a. pares, nedsatt sensibilitet, avsaknad av muskulatur, ärrvävnad efter tidigare operationer, kronisk bakteriuri eller trycksår. Plastikkirurgi är ofta aktuell vid slutning av såret vid revisionskirurgi. Helst vill man uppnå en täckning med muskel, men ibland kan andra former av vävnadsexpansion övervägas. Osäkerheten i dessa rapporter är stor p.g.a. den retrospektiva karaktären av uppföljningar och ett litet antal patienter i de flesta publikationer.

Vid svåra postoperativa infektioner har man traditionellt förespråkat upprepade sårlavage, lång antibiotikabehandling och extraktion av alla implantat. Resultaten har visat höga frekvenser av pseudartros, betydande korrektionsförlust och upprepade revisionkirurgier med de risker som dessa innebär. En annorlunda strategi har presenterats med lovande resultat. I en serie av konsekutivt opererade patienter med djupa postoperativa infektioner har tidig hyperbar oxygen behandling medfört förkortad sårläkningstid, undvikande av långtidsantibiotika samt att implantaten kunnat behållas vid en uppföljning på minst tre år.

En ofta diskuterad fråga är huruvida en ryggoperation försämrar gångförmågan. Dels måste man komma ihåg att gångförmågan ofta försämras i tonåren, d.v.s. i samma ålder som skoliosoperationen är aktuell, dels att progredierande ryggmärgsdysfunktion försämrar både gångförmågan och ryggdeformiteten i sig. Kausala samband är inte alltid uppenbara. I litteraturen finns motstridiga uppgifter, även från svenska material. En tidigare studie från Göteborg visade försämring av gångförmågan efter ryggoperationen, medan det i Stockholmsmaterial inte framkom någon försämring av gångförmågan.

Rekommendationer

- Barn/ungdomar med MMC ska p.g.a. pågående tillväxt ha förtur framför vuxna till utredning och intervention.
- Funktion, förekomst och grad av muskelsvaghet, spasticitet, smärta, rörelseinskränkning och felställningar i extremiteter och ryggrad ska följas upp regelbundet enligt strukturerat schema, se www.mmcup.se
- Vid begynnande och vid ökande ryggfelställning skall fler-/tvärfacklig utredning genomföras för att finna och åtgärda behandlingsbara orsaker, t.ex. fjättrad ryggmärg.
- Neuroradiologisk utredning av hela spinalkanalerna ingår i tidig diagnostik, och bör granskas på enhet med barnneuroradiologisk kompetens, i samråd med regionalt MMC-team.
- Om en krökning föreligger och förefaller progrediera bör ryggen följas med röntgen var 6:e månad.
- Ortopedisk ryggbehandling vid MMC är ingen akut åtgärd. Det finns alltid tid att inhämta erfarenhetsbaserad kunskap och grundad mening. Beslut om ortopedisk ryggbehandling skall ske i samråd med ansvarig neurokirurg, urolog och neuropediatriker i regionalt MMC-team (neurogen skolios, tillväxtprognos, urodynamisk påverkan mm).
- Vid en Cobb-vinkel på 30° bör beslut om typ av behandling tas.

Checklista inför ryggkirurgi

Se särskilt dokument för utskrift att använda inför operation.

Skicka gärna synpunkter och förbättringsförslag till redaktörerna/
ingrid.b.olsson@vgregion.se inför kommande revideringar.

Referenser

1. Bowman RM, McLone DG, Grant JA et al. Spina bifida outcome: A 25-year prospective. *Pediatr Neurosurg* 2001; 34:114-20.
2. Brockmeyer D, Gollogly S, Smith JT. Scoliosis associated with Chiari I malformations: The effect of suboccipital decompression on scoliosis curve progression – A preliminary study. *Spine* 2003; 28:2505-9.

3. Crawford A, Strub W, Lewis R, Gabriel K, Billmire D, Berger T, Crone K. Neonatal Kyphectomy in the Patient With Myelomeningocele. *Spine* 2003; 28:260-6.
4. Dias MS. Neurosurgical causes of scoliosis in patients with myelomeningocele: an evidence-based literature review. *J Neurosurg (Pediatrics 1)* 2005; 103:24-35.
5. Doers T, Walker JL, van den Brink KD et al. The progression of untreated lumbar kyphosis and the compensatory thoracic lordosis in myelomeningocele. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39:326-30.
6. Glard Y, Launay F et al. Hip flexion contracture and lumbar spine lordosis in myelomeningocele. *J Pediatr Orthop* 2005; 25:476-8.
7. Karlin LI. Kyphectomy for myelodysplasia. *Neurosurg Clin N Am* 2007; 18:357-64.
8. Guille JT, Sarwark JF, Sherk HH, Kumar SJ. Congenital and developmental deformities of the spine in children with myelomeningocele. *J Am Acad Orthop Surg* 2006; 14:294-302.
9. Trivedi J, Thomson JD, Slakey JB, Banta JV, Jones PW. Clinical and radiographic predictors of scoliosis in patients with myelomeningocele. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84-A:1389-94.
10. Suh SW, Sarwark JF, Vora A, Huang BK. Evaluating congenital spine deformities for intraspinal anomalies with magnetic resonance imaging. *J Pediatr Orthop* 2001; 21:525-31.
11. Danielsson A, Bartonek Å, Levey E, McHale K, Sponseller P, Saraste H. Associations between orthopaedic findings, ambulation and health related quality of life in children with myelomeningocele. *J Child Orthop* 2008; 2:45-54.
12. Larsson EL, Aaro S, Normelli H et al. Weight distribution in the sitting position in patients with paralytic scoliosis: pre- and postoperative evaluation. *Eur Spine J* 2002; 11:94-9.
13. Larsson ELC, Aaro SI, Normelli HCM et al. Long-term follow-up of functioning after spinal surgery in patients with neuromuscular scoliosis. *Spine* 2005; 30:2145-52.
14. Mercado E, Alman B, Wright JG. Does spinal fusion influence quality of life in neuromuscular scoliosis? *Spine* 2007; 32:S120-S5.
15. Norrlin S, Strinholm M, Carlsson M, Dahl M. Factors of significance for mobility in children with myelomeningocele. *Acta Paediatr* 2003; 92: 204-10.
16. Schoenmakers M, Gulmans VAM, Gooskens R et al. Spinal fusion in children with spina bifida: influence on ambulation level and functional abilities. *Eur Spine J* 2005; 14:415-22.
17. Wai EK, Young NL, Feldman BM et al. The relationship between function, self-perception, and spinal deformity - Implications for treatment of scoliosis in children with spina bifida. *J Pediatr Orthop* 2005; 25:64-9.
18. Wai EK, Owen J, Fehlings D et al. Assessing physical disability in children with spina bifida and scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2000; 20:765-70.
19. Non-idiopathic early onset scoliosis Pre-meeting instructional course/European Pediatric Orthopaedic Society Meeting, April 1, 2009, Lissabon, Portugal.
20. Lindseth RE. Spinal deformity in myelomeningocele. *Instr Course Lect* 1991;40:273-9.

21. Lintner SA, Lindseth RE. Kyphotic deformity in patients who have a myelomeningocele. *J Bone Joint Surg Am* 1994; 76:1301-7.
22. Olafsson Y, Saraste H, Al-Dabbagh Z. Brace treatment in neuromuscular spine deformity. *J Pediatr Orthop* 1999; 19: 376-9.
23. Akbar M, Bremer R, Thomsen M et al. Kyphectomy in children with myelodysplasia - Results 1994-2004. *Spine* 2006; 31:1007-13.
24. Arnell K. Primary and secondary tissue expansion gives high quality skin and subcutaneous coverage in children with a large myelomeningocele and kyphosis. *Acta Neurochir (Wien)* 2006;148:293-7; discussion 297.
25. Basobas L, Mardjetko S, Harnmerberg K et al. Selective anterior fusion and instrumentation for the treatment of neuromuscular scoliosis. *Spine* 2003; 28:S245-S8.
26. Banit DM, Iwinski HJ, Talwalkar V et al. Posterior spinal fusion in paralytic scoliosis and myelomeningocele. *J Pediatr Orthop* 2001; 21:117-25.
27. Berned Muller E, Nordwall A, von Wendt L. The influence of scoliosis brace treatment on function in children with myelomeningocele. *Acta Paediatr* 1992; 81:925-8.
28. Crawford AH, Strub WM, Lewis R et al. Neonatal kyphectomy in the patient with myelomeningocele. *Spine* 2003; 28:260-6.
29. Furderer S, Eysel P, Hopf C et al. Sagittal static imbalance in myelomeningocele patients: improvement in sitting ability by partial and total gibbus resection. *Eur Spine J* 1999; 8:451-7.
30. Geiger F, Parsch D, Carstens C. Complications of scoliosis surgery in children with myelomeningocele. *Eur Spine J* 1999; 8:22-6.
31. Ho C, Skaggs DL, Weiss JM et al. Management of infection after instrumented posterior spine fusion in pediatric scoliosis. *Spine* 2007; 32:2739-44.
32. Ko AL, Song K, Ellenbogen RG et al. Retrospective review of multilevel spinal fusion combined with spinal cord transection for treatment of kyphoscoliosis in pediatric myelomeningocele patients. *Spine* 2007; 32:2493-501.
33. Kocaoglu B, Erol B, Akgulle H et al. Combination of Luque instrumentation with polyaxial screws in the treatment of myelomeningocele kyphosis. *J Spinal Disord Tech* 2008; 21:199-204.
34. Larsson A, Uusijärvi J, Lind F, Gustavsson B, Saraste H. Hyperbaric oxygen in the treatment of postoperative infections in paediatric patients with neuromuscular spine deformity. *Eur Spine J*. 2011 Apr 28. [Epub ahead of print]
35. Muller EB, Nordwall A. Brace treatment of scoliosis in children with myelomeningocele. *Spine* 1994; 19:151-5.
36. Muller EB, Nordwall A, Oden A. Progression of scoliosis in children with myelomeningocele. *Spine* 1994; 19:147-50.
37. Muller EB, Nordwall A, von Wendt L. Influence of surgical treatment of scoliosis in children with spina bifida on ambulation and motoric skills. *Acta Paediatr* 1992; 81:173-6.

38. Murans G, Gustavsson B, Saraste H. One stage major spine deformity surgery. A comparison between groups with and without additional neurosurgical intervention. More than 24 months follow-up. *J Neurosurg – Spine* 2010; 13:666-671.
39. Murans G, Gustavsson B, Saraste H. Outcome of major spine deformity surgery in high risk patients. Comparison between two production units. More than 24 months follow-up. *Evidence-based Spine-Care Journal* 2010; 1:11-18.
40. Niall DM, Dowling FE, Fogarty EE et al. Kyphectomy in children with myelomeningocele - A long-term outcome study. *J Pediatr Orthop* 2004; 24:37-44.
41. Nolden MT, Sarwark JF, Vora A et al. A kyphectomy technique with reduced perioperative morbidity for myelomeningocele kyphosis. *Spine* 2002;27:1807-13.
42. Odent T, Arlet V, Ouellet J, Bitan F. Kyphectomy in myelomeningocele with a modified Dunn-McCarthy technique followed by an anterior inlayed strut graft. *Eur Spine J* 2004; 13:206-12.
43. Osebold WR. Stability of myelomeningocele spines treated with the mayfield two-stage anterior and posterior fusion technique. *Spine* 2000; 25:1344-51.
44. Saraste H, Stark A. Vertebral resection and fusion for paralytic kyphosis. *Acta Orthop Scand* 1991; 62:515-8.
45. Sponseller PD, Young AT, Sarwark JF, Lim R. Anterior only fusion for scoliosis in patients with myelomeningocele. *Clin Orthop Relat Res* 1999:117-24.
46. Sponseller PD, LaPorte DM, Hungerford MW et al. Deep wound infections after neuromuscular scoliosis surgery: a multicenter study of risk factors and treatment outcomes. *Spine* 2000; 25:2461-6.
47. Stark A, Saraste H. Anterior fusion insufficient for scoliosis in myelomeningocele. *Acta Orthop Scand* 1993; 64:22-4.
48. Stella G, Ascani E, Cervellati S et al. Surgical treatment of scoliosis associated with myelomeningocele. *Eur J Pediatr Surg* 1998; 8 Suppl 1:22-5.
49. Thomsen M, Lang RD, Carstens C. Results of kyphectomy with the technique of Warner and Fackler in children with myelodysplasia. *J Pediatr Orthop B* 2000; 9:143-7.
50. Wild A, Seller K, Jager M et al. One- or two-step instrumentation for thoracolumbar scoliosis due to myelomeningocele? *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003; 141:59-64.