SOCIEDADE PORTUGUESA DE
ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

Rev Port Ortop Traum 24(4): 260-269, 2016

ORIGINAL

FIXAÇÃO POSTERIOR DA COLUNA CERVICAL NA INSTABILIDADE ATLANTO-AXIAL PÓS-TRAUMÁTICA

Joaquim Soares do Brito, Rita Silveira Henriques, António Tirado Moreno, Pedro Silva Fernandes

Serviço de Ortopedia e Traumatologia, Centro Hospitala de Lisboa Norte, EPE – Hospital de Santa Maria

Joaquim Soares do Brito, Rita Silveira Henriques
Interno Complementar de Ortopedia

António Tirado Moreno
Assistente Hospitalar de Ortopedia

Pedro Silva Fernandes
Assistente Hospitalar Graduado, Coordenador da Unidade Funcional de Coluna

Submetido em 21 setembro 2016
Revisto em 03 fevereiro 2017
Aceite em 28 fevereiro 2017

Tipo de Estudo: Estudo Terapêutico
Nível de Evidência: IV

Declaração de conflito de interesses: Nada a declarar.

Correspondência
Joaquim Soares do Brito
Serviço de Ortopedia e Traumatologia
CHLN EPE – Hospital de Santa Maria
Av. Prof. Egas Moniz
1649-035 Lisboa
Telefone: 926755558
joaquimsoaresdobrito@gmail.com

© Sociedade Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia

RESUMO

A instabilidade do complexo atlanto-axial (C1-C2) pode ter diversas etiologias existindo várias técnicas para obtenção de uma estabilização cirúrgica. Neste trabalho documentamos os resultados clínicos da fixação posterior C1-C2 com parafusos poliaxiais e barras.
O presente estudo relata a experiência de uma série consecutiva com 11 doentes operados entre 2009 e 2014, em contexto de instabilidade atlanto-axial pós-traumática. Para a estabilização C1-C2 foi utilizada a técnica descrita por Harms. Foram incluídos onze doentes com idade média de 54 anos (min: 4 - máx: 75) com seguimento mínimo de 12 meses.
Um doente apresentou queixas transitórias no território sensitivo de C2. Cinco doentes relataram limitação da rotação e outro doente reportou queixas de cervicalgia moderada persistente. Num caso houve necessidade em colocar um parafuso laminar em C2 substituindo a colocação transpedicular habitual, na sequência de dificuldades técnicas. Todos os doentes, com uma única excepção, evoluiram para fusão óssea confirmada imagiologicamente. Não foram registadas complicações vasculares, neurológicas ou roturas durais.
Apesar da nossa curta experiência, os bons resultados obtidos permite-nos indicar a técnica de Harms como uma escolha de primeira linha na estabilização posterior da instabilidade atalnto-axial pós-traumática.

Palavras chave: *Instabilidade atlanto-axial; Trauma cervical; Parafusos poliaxiais; Fusão C1-C2*

ABSTRACT

Atlanto-axial (C1-C2) complex instability can be triggered by different clinical conditions and several techniques have been described to obtain surgical stability. We documented the clinical outcomes of posterior C1–C2 fixation with polyaxial screw–rod system.

The present study reports our experience in a consecutive series of 11 patients, operated between 2009 and 2014, due to post-traumatic atlanto-axial instability. For C1-C2 stabilization we used Harms technique. Eleven patients with a mean age of 54 years (range: 4-75) were included. Minimal follow-up was 12 months.

One patient had transient complaints in C2 sensitive territory. Five patients had complaints related to rotation deficit and another had mild cervical pain. In one patient we had to place a C2 laminar screw instead of the usual transpedicular due to technical difficulties. All patients with one single exception evolved to bone fusion confirmed by image criteria. No vascular, dural or persistent neurological complications were disclosed.

Despite our short experience, the results obtained show good reliability, which allow us to indicate the Harms technique as a first-line choice for posterior C1-C2 surgical fixation in atlanto-axial instability.

Key words: *Atlanto-axial instability; Cervical trauma; Poliaxial screws; C1-C2 fusion*

© Sociedade Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia

INTRODUÇÃO

A instabilidade atlanto-axial (C1-C2) pode surgir no contexto de diversas patologias que podem variar desde traumatismos ao nível da coluna cervical, patologias do foro inflamatório, neoplasias, infeções ou anomalias congénitas[1,2].

A articulação atlanto-axial caracteriza-se por uma grande amplitude de movimento, sendo a sua estabilidade conferida através de articulações atlanto-axoideias propriamente ditas (lateralmente) e articulação atlanto-odontoideia (ao nível do plano sagital mediano) entre a odontoide do áxis e o anel constituído pelo arco anterior do atlas e o ligamento transverso. São ainda importantes para a estabilidade da articulação atlanto-odontoideia os ligamentos transverso-axoideu e transverso occipital, que em conjunto com o ligamento transverso formam o ligamento cruciforme[3,4].

As técnicas descritas para o tratamento da instabilidade atlanto-axoideia têm evoluído progressivamente ao longo dos anos, desde as técnicas de fixação sublaminar descritas por Gallie (1939) e modificadas por Brooks (1978), passando pelos ganchos sublaminares e fixação transarticular C1-C2 com parafusos descrita por Magerl e Seeman (1986), até à fixação com placa e parafusos descrita por Goel e Laheri (1994)[5,6,7,8]. Em 2001 J. Harms e R. Melcher descreveram uma técnica inovadora de fixação posterior, recorrendo a parafusos poliaxiais às massas laterais de C1 e pediculos de C2 interligados através de barras conectoras (fixação interarticular)[1]. Mais recentemente, em 2004, Wright descreveu uma técnica similar à descrita por Harms e Melcher mas utilizando parafusos translaminares em C29. O desenvolvimento de cada uma destas técnicas baseou-se na necessidade de procurar maior estabilidade no segmento vertebral afetado com maior segurança no procedimento cirúrgico.

A fixação transarticular segundo Magerl e a interarticular descrita por Harms e Wright, são atualmente as opções mais populares para artrodese do segmento cervical superior, nomeadamente em casos de instabilidade atlanto-axial[1,2,10,11,12,13,14]. Apesar de não existir uma clara diferença nos resultados clínicos publicados relativamente a cada uma das técnicas, existem vantagens teóricas nas técnicas introduzidas por Harms e Wright, nomeadamente menor risco de lesão das estruturas neurais e vasculares, maior facilidade na redução das lesões, aplicabilidade em várias patologias e elevados índices de consolidação[1,2,11,12,13].

Nos últimos anos, temos abordado preferencialmente a instabilidade atalnto-axial pós-traumática utilizando a técnica de Harms dado as reconhecidas vantagens, representando este trabalho uma análise retrospetiva dos 10 primeiros casos clínicos. Com ele pretendemos avaliar as complicações, as dificuldades sentidas e os resultados obtidos com um *follow up* mínimo de 12 meses.

TÉCNICA CIRÚRGICA[1]

Após inicio de anestesia o doente é colocado em decúbito ventral mantendo o alinhamento da coluna vertebral cervical com discreta flexão anterior. Utilizamos preferencialmente o apoio de cabeça em silicone ou a ferradura com tração craniana apenas para estabilização. Após o posicionamento obtemos uma imagem em AP e perfil da coluna axial para aferir o alinhamento e a redução do complexo atlanto-axoideio.

É realizada uma incisão mediana com disseção por planos anatómicos tentando procurar a rafe mediana de modo a diminuir a hemorragia e até se obter a exposição do arco posterior do atlas e apófise espinhosa de C2 com o cuidado de não expor o occipital na criança. O complexo articular C1-C2 é exposto até ao nível do rebordo lateral da articulação C1-C2. Nesta fase, a principal dificuldade está relacionada com a hemorragia decorrente da manipulação dos plexos venosos peri-durais e que podem ser controlados recorrendo a pinça bipolar, *patches* de algodão, ou em casos mais extremos *matriz* hemostática de aplicação tópica. De modo a obtermos a menor hemorragia possível, a disseção do arco posterior do atlas e pediculos de C2 deverá ser subperióstea, sendo extremamente útil a aplicação de uma distração entre estas duas vertentes, por forma a expor bem a região.

A massa lateral de C1 é então exposta através de disseção subperióstica a partir do rebordo inferior do arco posterior, tendo em conta a localização superior da artéria vertebral, até ao contacto do dissetor com a face posterior da massa lateral que, traccionando a raiz de C2 para baixo, é exposta no seu limite lateral

e medial. A entrada do parafuso deverá acontecer na intersecção entre o ponto médio do arco posterior do atlas com o ponto médio da região inferior da massa lateral da mesma vértebra. Com uma broca realiza-se um trajeto póstero-anterior, discretamente convergente em direção ao arco anterior do atlas e mantendo o paralelismo em relação ao arco posterior. Este trajeto foi realizado com broca manual na fase mais precoce da nossa experiência, no entanto, atualmente é realizada com motor. A realização do trajeto é confirmada com recurso ao intensificador de imagem. Após medição da dimensão do parafuso e fresagem do canal é introduzido um parafuso poliaxial smi-roscado colocado bicorticalmente. O posicionamento do parafuso é confirmado com o intensificador de imagem.

Após localizar o quadrante supero-lateral do istmo da superfície posterior de C2 realiza-se um trajeto com broca desde este ponto até ao córtex anterior de C2 seguindo uma trajetória mais convergente de 20 a 30º supero-medialmente. A integridade do trajeto realizado pode ser confirmada com um palpador, verificando-se a integridade de todas as paredes do trajeto. Após a medição o canal é fresado e coloca-se o parafuso poliaxial bicortical. Durante este procedimento devemos localizar o limite interno palpando o canal vertebral e podemos ainda localizar a emergência da artéria vertebral em C2 dando-nos a localização desta estrutura facilitando assim a introdução da broca.

Em caso de necessidade poderá proceder-se à redução de C1 através de reposicionamento da cabeça do doente ou através de manipulação direta de C1-C2, antes ou durante o aperto das barras de fixação de modo a restaurar e manter o alinhamento correto.

No final da cirurgia promove-se à descorticação das superfícies visíveis de C1 e C2 com broca de alta velocidade e sendo aplicado enxerto ósseo, principalmente se o objectivo for a obtenção de uma artrodese. Os doentes submetidos a esta técnica podem iniciar mobilização da coluna cervical no pós-operatório imediato, requerendo apenas a utilização de um colar cervical de espuma para conforto nas primeiras semanas.

MATERIAL E MÉTODOS

Entre 2009 e 2014 (seis anos) foram operados 11 doentes (Tabela 1) com uma idade média de 54 anos (Mínimo: 5; Máximo: 75); nove do género masculino e dois do género feminino. Todos os doentes apresentavam instabilidade C1-C2 em contexto de trauma. Em dois casos foi tentado tratamento conservador inicial sem sucesso com evolução para pseudartrose e um terceiro foi inicialmente submetido a artrodese transarticular, tendo evoluído igualmente para pseudartrose. O principal mecanismo de lesão identificado foi a queda de altura (oito casos), seguido dos acidentes de viação (três casos). Em seis casos foi detetada presença de lesão neurológica: ASIA A em dois doentes, ASIA B num doente, ASIA C noutro e dois doentes com ASIA D – Tabela 1.

Foi realizada fixação posterior C1-C2 com dois parafusos transpediculares em C2 e dois parafusos às massas laterais de C1 (Figura 1) em dez casos, tendo sido identificado um caso, onde por dificuldade técnica na colocação de um parafuso nos pediculos de C2, converteu-se para parafuso translaminar (Figura 2). Em dois casos houve ainda necessidade de complementar a instrumentação C1-C2 com instrumentação na coluna subaxial, onde os doentes apresentavam lesão osteo-ligamentar instável concomitante. Num destes últimos dois casos, o segmento da coluna subaxial instrumentado não era contíguo ao segmento C1-C2 (Figura 3). Todos os doentes utilizaram colar cervical proteção que variou de quatro a seis semanas. O seguimento médio do grupo de doentes foi de 24,5 meses.

RESULTADOS

O tempo médio da cirurgia foi de 220 minutos (Min: 120; Máx: 360 minutos) – Tabela 2. Registaram-se dois casos de infeção superficial da ferida operatória tratadas com antibioterapia oral e pensos em regime de consulta externa. Ambos os casos evoluíram favoravelmente sem complicações adicionais. Um doente manifestou queixas de dor cervical ligeira a moderada no seguimento pós-operatório, no entanto, sem limitação nas atividades de vida diária. Cinco dos doentes apresentaram queixas de limitação importante da rotação, com diminuição de aproximadamente 50% em relação à amplitude normal.

© Sociedade Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia

Caso	Género	Idade	Diagnóstico	Notas	ASIA	Fixação	Seguimento (meses)
Doente 1	Masculino	73	Fratura da Odontoide Tipo II	Falência do tratamento conservador	E	C1-C2	24
Doente 2	Feminino	5	Fratura da Odontoide Tipo II		D	C1-C2	48
Doente 3	Masculino	39	Fratura de Jeffreson	Falência do tratamento conservador	E	C1-C2	18
Doente 4	Masculino	56	Fratura da Odontoide Tipo II	-	E	C1-C2	17
Doente 5	Masculino	78	Fratura da Odontoide Tipo II + Fratura do arco posterior do Atlas	-	B	C1-C2	18
Doente 6	Masculino	19	Fratura da Odontoide Tipo II	Fratura de C7	D	C1-C2 + C6-T1	36
Doente 7	Masculino	61	Fratura da Odontoide Tipo II	Lesão disco-ligamentar C2-C3	C	C1-C2 + C4-C6	24
Doente 8	Feminino	72	Fratura da Odontoide Tipo II		A	C1-C2	12
Doente 9	Masculino	48	Fratura da Odontoide Tipo II	Pseudartrose da Odontóide (Magerl)	E	C1-C2	48
Doente 10	Masculino	75	Fratura da Odontoide Tipo II	-	E	C1-C2	12
Doente 11	Masculino	68	Fratura da Odontoide Tipo II	-	A	C1-C2	12
Média		54					24,5

Tabela 1 – Caracteristicas da População em Estudo

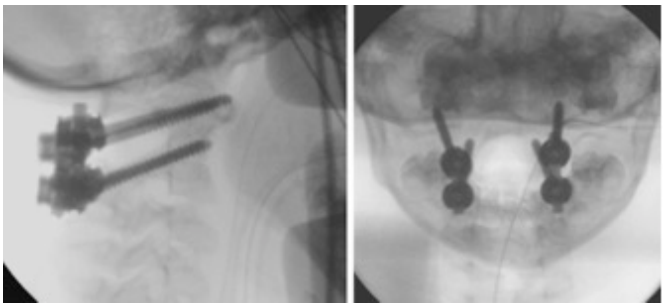


Figura 1 – Técnica de Harms utilizada numa criança de 5 anos

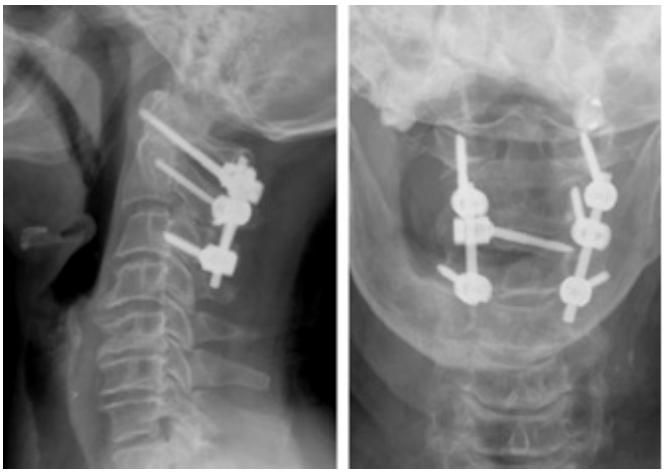


Figura 2 – Técnica de Harms com parafuso laminar em C2 e intrumentação de C3

Não foram registadas complicações neurológicas relacionadas com a cirurgia, à exceção de queixas sensitivas transitórias no território de C2 num doente. Um doente com ASIA B inicial evoluiu favoravelmente com recuperação de dois níveis na escala ASIA, passando a ser classificado como ASIA D e outro doente classificado com ASIA C recuperou igualmente dois níveis na escala ASIA para passar a ser classificado como ASIA E. Os doentes ASIA A e os dois doentes ASIA D mantiveram a mesma classificação na avaliação aos seis meses de pós-operatório. Dois dos doentes permaneceram ventilados no pós-operatório, no entanto, em ambos casos tratava-se de doentes previamente ventilados. Num desses casos a necessidade de suporte ventilatório decorreu da falência respiratória em

Caso	Tempo cirúrgico (minutos)	Transfusão (UCE)	Ventil. Pós-Op	Lesão Vascular/ Neuro/ Dural	ASIA inicial	ASIA final	Fusão	Complicações
Patient 1	180	NÃO	NÃO	NÃO	E	E	NÃO	Pseudartrose; dor cervical; limitação da mobilidade
Patient 2	120	NÃO	NÃO	NÃO	D	D	SIM	Infeção superficial
Patient 3	240	NÃO	NÃO	NÃO	E	E	SIM	Limitação da mobilidade
Patient 4	180	NÃO	NÃO	NÃO	E	E	SIM	Limitação da mobilidade
Patient 5	190	NÃO	NÃO	NÃO	B	D	SIM	-
Patient 6	360	NÃO	NÃO	NÃO	D	D	SIM	-
Patient 7	180	NÃO	NÃO	NÃO	C	E	SIM	Infeção superficial
Patient 8	320	NÃO	SIM	NÃO	A	A	SIM	Limitação da mobilidade
Patient 9	226	NÃO	SIM	NÃO	E	E	SIM	-
Patient 10	200	NÃO	NÃO	NÃO	E	E	SIM	-
Patient 11	150	NÃO	SIM	NÃO	A	A	SIM	PCR; Limitação da mobilidade;
Average	220							

Tabela 2 – Caracteristicas da População em Estudo; PCR – paragem cardio-respiratória



Figura 3 – Técnica de Harms associada a instrumentação da coluna subaxial

contexto de trauma torácico importante, e noutro caso registou-se um episódio de paragem cardio-respiratória previamente à estabilização cirúrgica. Em ambos foi possível a extubação e aquisição de autonomia ventilatória nos primeiros dias de pós-operatório.

Em nenhum doente foi registada lesão vascular ou dural. Todos evoluíram para fusão óssea confirmada por critérios imagiológicos com uma exceção, onde foi confirmada evolução para pseudartrose da fusão posterior em tomografia computorizada (Tabela 2). O caso que evoluiu para pseudartrose apresentava queixas de cervicalgia, no entanto, sem instabilidade aparente do segmento C1-C2 e sem evidência de perda de fixação dos parafusos, pelo que não houve necessidade de nova intervenção cirúrgica.

DISCUSSÃO

A estabilização cirúrgica do complexo atlanto-axoideu tem sofrido uma evolução progressiva no sentido da obtenção de uma maior estabilidade biomecânica. As técnicas de fixação sublaminar inicialmente utilizadas apresentavam risco acrescido de lesão medular pela necessidade inevitável de passar os fios pelo canal medular[2,5,6,15]. Estas técnicas apresentam taxas de fusão óssea na ordem dos 60-100%, requerendo em simultâneo a utilização

© Sociedade Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia

de ortóteses rígidas de modo a incrementar a sua eficácia[2, 5,6,15,16]. As técnicas com ganchos laminares diminuíram o risco de lesão medular mas foram descritas falências consideráveis da fixação[2]. É neste contexto que Magerl e Seeman desenvolveram uma nova técnica de fixação transarticular[7]. Esta técnica introduziu a vantagem de não requerer a integridade dos elementos posteriores da coluna vertebral, podendo ser associada a uma descompressão eficaz do canal na presença de compressão medular[7,10,14]. A técnica diminui significativamente a mobilidade articular do segmento C1-C2, garantindo uma excelente estabilidade e aumentando a taxa de fusão para valores que oscilam entre os 87 e 100%[1,2,10,14].

Com a introdução da fixação interarticular com parafusos às massas laterais de C1 e pediculos de C2 unidos com placa (técnica de Goel e Laheri) surgiu um novo conceito de estabilização atlanto-axial, mantendo excelentes taxas de fusão óssea e menor risco de lesão da artéria vertebral[8,17]. Em 2001 Harms et al descreveram uma técnica que utiliza parafusos poliaxiais colocados às massas laterais de C1 e pediculos de C2, conectados através de barras laterais[1]. Posteriormente, Wright descreveu uma técnica similar à descrita por Harms e Melcher, que utiliza parafusos translaminares em C2, mantendo as elevadas taxas de consolidação óssea (90-100%), diminuindo ainda mais o risco de lesão da artéria vertebral[2,9,13]. Ambas as técnicas podem ser executadas sem uma redução anatómica do complexo C1-C2, possibilitando a estabilização em doentes com luxação articular fixa, condição que contra-indica a técnica de fixação transarticular[1,2,9,,11,12,13]. Em doentes com trajetos aberrantes da artéria vertebral, variante anatómica que ocorre em até 20% dos casos, esta técnica é mais segura que o parafuso transarticular, sendo o risco abolido com a utilização dos parafusos translaminares na fixação de C2[1,2,9,,11,12,13].

Diversos estudos foram desenvolvidos de modo a compreender a biomecânica do segmento C1-C2 após cirurgia de fixação[2]. Nos estudos realizados não foi possível determinar uma diferença clara no que respeita à estabilidade e mobilidade cervical pós-operatória entre a técnica de Magerl e a técnica de Harms[2]. Assim preferência de uma técnica relativamente à outra deverá ter em conta a presença de condicionantes anatómicas do doente que possam condicionar uma trajetória segura do parafuso tendo em conta a necessidade de minimizar o risco de lesão vascular.

Do ponto de vista técnico, a maior dificuldade tem estado relacionada com o manuseamento do plexo venoso peri-radicular com a necessidade por vezes de tamponamento alternado até se obter a exposição da massa lateral do atlas. Nesta fase da cirurgia temos recorrido à distração entre C1-C2 e seguimos as recomendações dos autores, nomeadamente na exposição subperióstica do arco do atlas até à massa lateral e pediculo de C2. Outro aspeto a merecer toda a nossa atenção prende-se com a trajetória dos parafusos de C1, onde por vezes é necessário estabilizar esta vértebra aquando da realização da trajetória do parafuso, na medida em que, dada a instabilidade rotatória frequente, corremos o risco de ver o atlas rodar à frente da broca dando-nos uma trajetória lateralizada, podendo atingir-se desta forma a artéria vertebral.

Registamos um caso apenas de alterações sensitivas no território de C2 por provável manipulação excessiva do nervo. De modo a diminuir estas queixas deverá utilizar-se um parafuso semi-roscado em C1, de forma a evitar o conflito das espiras com o nervo. Nos restantes casos operados não se registaram outras complicações e todos os doentes evoluíram para fusão óssea com uma exceção. Neste caso as queixas do doente prendiam-se fundamentalmente com cervicalgia esporádica. A avaliação por tomografia computorizada confirmou a ausência de pseudartrose da fusão posterior, no entanto, sem evidência de *loosening* dos parafusos ou evidência de instabilidade do segmento C1-C2 nas radiografias dinâmicas. Neste contexto, a opção do cirurgião em conjunto com o doente, passou pela não re-intervenção cirúrgica para correção.

Os casos operados segundo esta técnica e que necessitaram de manter a ventilação mecânica no pós-operatório já se encontravam previamente ventilados. Um destes casos é referente a um doente vitima de acidente de viação com trauma torácico importante e falência respiratória com consequente necessidade de suporte ventilatório, e o outro caso é relativo a uma doente que sofreu uma paragem cardio-respiratória no internamento, provavelmente motivada por compressão medular secundária à instabilidade do segmento C1-C2. Nos dois casos

foi possível a extubação pós-operatória com manutenção de autonomia ventilatória.
O seguimento dos doentes não revelou complicações adicionais, registando-se como queixa mais importante a limitação na mobilidade rotacional da coluna cervical.

CONCLUSÃO

A técnica de fixação atlanto-axial descrita por Harms et al constituí uma excelente opção cirúrgica no tratamento das instabilidades C1-C2 pós-traumáticas, permitindo obter excelentes taxas de fusão óssea, com baixo risco de lesão vascular ou dural, mesmo durante a curva de aprendizagem.
Apesar de delicada, esta técnica permite com uma taxa de complicações reduzida e uma fixação eficaz da coluna axial, sendo aplicável sobretudo em situações onde as particularidades anatómicas do doente ou da própria instabilidade condicionam a fixação transarticular.

© Sociedade Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HARMS, Jürgen; MELCHER, Robert P. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. Spine, 2001, 26.22: 2467-2471.

2. BESCÓS, A., et al. Artrodesis posterior C1-C2: Experiencia en fijación transarticular e interarticular en 36 pacientes. Neurocirugía, 2011, 22.2: 140-149.

3. Harms Jürgen, Melcher Robert P.. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. Spine (Phila Pa 1976). 2001 Nov 15; 26 (22): 2467-2471

4. ROUVIÈRE H, DELMAS A; Anatomie Humaine – Descriptive, topographique et fonctionelle; Tome I; 15éme édition; Masson; 2002

5. GALLIE, W. E. Fractures and dislocations of the cervical spine. The American Journal of Surgery, 1939, 46.3: 495-499.

6. BROOKS, Arthur L.; JENKINS, E. B. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. J Bone Joint Surg Am, 1978, 60.3: 279-284.

7. MAGERL, F. S. C. S.; SEEMANN, P.-S. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Cervical spine I. Springer Vienna, 1987. p. 322-327.

8. GOEL, A.; LAHERI, V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. Acta neurochirurgica, 1994, 129.1-2: 47-53.

9. WRIGHT, Neill M. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. Journal of spinal disorders & techniques, 2004, 17.2: 158-162.

10. DICKMAN, Curtis A.; SONNTAG, Volker KH. Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. Neurosurgery, 1998, 43.2: 275-280.

11. STULIK, J., et al. [Harms technique of C1-C2 fixation with polyaxial screws and rods]. Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca, 2004, 72.1: 22-27.

12. COYNE, Terry J., et al. C1-C2 Posterior Cervical Fusion: Long-term Evaluation of Results and Efficacy. Neurosurgery, 1995, 37.4: 688-693.

13. DORWARD, Ian G.; WRIGHT, Neill M. Seven years of experience with C2 translaminar screw fixation: clinical series and review of the literature. Neurosurgery, 2011, 68.6: 1491-1499.

14. FLORENSA, R., et al. Resultados de la fijación transarticular C1-C2 en una serie de 20 pacientes. Neurocirugía, 2002, 13.6: 429-435.

15. VENDER, John R., et al. Evolution of posterior cervical and occipitocervical fusion and instrumentation. Neurosurgical focus, 2004, 16.1: 1-15.

16. FIELDING, J. W.; HAWKINS, R. J.; RATZAN, S. A. Spine fusion for atlanto-axial instability. J Bone Joint Surg Am, 1976, 58.3: 400-407.

17. GOEL, Atul; DESAI, Ketan I.; MUZUMDAR, Dattatraya P. Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. Neurosurgery, 2002, 51.6: 1351-1357.