

CRANIECTOMIA DESCOMPRESSIVA PARA TRATAMENTO DA HIPERTENSÃO INTRACRANIANA TRAUMÁTICA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES

Análise de sete casos

Rodrigo Moreira Faleiro¹, Luiz Carlos Mendes Faleiro¹,
Marcelo Magaldi Oliveira², Tiago Silva³, Elisa Costa Caetano³,
Isabela Gomide³, Cristina Carneiro Pita³, Gustavo Lopes³, Sebastião Gusmão²

RESUMO - Introdução: A craniectomia descompressiva (CD) é técnica utilizada para tratamento da hipertensão intracraniana (HIC) pós-traumática. Sua indicação ainda não está bem definida na população pediátrica. **Objetivo:** Relatar a utilização desta técnica em sete casos pediátricos. **Método:** Estudo retrospectivo de sete pacientes (2 a 17 anos) que receberam CD unilateral para tratamento de HIC. Todos tiveram monitorização pós-operatória da pressão intracraniana (PIC) e a CD foi classificada em ultra-precoce (<6h), precoce (6-12h) e tardia (>24h) de acordo com o seu tempo de realização após o trauma. O seguimento mínimo foi seis meses. **Resultados:** Os pacientes foram seguidos por tomografia e quadro clínico, sendo classificados de acordo com a Escala de Outcome de Glasgow (GOS). Três pacientes faleceram (GOS1), um estava em estado vegetativo (GOS2), dois com déficit neurológico moderado (GOS3 e 4) e um com reabilitação funcional completa (GOS5) à época da alta hospitalar. Após período mínimo de seis meses, o paciente que estava em estado vegetativo e um dos que tinha déficit neurológico moderado melhoraram. Perdeu-se seguimento do paciente com alta em GOS4. Como complicação, ocorreram coleção subdural (2), hidrocefalia (1) e infecção superficial (1). Dos quatro que sobreviveram, dois receberam cranioplastia autóloga e os outros dois, heteróloga. **Conclusão:** A CD é método eficaz para redução da PIC, mas não é isenta de complicações. Sua aplicação ainda não está bem definida na população pediátrica, carecendo de estudos multicêntricos.

PALAVRAS-CHAVE: craniectomia descompressiva, pressão intracraniana, traumatismo cranio-encefálico.

Decompressive craniectomy in children and adolescents with head injury: analysis of seven cases

ABSTRACT - Introduction: Decompressive craniectomy (DC) is a surgical technique used to treat patients with elevated intracranial pressure often found in head injury. Its indication remains a controversial issue in the pediatric population. **Objective:** To report seven cases managed with this technique. **Method:** Retrospective study of seven patients, aged from 2 to 17 years, treated with unilateral DC due to increased intracranial pressure (ICP) as a consequence of head injury. All patients had ICP monitored post operatively and the DC classified as ultra-early (<6h), early (6-12h) or late (>24h) according to the time of its application. The minimum follow-up was six months. **Results:** Patients were evaluated with CT scans and clinical exams, and graded according the Glasgow Outcome Scale (GOS). Three patients deceased (GOS1), one was in vegetative state (GOS2), two recovered but still requiring nursing care (GOS3 and 4), and one had a full recovery (GOS5) at hospital discharge. After six months the GOS2 and a GOS3 patients achieved full recovery (GOS5). Subdural collection (2), hydrocephalus (1) and superficial infection (1) occurred as complication. Two patients had autologous cranioplasty and the other two heterologous cranioplasty. **Conclusion:** Decompressive craniectomy remains a feasible treatment method to lower the ICP, but is not safe from complications. A multicentric study should be done for appropriate protocol treatment of pediatric patients.

KEY WORDS: decompressive craniectomy, intracranial pressure, head injury.

Hospital Pronto Socorro João XXIII, Belo Horizonte MG, Brasil (HPSJXXII); ¹Neurocirurgião, HPSJXXII; ²Neurocirurgião, Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Hospital Luxemburgo, Belo Horizonte MG, Brasil; ³Acadêmico de graduação de medicina UFMG e GPq (GENEURO-Divisão Pesquisa).

Recebido 16 Fevereiro 2006, recebido na forma final 29 Maio 2006. Aceito 23 Junho 2006.

Dr. Rodrigo Moreira Faleiro - Rua Timbiras 3642 / 801 - 30140-062 Belo Horizonte MG - Brasil. E-mail: rfaleiro@brfree.com.br

As indicações para aplicação da craniectomia descompressiva (CD) no tratamento da hipertensão intracraniana (HIC) estão em fase atual de discussão na literatura, com vários trabalhos classe II e III sugerindo benefício quando aplicada precocemente¹⁻³. A CD é atualmente classificada como medida de segunda opção para tratamento da HIC refratária nos pacientes vítimas de traumatismo cranio-encefálico (TCE)⁴. A maioria dos relatos de série consiste de pacientes adultos, com poucos relatos na população pediátrica⁵⁻⁸.

A proposta deste estudo é relatar resultados da CD unilateral aplicada em sete crianças e adolescentes no período de um ano (2003) em hospital referência de trauma em Belo Horizonte. Descrevem-se complicações relacionadas à técnica, como coleção subdural, hidrocefalia, infecção. A época e modalidade de cranioplastia também merece discussão na população em questão.

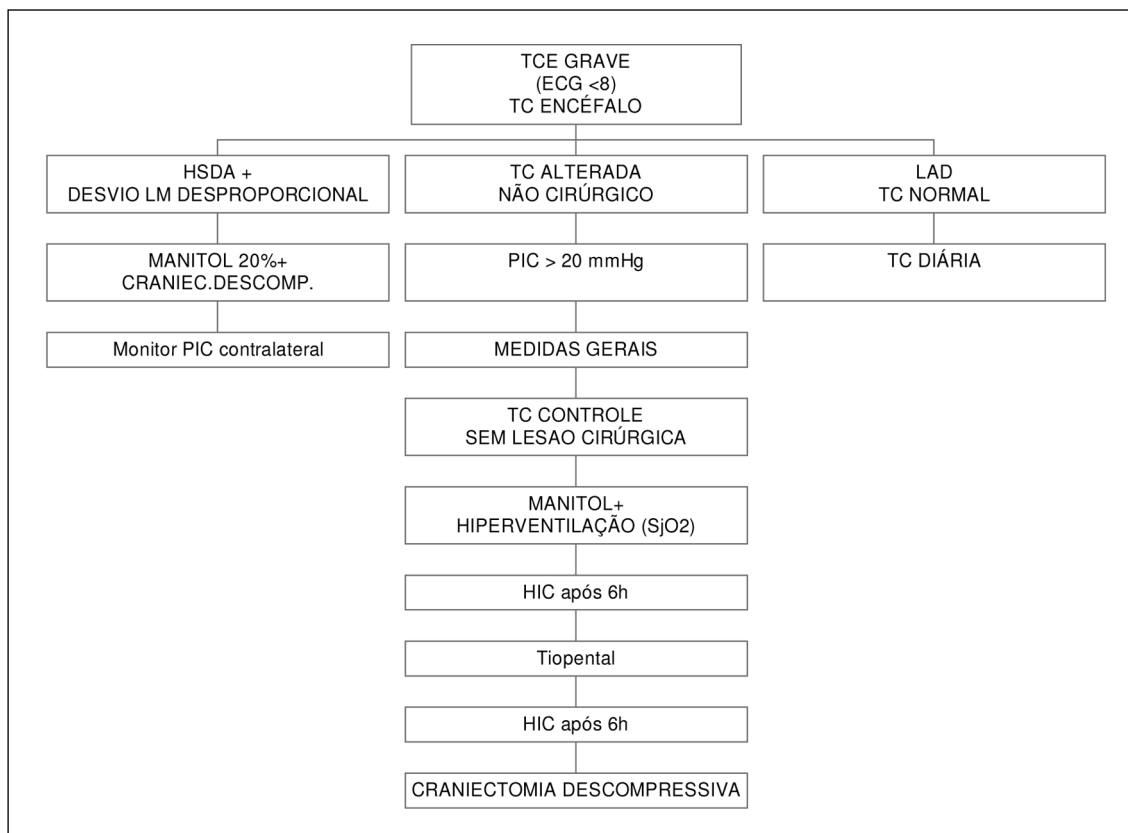
MÉTODO

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Pronto Socorro João XXIII, conduziu-se estudo retrospectivo de todos pacientes vítimas de TCE que receberam a CD unilateral para tratamento de HIC, durante o ano de 2003. Pacientes com idade inferior a 17 anos foram

incluídos no estudo. Excluíram-se os casos que receberam CD bilateral ou para tratamento da HIC decorrente de acidente vascular cerebral ou trauma por projétil de arma de fogo.

Todos os pacientes foram admitidos na sala de urgência (sala de politraumatizados), e rapidamente atendidos pela equipe de trauma, respeitando-se preceitos e condutas do ATLS. Após estabilização cardio-respiratória, e classificação do trauma segundo escala de coma de Glasgow (ECG), tomografia computadorizada de crânio (TC) e propedêutica radiológica foi realizada. Segundo o protocolo da equipe de neurocirurgia do hospital (Anexo), pacientes com lesões traumáticas com efeito de massa eram imediatamente transferidos ao bloco cirúrgico para tratamento e posterior admissão no centro de tratamento intensivo (CTI). Quando à TC era identificado um desvio de linha média desproporcional ao volume do hematoma (um hematoma subdural agudo, HSDA, laminar, por exemplo) aplicava-se a CD unilateral precocemente, sem medida prévia da pressão intracraniana (PIC). Após a cirurgia, estes pacientes receberam monitorização da PIC no CTI.

Os pacientes com ECG <8 e sem lesão cirúrgica à TC foram admitidos no CTI e submetidos a monitorização da PIC. Aplicou-se protocolo para tratamento de PIC (Anexo) em crescente, ou seja, medidas gerais, clínicas específicas e de segunda opção (Tabela 1). O objetivo deste protocolo foi determinar precocemente (até 24h) a refratariedade da HIC às medidas clínicas.



Anexo. Protocolo para tratamento precoce da hipertensão intracraniana traumática (HPSJXXIII). PIC, pressão intracraniana; HIC, hipertensão intracraniana; LAD, lesão axonal difusa; SjO2, saturação jugular de O2.

Tabela 1. Tratamento da hipertensão intracraniana.

Medidas gerais	Medidas específicas	Medidas de segunda opção
Cabeceira elevada	Manitol a 20%	Coma barbitúrico
Antitérmicos, analgesia e anticonvulsivantes	Hiperventilação controlada (SjO ₂)	Hipotermia
Sedação e bloqueio neuromuscular SjO ₂ , Saturação jugular de O ₂ .	Retirada de líquido ventricular	Craniectomia descompressiva

Tabela 2. Pacientes.

Paciente	Idade (anos)	Causa	ECG	TC	Tempo CD	GOS alta	GOS 6 meses	Craniopl
1	2	Acid.aut	<8	HSDA + TmC	Tardia (>24h)	1	1	-
2 (fem)	10	Atropel.	<8	Contusão + TmC	Tardia (>24h)	1	1	-
3	16	Bicicleta	9-13	HSDA + TmC	Ultra- precoce (<6h)	1	1	-
4	15	Acid.aut	9-13	Contusão + TmC	Precoce (6-24h)	5	5	Autóloga
5	8	Atropel.	<8	HSDA + TmC	Precoce (6-24h)	3	5	Autóloga
6	17	Atropel.	<8	TmC	Tardia (>24h)	4	?	Heteról.
7	17	Bicicleta	<8	HSDA + TmC	Ultra- precoce (<6h)	2	5	Heteról.

ECG, escala de coma de Glasgow; TC, tomografia computadorizada do crânio; HSDA, hematoma subdural agudo; TmC, tumefação cerebral; CD, craniectomia descompressiva; GOS, Glasgow Outcome Scale; Craniopl, cranioplastia.

A técnica da CD, conforme detalhada em artigo prévio⁹, consistiu de incisão em "ponto de interrogação" invertido (Becker) seguido de craniotomia fronto-temporo-parietal ampla, e craniectomia com pinça de goiva até assoalho da fossa média. Após incisão dural e drenagem de hematomas ou contusões, duroplastia foi realizada com sutura contínua (hermética) utilizando-se fio Prolene 4-0.

O flape ósseo foi armazenado no tecido celular subcutâneo abdominal. Em caso de infecção da ferida abdominal, procedeu-se com cranioplastia heteróloga (acrílico). Monitorizou-se a PIC em todos os pacientes no pós-operatório, retirando-a após período mínimo de 48h de PIC normal (<20 mmHg). Utilizou-se monitorização por cateter Codman ou Camino em crianças com menos de dois anos e parafuso Richmond em maiores de dois anos. Realizou-se cranioplastia em período menor de quatro semanas.

A CD foi classificada em ultra-precoce (<6h), precoce (6-24h) ou tardia (>24) de acordo com o tempo de aplicação após o trauma.

Aplicou-se classificação de Glasgow Outcome Scale (GOS) à época da alta hospitalar e após período mínimo de seis meses (por telefone, após consentimento do responsável).

RESULTADOS

Durante o ano de 2003, 41 pacientes receberam CD unilateral para tratamento de HIC pós-traumática. Sete casos (17%) pertenceram à população pediátrica, com idade variando de 2 a 17 anos, sendo a população deste estudo (Tabela 2). Houve uma criança do gênero feminino e predominou o acidente de trânsito (acidente automobilístico ou atropelamento). Cinco pacientes foram admitidos com TCE grave (ECG <8) e dois com TCE moderado (ECG 9-13). Evidência de politrauma foi encontrado em quatro pacientes.

Em todos os casos a CD foi indicada pela presença de tumefação cerebral (TmC) unilateral, identificada na TC. Quatro pacientes apresentavam HSDA laminar e dois, contusão cerebral associada. Nestes casos o desvio da linha média (DLM) era desproporcional ao volume da lesão associada.

Dois casos (casos 3 e 7) receberam aplicação ultra-precoce (<6h) da CD, sem monitorização prévia da PIC. Apresentavam DLM desproporcional à TC e cli-

nicamente estavam em rápida deterioração neurológica, inclusive com anisocoria ipsilateral à lesão. Receberam manitol a 20% (0,5 a 1 mg/kg) na sala de emergência, antes da cirurgia. Após CD (descrita acima) foram encaminhados ao CTI para monitorização da PIC. Os outros cinco pacientes foram admitidos no CTI, tiveram monitorização da PIC e entraram no protocolo de tratamento de HIC (anexo). Dois pacientes receberam a CD precocemente (6-12h) e três tardiamente (>24h). Monitorização pós-operatória da PIC foi realizada em todos os casos.

Os casos 1,2 e 3 apresentaram redução inicial da PIC, cursando após algumas horas com HIC refratária às medidas clínicas específicas e grande tensão na área da craniectomia. TC de controle não evidenciou lesão passível de tratamento cirúrgico, e essas crianças faleceram em um período de até sete dias do evento traumático. Os outros quatro pacientes tiveram normalização da PIC imediatamente após o procedimento cirúrgico, com retirada do monitor após 48h.

A evolução segundo GOS à época da alta hospitalar foi: GOS1 (3 pacientes), GOS2 (1 paciente), GOS3 (1 paciente), GOS4 (1 paciente), GOS5 (1 paciente). No seguimento de seis meses, mediante aplicação de questionário por telefone, identificou-se evolução para GOS5 dos pacientes que estavam em GOS2 e GOS3. Não se conseguiu seguimento do paciente que estava em GOS4.

Em relação aos quatro sobreviventes, armazenou-se o flape ósseo no tecido celular subcutâneo abdominal em três e desprezou-se o osso no outro paciente, por apresentar fratura cominutiva. O paciente 7 apresentou infecção da ferida abdominal, sendo necessário também desprezar seu flape ósseo. Portanto, dois casos receberam cranioplastia autóloga e dois cranioplastia heteróloga com acrílico.

Como complicação relacionada à CD houve coleção subdural (2), hidrocefalia (1) e infecção superficial da ferida abdominal (1). Os dois casos de coleção subdural foram acompanhados clinicamente, com a coleção desaparecendo após a cranioplastia. O caso de hidrocefalia se apresentou após quatro semanas, com abaulamento da área da craniectomia, que antes estava deprimida. TC revelou hidrocefalia comunicante, com transudação líquórica trans-ependimária. Optou-se pela ventriculo-peritonostomia com interposição de válvula de alta pressão. Cranioplastia heteróloga foi realizada após uma semana.

DISCUSSÃO

O papel da CD ainda não está claramente definido na literatura neurocirúrgica, com vários trabalhos

classe II e III sugerindo seu benefício^{1-3,9}. Há ainda heterogeneidade em relação às indicações, tempo de aplicação e técnica empregada, dificultando ainda mais sua análise objetiva. Há poucos relatos de casos analisando a aplicação da CD na população pediátrica⁵⁻⁸. Após exclusão ou remoção cirúrgica de hematomas ou outras lesões pós-traumáticas com efeito de massa, a prevenção de lesões secundárias é objetivo principal do tratamento intensivo do TCE grave pediátrico. Tumefação cerebral difusa ou contusões cerebrais múltiplas são as duas principais causas de morbi-mortalidade após o TCE grave na população pediátrica¹⁰. Relaciona-se a TmC e consequente HIC que ocorrem precocemente no período pós-traumático a um estado de hiperemia encefálica, ou seja, aumento do fluxo sanguíneo cerebral (FSC), ocorrendo frequentemente em crianças^{11,12}.

Protocolos têm sido propostos para direcionar as condutas no TCE grave pediátrico¹³, que incluem drenagem líquórica por cateter ventricular, hiperventilação moderada (pCO₂ mínimo de 30 mmHg) ou controlada (por cateterismo de bulbo da veia jugular) e manitol a 20% em bolus (exceto se osmolaridade sérica >320 mosmol/L), como medidas clínicas específicas aplicadas inicialmente no tratamento da HIC¹⁴. A drenagem líquórica por cateterismo ventricular não foi aplicada no presente trabalho. Por se tratar de pacientes com TmC unilateral e DLM, não indicamos a drenagem líquórica do ventrículo contralateral, evitando-se assim aumentar a diferença de pressão entre os dois compartimentos supra-tentoriais. A punção do ventrículo homolateral à TmC é difícil, requerendo muitas vezes a aplicação de cálculos estereotáxicos, nada prático em uma situação emergencial.

Nos casos de HIC refratária às medidas clínicas descritas, e redução da pressão de perfusão cerebral (PPC) a níveis críticos (<50 mmHg), a aplicação de medidas de segunda linha (second tier) é controverso, sem evidências classe I na literatura. As medidas clínicas de segunda linha (coma barbitúrico e hipotermia) baseiam-se na manutenção de um FSC adequado, com alguns resultados positivos em adultos^{15,16}. Como o FSC é idade-dependente na população pediátrica (variação normal de 40 a > 100 mL/100g/min)¹⁷, hiperemia encefálica absoluta só poderia ser definida em uma variação muito restrita de idade. Níveis de FSC de adultos não podem nortear o tratamento intensivo do TCE na população pediátrica⁷. Chambers e Kirkham afirmaram não ser possível determinar um nível "seguro" de PPC na população pediátrica, favorecendo portanto a redução da PIC como objetivo principal no tratamento do TCE pediátrico grave. Levantaram

Tabela 3. Séries publicadas.

Autor	N. pacientes	Idade (anos)	Tempo da CD	Complicações
Figaji et al. (2003)	5	4 a 12	Precoce	Não relatado
Hejazi et al. (2002)	7	3 a 15	Precoce	Não relatado
Taylor et al. (2001)	13	4 a 15	Precoce	Não relatado
Ruff et al. (2003)	6	não relatado	Precoce	Não relatado
Reithmeier et al. (2005)	1	10	Tardia	Não relatado
Faleiro et al. (2006) presente série	7	2 a 17	Ultra-precoce, precoce e tardia	Coleção subdural (2), hidrocefalia (1) e infecção superf. (1)

CD, craniectomia descompressiva.

ainda a necessidade de um estudo controlado comparando CD precoce e tardia em crianças¹⁸. Concordamos ser a HIC o alvo principal a ser controlado na população pediátrica, desde que a PPC seja mantida a níveis satisfatórios (percentil 50 para idade específica).

Vários autores afirmaram benefícios em se aplicar a CD precocemente, mas a definição do que seria "precoce" permanece obscura⁶⁻⁸. No atual estudo definiu-se arbitrariamente a CD como ultra-precoce (<6h), precoce (6-12h) e tardia (>24h). Reithmeier et al. relataram caso de CD tardia, no oitavo dia após o evento do trauma¹⁹. Dados disponíveis sobre as poucas séries de CD em crianças e adolescentes, incluindo estudo atual, encontra-se resumida na Tabela 3.

A pequena série aqui apresentada é heterogênea, com idade variando de 2 a 17 anos. Crianças menores de dois anos apresentam particularidades que devem ser valorizadas, como perda sanguínea, crescimento craniano (cranioplastia autóloga x heteróloga), e plasticidade neuronal. Com número maior de casos, seria prudente subdividir os resultados e complicações por faixa etária.

A CD não é isenta de complicações. Guerra et al. relataram coleção subdural (26%), hidrocefalia (14%), crise convulsiva (7%) e infecção (2%). Polin et al. encontraram hidrocefalia em 28,5% dos casos que receberam CD para tratamento da HIC pós-traumática^{1,2}. Na presente série (total de 41 pacientes) houve quatro casos de hidrocefalia, sendo um em criança. A hidrocefalia é, portanto, frequente complicação após CD, com tratamento ainda não definido. Algumas são transitórias, mas outras necessitam ventriculoperitoniostomia. Preferimos utilizar válvula de alta pressão, para evitar depressão importante na área da CD.

Outro assunto que merece discussão quando estu-

damos a CD em crianças, principalmente as menores de dois anos de idade, é a cranioplastia. Várias são as técnicas empregadas (como banco de ossos, armazenar flape ósseo no tecido celular subcutâneo abdominal, metilmetacrilato, placa de titânio). Como evitamos próteses em crianças muito pequenas, avaliaremos as cranioplastias autólogas. Por não dispor de banco de ossos na instituição, sempre que possível armazenamos o flape ósseo no tecido celular subcutâneo abdominal. Frequentemente a cranioplastia é realizada precocemente e sem complicações, mas relatamos um caso de infecção da ferida abdominal com necessidade de se descartar o flape ósseo. Se fosse em criança menor de dois anos, haveria então um problema. Na maioria dos artigos de literatura estrangeira^{1-3,20} cita-se o banco de ossos como opção de escolha para armazenar o flape ósseo retirado na CD. Porém, Grant et al. relataram alta taxa (50%) de reabsorção sintomática (necessitando reoperação) em 40 casos de crianças e adolescentes submetidos à CD, com osso armazenado em banco de ossos²⁰. Outras técnicas podem estar associadas a taxa de reabsorção ainda maior, como por exemplo, a técnica de se autoclavar o osso, já que há uma denaturação das proteínas responsáveis pelo crescimento ósseo²¹. Missori et al. relataram esterilização em óxido de etileno do flape ósseo retirado²². Estudos maiores e controlados serão necessários para se definir a melhor técnica de cranioplastia nesta faixa etária.

São frequentes os relatos de melhora neurológica após a cranioplastia, com demonstração de melhora do FSC regional ao doppler²³⁻²⁶, reforçando a idéia dos efeitos deletérios da pressão atmosférica quando atua diretamente sobre o córtex cerebral. Valorizamos portanto a indicação de cranioplastia autóloga ou heteróloga, o mais precoce possível.

A presente análise constitui-se de casuística peque-

na e heterogênea, não sendo possível nenhuma aferição estatística. Foi possível, porém, tecer discussão sobre temas controversos e frequentes na prática diária de quem se dedica ao tratamento de crianças vítimas de TCE grave.

Conclui-se pela literatura consultada que a CD possui o seu papel no tratamento da HIC pós-traumática, mas suas indicações, tempo de aplicação e técnica ainda precisam ser definidas. Em relação à sua aplicação na população pediátrica, mais dados serão necessários para um consenso final, e um estudo multicêntrico provavelmente será necessário. Finalizando, a CD é técnica eficaz em reduzir a PIC, mas não é isenta de complicações.

Agradecimentos – Agradecemos a Dra. Denise Marques de Assis e a todos os plantonistas do Hospital João XXIII que participaram direta ou indiretamente na condução dos casos aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

- Guerra WKW, Gaab MR, Dietz H, Mueller JU, Piek J, Fritsch MJ. Surgical decompression for traumatic brain swelling: indications and results. *J Neurosurg* 1999;90:187-196.
- Polin RS, Shaffrey ME, Bogaev CA, et al. Decompressive bifrontal craniectomy in the treatment of severe refractory posttraumatic cerebral edema. *Neurosurgery* 1997;41:84-94.
- Hutchinson PJ, Kirkpatrick PJ. Decompressive craniectomy in head injury. *Curr Opin Crit Care* 2004;10:101-104.
- Bullock R, Chessnut RM, Clifton G. Guidelines for the management of severe head injury. The brain trauma foundation (New York), The American Association of Neurological Surgeons (Park Ridge, Illinois), and The joint section of neurotrauma and critical care, 1996.
- Bayir H, Kochanek PM, Clark RS. Traumatic brain injury in infants and children: mechanisms of secondary damage and treatment in the intensive care unit. *Crit Care Clin* 2003;19:529-549.
- Taylor A, Butt W, Rosenfeld J, et al. A randomized trial of very early decompressive craniectomy in children with traumatic brain injury and sustained intracranial hypertension. *Childs Nerv Syst* 2001;17:154-162.
- Ruf B, Heckmann M, Schroth I, et al. Early decompressive craniectomy and duraplasty for refractory intracranial hypertension in children: results of a pilot study. *Crit Care* 2003;7:133-138.
- Figaji AG, Fieggen, Peter JC. Early decompressive craniotomy in children with severe traumatic brain injury. *Childs Nerv Syst* 2003;19:666-673.
- Faleiro RM, Pimenta NJG, Faleiro LCM, Cordeiro AF, Maciel CJ, Gusmão SNS. Craniotomia descompressiva para tratamento precoce da hipertensão intracraniana traumática. *Arq Neuropsiquiatr* 2005;63:508-513.
- Marshall LF, Toole BM, Bowers SA. The national traumatic coma data bank: Part 2. Patients who talk and deteriorate: implications for treatment. *J Neurosurg* 1983;59:285-288.
- Sharples PM, Stuart AG, Mathews DSF, Synsley-Green A, Eyre JA. Cerebral blood flow and metabolism in severely head-injured children: Part 1. Relationship to age, Glasgow coma score, outcome, intracranial pressure and time after surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995;58:145-152.
- Cruz J, Nakayama P, Imamura JH, Rosenfeld KGW, Souza HS, Giorgetti GV. Cerebral extraction of oxygen and intracranial hypertension in severe, acute, pediatric brain trauma: preliminary novel management strategies. *Neurosurgery* 2002;50:774-780.
- Chiaretti A, Piastra M, Pulitanò S, et al. Prognostic factors and outcome of children with severe head injury: an 8-year experience. *Childs Nerv Syst* 2002;18:129-136.
- Rekate HL. Head injuries: management of primary injuries and prevention of secondary damage. *Childs Nerv Syst* 2000;17:632-634.
- Eisenberg H, Frankowski R, Contant C. Comprehensive central nervous system trauma centers: high dose barbiturate control of elevated intracranial pressure in patients with severe head injury. *J Neurosurg* 1988;69:15-23.
- Shiozaki T, Sugimoto H, Taneda M, et al. Effect of mild hypothermia on uncontrollable intracranial hypertension after severe head injury. *J Neurosurg* 1993;79:363-368.
- Susuki K. The changes of regional cerebral blood flow with advancing age in normal children. *Nagoya Med J* 1990;34:159-170.
- Chambers IR, Kirkham FJ. What is the optimal cerebral perfusion pressure in children suffering from traumatic coma? *Neurosurg Focus* 2003;15:1-6.
- Reithmeier T, Speder B, Pakos P, et al. Delayed bilateral craniectomy for treatment of traumatic brain swelling in children: case report and review of the literature. *Childs Nerv Syst* 2005;21:249-253.
- Grant GA, Jolley M, Ellenbogen RG, Roberts TS, Gruss JR, Loeser JD. Failure of bone-assisted cranioplasty following decompressive craniectomy in children and adolescents. *J Neurosurg (Pediatrics)* 2004;100:163-168.
- Iwama T, Yamada J, Imar S, et al. The use of frozen autogenous bone flaps in delayed cranioplasty revisited. *Neurosurgery* 2002;52:501-506.
- Missori P, Polli FM, Rastelli E, et al. Ethylene oxide sterilization of autologous bone flaps following decompressive craniectomy. *Acta Neurochir (Wien)* 2003;145:899-902.
- Sakamoto S, Eguchi K, Kiura Y, Arita K, Kurisu K. CT perfusion imaging in the syndrome of the sinking flap before and after cranioplasty. *Clin Neurol Neurosurg* 2005 in press.
- Kuo JR, Wang CC, Chio CC, Cheng TJ. Neurological improvement after cranioplasty- analysis by transcranial Doppler ultrasonography. *J Clin Neurosci* 2004;11:486-489.
- Winkler PA, Stummer W, Linke R, Krishnan KG, Tatsch K. Influence of cranioplasty on postural blood flow regulation, cerebrovascular reserve capacity, and cerebral glucose metabolism. *J Neurosurg* 2000;93:53-61.
- Hejazi N, Witzmann A, Pae P. Unilateral decompressive craniectomy for children with severe brain injury: report of seven cases and review of the relevant literature. *Eur J Pediatr* 2002;161:99-104.