

O Desenvolvimento do Sistema Venoso Cerebral - do Embrião à Estrutura Definitiva no Adulto



The Development of the Cerebral Venous System - from the Embryo to the Adult Definitive Structure

Leonor LOPES, Teresa PALMA, Isabel CRAVO, Cristina GONÇALVES, Marco BOUSENDE, João MARTINS PISCO
Acta Med Port 2012 Jul-Aug;25(S1):30-33

RESUMO

Introdução: O desenvolvimento humano consiste num processo contínuo, extremamente complexo com repetidos ciclos de crescimento, modulação e modificação. Apesar da intrincada complexidade, o normal desenvolvimento caracteriza-se por uma impressionante regularidade. Regularidade essa que se traduz em múltiplas vertentes, designadamente, cronológica, anatómica, topográfica e fisiológica. Por vezes, este desenvolvimento não se encontra totalmente finalizado por altura do parto, documentando-se adicionais alterações até à adopção da estrutura definitiva do adulto. O sistema venoso cerebral é um caso paradigmático.

Objectivo: Com base nesta premissa, os autores pretendem apresentar uma sinopse da organogénese específica do sistema venoso cerebral de modo a permitir uma correcta interpretação das estruturas vasculares, suas variantes anatómicas e melhor compreensão das relações topográficas e patológicas entre estruturas vizinhas.

Método e Resultados: Seguindo uma ordem esquemática e sintética serão apresentadas as linhas matrizes das principais etapas de formação das veias cerebrais do embrião à estrutura definitiva no adulto.

Conclusão: O estudo detalhado e pormenorizado dos diferentes estadios de desenvolvimento constitui um suplemento fundamental para o íntegro reconhecimento das estruturas anatómicas, correcta interpretação das variantes anatómicas e melhor compreensão das relações topográficas entre estruturas vizinhas. Numa frase, e segundo palavras de KL Moore, *Embryology illuminates anatomy* (a Embriologia ilumina a Anatomia).

ABSTRACT

Introduction: The human development consists of a continuous process where an uninterrupted pattern of extremely complex repetitive cycles of growth, modulation and modification take place. Despite this extreme complexity, the normal development is ordered by an impressive regularity, namely, in chronological, anatomical, topographic and physiological trends. In some organic systems, this development will not be totally ended by the time of birth. In this situation, further changes will have to take place until the adult definitive pattern is achieved. The cerebral venous system (CVS) is such a paradigm.

Purpose: The authors pretend to present a synopsis of the specific organogenesis of the cerebral venous system in order to allow a correct interpretation of the vascular structures, recognise the anatomical variations and better comprehend the topographic correlations between neighbouring structures.

Method and Results: Following a structured and synthetic order, the main guiding lines of the principal evolutionary steps will be presented from the first embryological stages until the final and definitive adult pattern.

Conclusion: The detailed study of the continuous development stages of the CVS constitutes a fundamental tool for the whole recognition of the anatomical structures, their correct interpretation and detection of possible variants as well as a better comprehension of topographic relationship between neighbouring structures. In other words and following KL Moore, *Embryology illuminates anatomy*.

INTRODUÇÃO

O aparelho circulatório está sujeito a numerosas e importantes adaptações ao longo do seu desenvolvimento.

Estas modificações vasculares, aparentemente complexas, regem-se por princípios lógicos. Efectivamente, tanto no embrião, como no adulto, a prioridade máxima é atribuída aos órgãos de maior actividade metabólica responsáveis pela sobrevivência, entre eles, os órgão de nutrição e excreção, respectivamente, o sistema arterial e o acoplado sistema venoso de drenagem. Do mesmo modo, a passagem da vida fetal para a vida autónoma é assinalada por uma marcada perturbação na repartição de funções e estas fazem-se acompanhar por profundas modificações circulatórias.¹

O desenvolvimento venoso segue um complexo padrão

de diferenciação morfológica caracterizado pela formação de redes capilares altamente irregulares e ulterior expansão de certos canais em veias definitivas. Enquanto as linhas venosas iniciais são bilaterais e simétricas, as estruturas definitivas, pelo contrário, são ímpares e localizadas à direita. Esta concentração do sangue venoso no hemisfério direito só é possível graças à existência de múltiplas anastomoses funcionantes. É esta origem multi-canal associada à multiplicidade opcional e adicional desenvolvimento aleatório factores contribuintes para a maior incidência de variantes anatómicas no sistema venoso do adulto, com destaque, ao nível do sistema venoso cerebral (SVC).²

Porém, o interesse pela organogénese específica do SVC despertou a curiosidade dos académicos apenas no

L.L., T.P., I.C., C.G., M.B.: UCAN, Unidade Clínica Autónoma de Neurorradiologia, Hospital Prof. Dr. Fernando da Fonseca. Amadora. Portugal.

J.M.P.: Serviço de Radiologia, Hospital Pulido Valente. Centro Hospitalar Lisboa Norte. Lisboa. Portugal.

Copyright © Ordem dos Médicos 2012

princípio do século XX.

MATERIAL E MÉTODO

A primeira grande obra dedicada em exclusivo à descrição detalhada da embriogénese do SVC escrita por GL Streeter³ foi publicada em 1915 em complemento à investigação iniciada por FP Mall divulgada em 1905 na revista *American Journal of Anatomy* sob o título *On the development of the blood vessels of the brain in the human embryo*.

Esta compilação resulta da análise seriada de embriões com preparação específica para o estudo vascular com injeção com tinta-da-china ou azul de Berlim, posteriores secções e reconstruções em planos sagitais.

Este minucioso trabalho permitiu obter o primeiro registo documental do desenvolvimento embrionário do SVC com base na visualização directa, análise e identificação das respectivas estruturas vasculares e descrição dos sucessivos estádios de desenvolvimento.

Mais tarde, seguiram-se adicionais trabalhos de Padgett,^{4,5} Velut⁶ e, mais recentemente, Truitt⁷ que vieram corroborar os diferentes estádios de desenvolvimento. Apesar da nomenclatura empregue nem sempre ser totalmente sobreponível, as principais características inerentes às diferentes etapas de desenvolvimento respeitam a mesma ordem cronológica e prioridade.

Traço comum identificado em todas estas etapas de desenvolvimento é o por Streeter designado por fenómeno de ajustamento (*adjustment phenomena*) que consiste nas repetidas e necessárias adaptações registadas no SVC em

função das alterações estruturais encefálicas. Na verdade, a contínua modificação morfológica e respectivo aumento dimensional, em particular dos hemisférios cerebrais, exige um necessário ajustamento do SVC que se prolonga para lá do período embrionário.

A este propósito, importa realçar aqui a primeira referência ao conceito de Unidade Neurovascular e respectivo reconhecimento da sua importância. De facto, a investigação clínica recente vem reforçar a importância crescente do estudo embriológico centrado na Unidade Neurovascular, ao invés da análise detalhada e separada do sistema nervoso central (SNC) e SVC.⁸

RESULTADOS

É no embrião de eixo crânio-caudal (ECC) de quatro mm, ou correspondendo ao 30º dia, que se identifica a primeira rede venosa de drenagem denominada por veia primitiva, seio primitivo ou seio primário encefálico (SPE). Formada por uma camada endotelial única, esta estrutura encontra-se em posição mediana e topografia dural sendo, posteriormente, incluída na condensação mesenquimatoza conducente à formação da duramáter. Este seio recebe vários tributários ao longo de todo o seu percurso e drena uma rede venosa capilar por intermédio de três plexos duros: o anterior na região do prosencéfalo e mesencéfalo, o médio ou metencefálico e o posterior ou mielencefálico (Fig. 1A).

No estádio seguinte, quando o embrião apresenta ECC de 18 mm, documenta-se a evaginação lateral dos hemis-

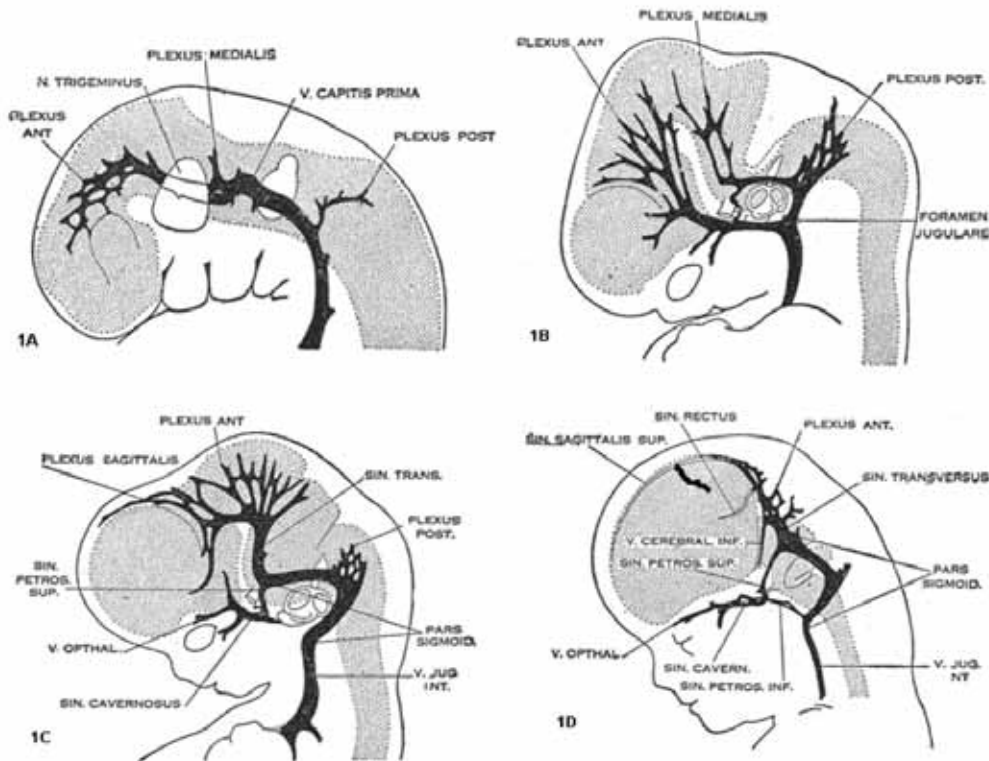


Fig. 1 - Ilustração esquemática das diferentes fases de desenvolvimento do SVC no embrião de ECC de 4 mm (1A), 18 mm (1B), 21 mm (1C) e 50 mm (1D). Adaptado de Streeter GL. The development of the venous sinuses of the dura mater in the human embryo. Am J Anat 1915;18:145-178.

férios cerebrais, a diferenciação telencefálica e diencefálica e a consequente formação da curvatura pântica. Por esta altura, ao contrário da rede vascular arterial em que já se identifica a maioria das estruturas, a rede venosa ainda se encontra longe do seu aspecto definitivo.

Quanto ao plexo dural anterior, este drena TRÂ principais estruturas venosas.

Por um lado, o seio marginal primitivo (SMP) ou veia marginal de Markowski,^a neste momento duplo e futuro seio longitudinal superior (SLS). Por outro lado, a veia telencefálica que drena o esboço do corpo estriado e que se transformará no seio tentorial, futuro seio eseno-parietal de Breschet.^b Por último, a veia diencefálica ventral de trajecto mais curto (Fig. 1B).

A avaliação do embrião com ecocardiograma (ECC) de 21 a 29 mm ou entre o 52º e 60º dia fica marcada por um momento de charneira no desenvolvimento da drenagem venosa. Aspecto assinalado pelo deslocamento do SMP que adopta posição mediana e se une ao seu homólogo contralateral formando um plexo sagital que dará origem ao SLS e seu derivado, o seio longitudinal inferior (SLI). No seu segmento distal receberá o futuro seio recto (SR).

A veia prosencefálica mediana tem papel fulcral na drenagem coroideia e não do parênquima. Ela contribui, com o seu segmento distal, na formação do SR, enquanto o restante segmento involui normalmente no feto de 40 mm (dois meses e meio) sendo substituído pelo par de veias cerebrais internas.

O plexo dural anterior involui, acabando por desaparecer. Por sua vez, o plexo dural médio dará origem ao seio petroso superior, unindo-se ao futuro seio cavernoso. Por esta altura, as veias encefálicas apresentam uma angio-arquitetura intermédia entre o padrão embrionário e o adulto (Fig. 1C).

O processo de desenvolvimento progride e, por altura do embrião de ECC de 50 mm, o sistema venoso apresenta uma rede anastomótica bastante próxima da final. De facto, por esta altura é possível reconhecer um sistema de drenagem superficial onde se identifica uma importante anastomose entre o SLS e a veia sílvica superficial designada por veia de Trolard.^c

De igual modo, o sistema venoso dural se encontra formado, sendo que o segmento terminal ou jugular é o primeiro a ficar definitivamente estabelecido e, por último, o sistema venoso profundo (Fig. 1D).

Posteriormente, ao atingir os 60 a 80 mm de ECC por volta do terceiro mês, o feto duplicou de volume. É nesta altura que se formam as veias cerebrais basais de Rosenthal.^d

a Józef Antoni Markowski (1874-1947), anatomista polaco. Dedicou-se ao estudo da anatomia descritiva e comparativa do SNC, dos seios venosos derais e veias cerebrais.

b Gilbert Breschet (1784-1845), anatomista francês. Desenvolveu extenso estudo anatómico das veias cerebrais e raquidianas, bem como, do sistema vestibulo-acústico dos vertebrados.

c Jean Baptiste Paulin Trolard (1842-1910), anatomista francês. Reconhecido pelo importante contributo na investigação das veias anastomóticas da circulação cerebral.

d Friedrich Christian Rosenthal (1780-1829), anatomista alemão. Ficou associado à descrição da veia basal de Rosenthal e do canal espiral da cóclea (*canalis spiralis cochleae*).

A sua formação complexa deriva da união das colaterais das veias diencefálicas com as veias mesencefálicas ventrais e a veia estriada inferior. É esta origem tripla que justifica as grandes variações de calibre da veia basal no adulto. É esta nova via venosa, mais curta, que drena o sangue venoso profundo do seio tentorial em direcção ao SR.

Assim sendo, daqui em diante, a drenagem venosa cerebral interna passa necessariamente pelo SR.

A doutrina mais avalizada e igualmente reforçada por Velut tem defendido que, aos três meses de desenvolvimento, o sistema venoso encefálico fetal adquiriu a sua aparência adulta.

No entanto, estudos desenvolvidos por Yokota⁹ numa amostra de 80 fetos vieram revelar que a veia de Galeo não está totalmente desenvolvida aos quatro meses de idade gestacional (ECC 80-120 mm) e que a origem do SR nasce da confluência da veia cerebral interna, veia talâmica posterior e veia basal. Com base nestes dados os autores defendem, pelo contrário, que é apenas aos seis meses de idade gestacional, quando o feto adquire um ECC de cerca de 170-210 mm e associado ao desenvolvimento do esplénio do corpo caloso, que a veia de Galeno adquire então a configuração próxima do adulto.

Do mesmo modo, o SR também não se encontra totalmente desenvolvido aos quatro meses, altura em que apresenta um trajecto no sentido horizontal. O seu calibre vai aumentando progressivamente à medida que se regista uma inclinação postero-inferior do seu trajecto associada à descida posicional da tórula, por sua vez, secundária ao crescimento encefálico.

Por esta altura, o SLS permanece parcialmente plexiforme bifurcando no seu segmento parietal posterior num ramo esquerdo e outro direito. Estes ramos do SLS, em associação com o ST, desenham uma rede vascular triangular denominada por triângulo da tórula ou lagar de HERÓFILO.^e

É neste primitivo plexo vascular torcular que se origina o seio occipital (SO) que regista um aumento dimensional máximo entre o quarto e quinto mês de gestação. Constituído por cinco a sete canais venosos, eles regredem em número e calibre por fusão ou involução. Perto do sexto e sétimo mês de gestação, apenas são reconhecidos alguns SO mais proeminentes. Esta variação dos SO está relacionada com a resposta fisiológica ao aumento da drenagem venosa do espaço intracraniano para o extra-craniano.¹⁰

Neste mesmo período, com um feto de seis meses ou de ECC de 170-210 mm, o SLS apresenta um calibre mais uniforme. Por outro lado, assiste-se à descida do ST com manutenção da sua morfologia fusiforme e progressivo aumento luminal. Quanto ao SLI, este não opacifica antes dos oito meses de gestação ou ECC de 260-290 mm.

e Herófilo de Alexandria (335-280 AC), médico grego. Ficou conhecido como o pai da anatomia científica porque foi o primeiro a utilizar a dissecação do corpo humano para a base das suas conclusões. Foi o primeiro a reconhecer que as artérias continham sangue e não ar, diferenciando-as das veias. Descreveu o pulso em função do batimento cardíaco e não como uma propriedade inerente das artérias. Estudou o cérebro, reconhecendo-o como o centro do sistema nervoso.

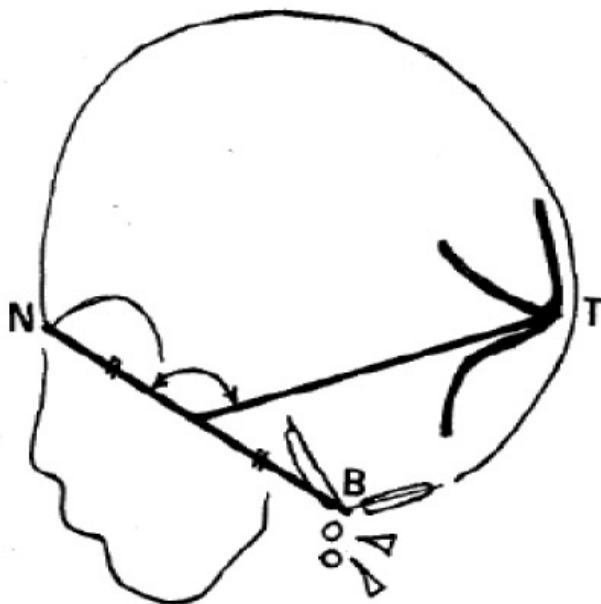


Fig. 2 - Registo da descida da posição da tórcula com base na medição do ângulo base-tórcula. Adaptado segundo Yokota A et al. Structures and Development of the Venous System in Congenital Malformations of the Brain. *Neuroradiology* 1978;16:26-30.

Pelo exposto, fica demonstrada a descida gradual da tórcula em acompanhamento do crescimento fetal. Este movimento pode ser quantificado pela medição do ângulo base-tórcula que corresponde ao ângulo formado entre a linha de união do nasion ao basion e a linha entre a tórcula e o ponto médio da linha nasion-basion. O período de maior descida é observado entre os três e seis meses de idade gestacional. Aos 8 meses este ângulo encontra-se perto dos 150° , valor próximo ao esperado no grupo pediátrico (Fig. 2).

Semelhante constatação foi documentada por Jeffery¹¹ baseada num estudo em que defende que a rotação postero-inferior da tenda do cerebelo é contemporânea com o aumento do volume supra-tentorial. Ele registou esta variação temporal entre 10^a semana e a 29^a semana gestacional.

Da sucessão de fenómenos adaptativos que se vem de

referir, poderemos afixar que, uma vez concluída a formação base da angio-arquitetura venosa cerebral, ainda se registam subseqüentes alterações, não só no recém-nascido, como no grupo etário pediátrico até, finalmente, alcançar a configuração anatómica definitiva do adulto. Estas, por sua vez, são mais patentes ao nível da fossa posterior. Aspecto decorrente dos princípios previamente registados, a nomear, o crescimento volumétrico encefálico supra-tentorial, para além da aquisição da postura bípede da criança para início da locomoção. Esta alteração posicional determina um necessário aumento da drenagem venosa para o plexo venoso vertebral com concomitante diminuição do fluxo de drenagem para a jugular interna podendo determinar a diminuição em tamanho e número dos SO na criança e adulto.¹²

CONCLUSÃO

O conhecimento das diferentes etapas de desenvolvimento do SVC é essencial para o reconhecimento das estruturas venosas e suas variantes com conseqüentes implicações diagnósticas e terapêuticas. Apesar de haver ainda muito a aprender quanto à embriologia da circulação venosa intracraniana, muitos destes caminhos já foram desvendados.

Após esta exposição sumária do desenvolvimento específico do sistema venoso cerebral e seguindo a máxima de MOORE *Embryology illuminates anatomy*, estão agora reunidos os elementos necessários para uma melhor compreensão da anatomia do sistema venoso cerebral dando particular ênfase às inúmeras variantes anatómicas.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram a inexistência de conflitos de interesse.

FONTES DE FINANCIAMENTO

Os autores declaram a inexistência de fontes de financiamento.

NOTA EDITORIAL

O presente Suplemento foi realizado mediante encomenda pela Sociedade Portuguesa de Neuroradiologia, entidade jurídica sem fins lucrativos.

REFERÊNCIAS

- Gray HF, Carter HV. Gray's Anatomy. Anatomy, Descriptive and Surgical. 15^a edição, Nova Iorque, Barnes & Noble 1995;572-584.
- Harnsberger HR, Osborn AG, MacDonald AJ, [Inserir aqui outros três autores], et al. Diagnostic and Surgical Imaging Anatomy. Brain, Head & Neck, Spine. Salt Lake City, Amirsys 2006;333-377.
- Latarjet M, Liard AR. Anatomia Humana. Volume I. Buenos Aires, Editorial Panamericana 1983;222-234.
- Widjaja E, Shroff M, Blaser S, Laughlin S, Raybaud C. 2D Time-of-Flight MR Venography in Neonates: Anatomy and Pitfalls. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006;27:1913-1918.
- L TESTUT, A LатарJET. Tratado de Anatomia. Angiologia, Sistema Nervioso Central. Volume II. Barcelona, Salvat Editores 1976;431-433.
- Gray HF, Carter HV. Gray's Anatomy. Anatomy, Descriptive and Surgical. 15^a edição, Nova Iorque, Barnes & Noble 1995;620.
- Widjaja E, Griffiths PD. Intracranial MR Venography in children: Normal Anatomy and Variations. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1557-1562.
- Valente M, Valente KD, Sugayama SS, Kim CA. Malformation of cortical and vascular development in one family with parietal foramina determined by an ALX4 homeobox gene mutation. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1836-1839.
- Osborn AG, Hedlund GL, Blaser SI, [Inserir aqui outros três autores], et al. Diagnostic Imaging: Brain. Salt Lake City, Amirsys 2004;146.
- Ryu CW. Persistent Falcine Sinus: Is it really rare? *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31:367-369.
- Gray HF, Carter HV. Gray's Anatomy. Anatomy, Descriptive and Surgical. 15^a edição, Nova Iorque, Barnes & Noble 1995;578.