

NEURORADIOLOGIA

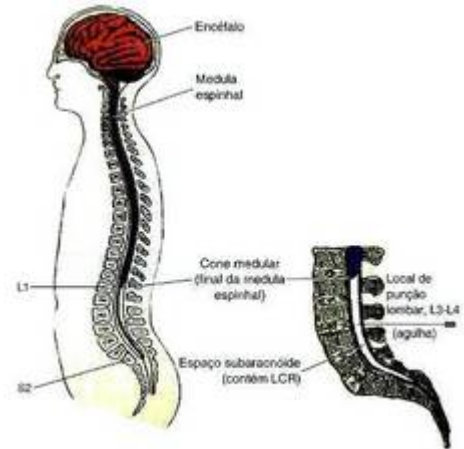
(Professores Mariana e Guilherme Muniz)

A avaliação radiológica bem-sucedida do cérebro e de outros conteúdos cranianos exige conhecimento metucioso da anatomia, histopatologia e das tecnologias disponíveis. Apenas o pensamento crítico, com sólidas bases de neuroanatomia e neuropatologia, pode levar ao diagnóstico correto nos casos difíceis.

Ao contrário da maioria dos órgãos do corpo, o cérebro não é constituído somente por um ou alguns tipos de tecido, e sim, por numerosos tecidos, cada um dos quais com importância funcional e suscetibilidade diferente a vários processos mórbidos. Do ponto de vista clínico, a compreensão plena das três camadas meníngeas é importante.

CONSIDERAÇÕES NEUROANATÔMICAS

Deve-se conhecer a anatomia macroscópica geral do encéfalo e do sistema nervoso central antes de se aprender anatomia seccional da forma que é vista em seções ou cortes de tomografia computadorizada, por exemplo. O sistema nervoso central pode ser dividido em duas divisões principais: (1) o encéfalo, que ocupa a cavidade do crânio, e (2) a medula espinhal sólida, que se estende inferiormente a partir do encéfalo e é protegida pela coluna vertebral óssea. A medula espinhal sólida termina no bordo inferior de L1, em uma área afilada chamada de cone medular. Extensões de raízes nervosas da medula espinhal, entretanto, se continuam para baixo até o primeiro segmento coccígeo. O espaço subaracnoide se continua para baixo até o segundo segmento sacro (S2).



ENVOLTÓRIOS DO ENCÉFALO E MEDULA ESPINHAL – MENÍNGES

Tanto o encéfalo quanto à medula espinhal são envolvidos por três envoltórios ou membranas protetores denominados **meninges**. Iniciando-se externamente, são elas (1) a dura-máter, (2) a aracnóide e (3) a pia-máter.

- **Dura-máter:** A membrana mais externa é a dura-máter, que significa mãe firme ou "dura". Esse envoltório forte e fibroso do encéfalo tem uma camada interna e uma camada externa. A camada externa da dura-máter é firmemente fundida com a camada interna, exceto por espaços que são fornecidos para grandes canais de sangue venoso chamados seios venosos ou seios da dura-máter. A camada externa é aderida estreitamente à tábua interna do crânio. As camadas internas da dura-máter abaixo desses seios unem-se para formar a foixe do cérebro, conforme é vista em varreduras de TC estendendo-se para baixo para dentro da fissura longitudinal entre os dois hemisférios cerebrais.
- **Pia-máter:** A mais interna dessas membranas é a pia-máter, que significa literalmente "mãe terna". Essa membrana é muito fina e bastante vascularizada, e repousa próximo ao encéfalo e à medula espinhal. Ela envolve toda a superfície do encéfalo, mergulhando dentro de cada uma das fissuras e sulcos.
- **Aracnóide:** Entre a pia-máter e a dura-máter encontra-se uma delicada membrana avascular chamada aracnóide-máter. Trabéculas delicadas semelhantes a teias de aranha fixam a membrana aracnóide à pia-máter, daí o termo "mãe aranha".

Imediatamente exterior a cada camada meníngea encontra-se um espaço potencial. Assim, há três desses espaços potenciais: (1) o espaço epidural, (2) o espaço subdural e (3) o espaço subaracnoide.

- **Espaço epidural:** Exteriormente à dura-máter, entre a dura e a tábua interna do crânio, encontra-se um espaço potencial denominado espaço epidural.
- **Espaço subdural:** Abaixo da dura-máter, entre a dura e a aracnóide, encontra-se um espaço estreito chamado espaço subdural, que contém uma mínima quantidade de líquidos e vários vasos sanguíneos. Tanto o espaço epidural quanto o espaço subdural são sítios potenciais para hemorragia após trauma craniano.
- **Espaço subaracnoide:** Abaixo da membrana aracnóide, entre a aracnóide e a pia-máter, encontra-se um espaço comparativamente amplo, chamado espaço subaracnoide. Tanto o espaço subaracnoide do encéfalo quanto o da medula espinhal são normalmente preenchidos por líquido cefalorraquidiano (LCR).

TRONCO ENCEFÁLICO

A combinação de mesencéfalo, ponte e bulbo forma o tronco encefálico, que passa através da grande abertura na base do crânio, o forame magno, para se tornar à medula espinhal.

CÉREBRO

A camada de superfície de todo o cérebro, com cerca de 2 a 4 mm de espessura, é chamada de córtex cerebral. Como se pode ver, o cérebro, que ocupa a maior parte da cavidade craniana, é dividido em dois hemisférios que, por sua vez, são subdivididos, cada um, em cinco lobos.

Os quatro lobos mais superficiais repousam abaixo dos ossos cranianos de mesmo nome. O lobo frontal repousa sob o osso frontal, como o lobo parietal sob o osso parietal. De forma semelhante, o lobo occipital e o lobo temporal repousam sob os seus respectivos ossos cranianos. O quinto lobo, chamado de ínsula, ou lobo central, está localizado mais centralmente (profundamente aos lobos frontais e temporais) e só pode ser visto em cortes especiais.

HEMISFÉRIOS CEREBRAIS

O cérebro é parcialmente separado por uma fissura longitudinal profunda ao longo do plano médio-sagital. A fissura divide o cérebro em hemisférios cerebrais direito e esquerdo. A superfície de cada hemisfério cerebral é marcada por numerosos sulcos e circunvoluções, que são formados durante o rápido crescimento embrionário dessa porção do encéfalo. Cada circunvolução ou área elevada é chamada de giro.

Dois desses giros que podem ser identificados em radiografias seccionais por TC são o giro pré-central e o giro pós-central, conforme mostrado de cada lado do sulco central. Um sulco é uma fenda rasa, e o sulco central, que divide os lobos frontal e parietal do cérebro, é um ponto de referência usado para identificar áreas sensoriais específicas do córtex. Um sulco mais profundo é chamado de fissura, como a fissura longitudinal profunda que separa os dois hemisférios. O corpo caloso, localizado profundamente dentro da fissura longitudinal consiste em uma massa arqueada de fibras transversais (substância branca) conectando os dois hemisférios cerebrais.

VENTRÍCULOS CEREBRAIS

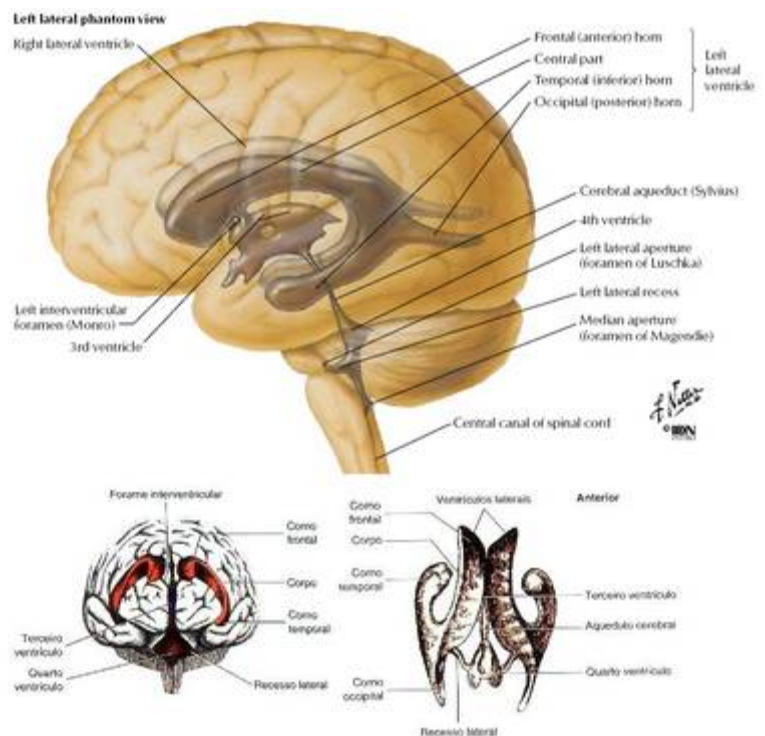
Um entendimento completo dos ventrículos cerebrais é importante para a tomografia computadorizada de crânio porque eles são imediatamente identificados em cortes seccionais por TC.

O sistema ventricular do encéfalo é conectado ao espaço subaracnoide. Há quatro cavidades no sistema ventricular. Essas quatro cavidades são preenchidas com líquido cefalorraquidiano (LCR) e se interconectam através de pequenos tubos.

Os ventrículos laterais direito e esquerdo estão localizados nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo e apresentam para estudo anatômico as seguintes partes: corno frontal (anterior), parte central, corno temporal (inferior) e o corno occipital (posterior). O terceiro ventrículo é um ventrículo único, localizado centralmente e inferiormente aos ventrículos laterais. O quarto ventrículo também é um ventrículo único, localizado centralmente, imediatamente inferior ao terceiro ventrículo.

O LCR é formado em todo o sistema ventricular, em leitos capilares especializados denominados plexos coróides, que filtram o sangue para formar LCR. Cerca de 150 ml de LCR estão presentes dentro e ao redor de todo o SNC apesar de até 500 ml de LCR serem formados diariamente, com o balanço sendo reabsorvido dentro do sistema circulatório venoso.

- **Ventrículos laterais:** Cada ventrículo lateral é composto de quatro partes. As vistas superior e lateral demonstram que cada um dos ventrículos laterais tem um corpo localizado centralmente e três projeções ou cornos estendendo-se a partir do corpo. O corno frontal ou porção anterior se dirige para a frente. O corno occipital ou porção posterior se dirige para trás, e o corno temporal ou porção inferior se estende inferiormente. Os dois ventrículos laterais estão localizados de cada lado do plano médios sagital dentro dos hemisférios cerebrais e são imagens especulares um do outro. Certos processos patológicos, tais como uma lesão expansiva, alteram a aparência simétrica do sistema ventricular conforme visto em radiografias de TC.
- **Terceiro ventrículo:** cada um dos ventrículos laterais se conecta com o terceiro ventrículo através de um forame interventricular. O terceiro ventrículo está localizado na linha média e tem uma forma aproximada de quatro lados.



Ele repousa logo abaixo do nível dos corpos dos dois ventrículos laterais. A glândula pineal está fixada ao teto da parte posterior do terceiro ventrículo, diretamente acima do aqueduto cerebral, o que causa um recesso na parte posterior desse ventrículo.

- **Quarto ventrículo:** a cavidade do terceiro ventrículo se conecta póstero-inferiormente com o quarto ventrículo através de uma passagem conhecida como aqueduto cerebral. O quarto ventrículo, em forma de diamante, se conecta com uma ampla porção do espaço sub-aracnóide chamada cisterna cerebello-bulbar. De cada lado do quarto ventrículo encontra-se uma extensão lateral denominada recesso lateral que também se conecta com o espaço sub-aracnóide através de uma abertura ou forame.

Uma vista superior dos ventrículos demonstra a relação do terceiro e quarto ventrículos com os dois ventrículos laterais. O terceiro ventrículo é visto apenas como uma fenda estreita e mediana repousando na linha média entre os corpos dos ventrículos laterais, abaixo deles. O aqueduto cerebral é claramente mostrado conectando o terceiro ventrículo ao quarto ventrículo. O recesso lateral é mostrado de cada lado do quarto ventrículo, fornecendo uma comunicação com o espaço sub-aracnóide.

CEREBELO

O cerebelo ocupa a porção principal da fossa craniana inferior e posterior. No adulto, a proporção de tamanho entre o cérebro e o cerebelo é de cerca de oito para um.

O cerebelo tem a forma aproximada de uma borboleta e consiste em hemisférios direito e esquerdo, unidos por uma estreita faixa mediana, o vermis. Na direção da extremidade superior da superfície anterior encontra-se a incisura cerebelar anterior, ampla e rasa. O quarto ventrículo está localizado dentro da incisura cerebelar anterior, separando a ponte e o bulbo do cerebelo. Inferiormente, ao longo da superfície posterior, os hemisférios cerebelares são separados pela incisura cerebelar posterior. Uma extensão da dura-máter, chamada foice do cerebelo, está localizada dentro da incisura cerebelar posterior. O cerebelo primariamente coordena as funções motoras importantes do corpo, tais como coordenação, postura e equilíbrio.

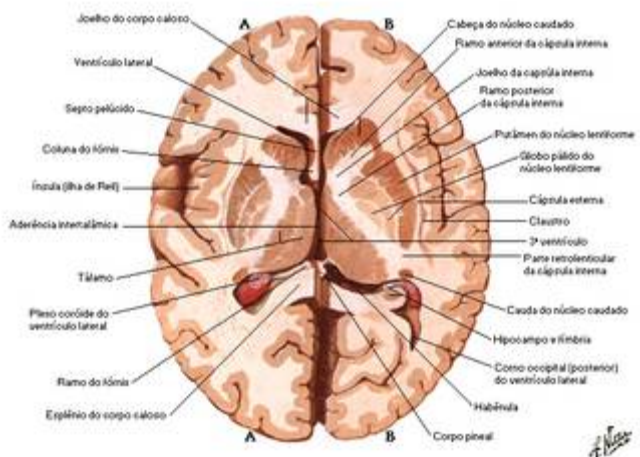
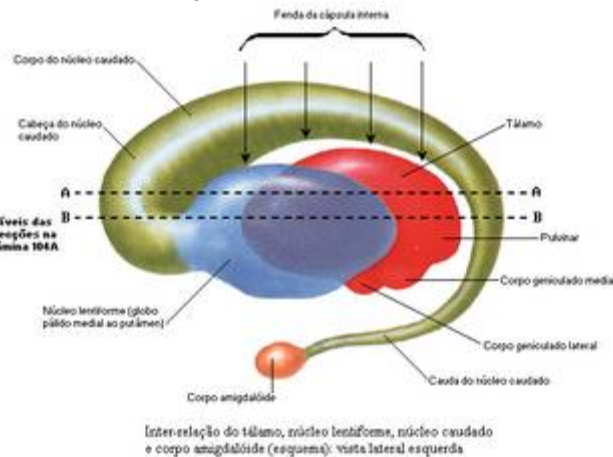
SUBSTÂNCIA BRANCA x SUBSTÂNCIA CINZENTA

O sistema nervoso central pode ser dividido pela aparência em substância branca e substância cinzenta. A substância branca no encéfalo e na medula espinhal é composta de tratos, que consistem em feixes de axônios mielinizados. Axônios mielinizados são aqueles axônios envolvidos em uma bainha de mielina, uma substância gordurosa que tem uma cor branca cremosa. Logo, os axônios compreendem a maior parte da substância branca. A substância cinzenta é composta principalmente de dendritos neuronais e corpos celulares.

A substância cinzenta forma o córtex cerebral externo, enquanto o tecido cerebral sob o córtex é substância branca. Essa massa subjacente de substância branca é chamada de centro semi-oval. Profundamente no interior do cérebro, inferiormente a esse nível, encontra-se mais substância cinzenta, denominada núcleos cerebrais, ou gânglios da base. Pelo fato de uma varredura computadorizada craniana poder diferenciar entre substância branca e cinzenta, um corte através dos núcleos cerebrais fornece uma riqueza de informações diagnósticas. As áreas de substância branca incluem o corpo caloso e o centro semi-oval. As áreas de substância cinzenta incluem os núcleos cerebrais, o tálamo e o córtex cerebral.

NÚCLEOS DA BASE

Os núcleos cerebrais, ou gânglios da base, são coleções emparelhadas de substância cinzenta localizadas profundamente em cada hemisfério cerebral. Há quatro áreas específicas ou agrupamentos desses núcleos cerebrais, são elas: (1) o núcleo caudado, (2) o núcleo lentiforme, composto pelo putâmen e pelo globo pálido, (3) o cláustro e (4) o núcleo ou corpo amigdalóide.



TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS

O conhecimento das tecnologias de neuroimagem é útil em três aspectos relevantes. Um radiologista clínico enfrenta, com frequência, o dilema de escolher o melhor ou o primeiro procedimento de imageamento para avaliação de um paciente com determinada história, sinais e sintomas. O radiologista precisa ajustar qualquer exame a melhor demonstração de anatomopatologia. Além disso, deve conhecer os pontos fracos e fortes, e, especialmente, os artefatos de cada tecnologia, a fim de interpretar corretamente os achados.

Tendo em vista o grande número (sempre em expansão) e a complexidade das tecnologias – ultrassonografia, TC, angiografia, cintilografia e, sobretudo, novas técnicas de RM – o parecer de um especialista em neurorradiologia é, com frequência, bastante valioso.

Contudo, atualmente, para o estudo neurorradiológico, dois exames são majoritariamente utilizados: a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância nuclear magnética (RNM). As radiografias simples nos disponibilizam informações pouco sensíveis e, para algumas patologias, pouco específicas.

A excepcional resolução e contraste, a capacidade multiplanar, a possibilidade de ajustar o exame para enfatizar as diferentes características teciduais, e a falta de efeitos prejudiciais tornam a RNM a técnica preferida para a avaliação diagnóstica da maioria dos pacientes com doenças neurológicas. Exceções importantes, em que a TC continua a ser a técnica de escolha para o exame inicial, são: (1) a avaliação dos pacientes após traumatismos agudos; (2) daqueles com suspeita de hemorragia intracraniana aguda; (3) dos pacientes com doenças que afetam basicamente a base do crânio e a calota craniana; e (4) daqueles com contraindicações à RNM, a qual continua a ser um instrumento diagnóstico importante e extremamente útil por causa de sua velocidade, disponibilidade e alta resolução.

Existem muitas formas diferentes de realizar uma TC, e, como na RNM, cada exame deve ser ajustado para otimizar as informações clínicas de um determinado caso. Os parâmetros que variam são a espessura do corte, plano de imageamento, técnica radiológica (corrente do tubo e tempo de corte), filtro de reconstrução, uso de contraste, utilização de imageamento espiral e as janelas usadas para a impressão das imagens. Boas informações clínicas e decisões cuidadosas são necessárias para planejar o imageamento, a fim de obter o tratamento ideal para o paciente.

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Por se tratar de um método bastante útil e acessível, daremos ênfase ao exame de tomografia computadorizada. O propósito primário da tomografia computadorizada de crânio é fornecer um diagnóstico definitivo que geralmente não exige exames complementares para verificação. A TC de crânio, em muitas circunstâncias, fornece esse alto grau de confiabilidade. Trauma craniano agudo, por exemplo, pode resultar na formação de hematoma epidural ou subdural. Esse tipo de lesão pode ser diagnosticado rapidamente, com bastante precisão, por intermédio da TC de crânio.

Praticamente qualquer suspeita de processo patológico envolvendo o encéfalo é uma indicação para tomografia computadorizada de crânio. Algumas das indicações mais comuns para tomografia computadorizada de crânio incluem as seguintes:

- ✓ Suspeita de neoplasias, massas, lesões ou tumores encefálicos.
- ✓ Metástases encefálicas
- ✓ Hemorragia intracraniana
- ✓ Aneurisma
- ✓ Abscesso
- ✓ Atrofia cerebral
- ✓ Alterações pós-traumáticas (tais como hematomas epidurais e sub-durais)
- ✓ Alterações adquiridas ou congênitas

Para a realização deste exame, o paciente é colocado no aparelho de tomografia geralmente em posição supina para que sejam feitos cortes pouco inclinados da base do crânio até a calota craniana, abrangendo todo o encéfalo. A curta inclinação tem o intuito de proteger o cristalino da irradiação, bastante relacionada com a incidência de catarata precoce.



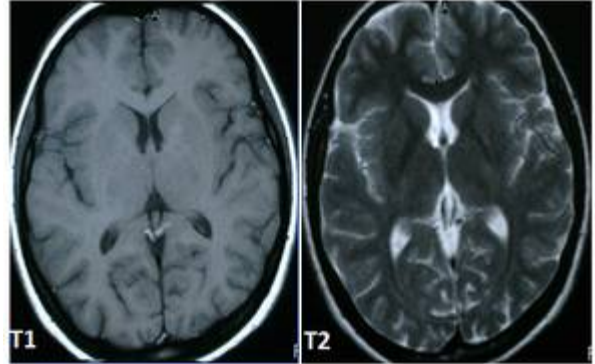
RESSONÂNCIA NUCLEAR MAGNÉTICA

A ressonância nuclear magnética (RNM, ou *MRI*, do inglês, *Magnetic Resonance Imaging*) ou, simplesmente, ressonância magnética (RM) permite a obtenção de imagens tomográficas do crânio sem a utilização de radiação ionizante, como faz a TC. Utilizando um imenso campo magnético acoplado a um emissor de radiofrequência, é possível provocar um fenômeno de “ressonância” nos prótons de alguns núcleos atômicos, como os núcleos de hidrogênio. Assim, pode ser medida a quantidade de núcleos (ou “densidade de núcleos”) de hidrogênio de determinados tecidos e, com os valores obtidos, o computador constrói uma imagem tomográfica de qualidade superior à obtida pela TC. Ao contrário do que ocorre na TC, as imagens de RM podem ser obtidas nos três planos: axial (horizontal ou transversal), coronal (ou frontal) e sagital.

Como na TC, a imagem da RM é construída pelo computador através de uma escala de sinal em que os extremos são o preto – que representa o menor valor de sinal da ressonância (hipossinal) – e o branco – que é o maior valor de sinal (hipersinal).

A RM pode obter variáveis sequências que permitem o estudo diferenciado dos tecidos e compartimento intracranianos, como substância cinzenta, substância branca e LCR, variam conforme as sequências obtidas. As primeiras sequências utilizadas foram as denominadas *spin-echo* (SE) T1 e T2. Além destas sequências de aquisição fundamentais, outras foram desenvolvidas, tais como: difusão; perfusão; FLAIR; T2* (gradiente eco); 3D TOF.

- **Sequência em T1:** é a que apresenta melhor definição anatômica nos três planos. Em T1, caracteristicamente, o LCR aparece preto (hipossinal), assim como o osso e o ar (sem sinal); a gordura aparece branca (hipersinal), como pode ser visto no couro cabeludo, nas órbitas e no tecido subcutâneo da face e do pescoço.
- **Sequência em T2:** não tem definição anatômica tão boa como T1, mas apresenta maior suscetibilidade às alterações teciduais. As sequências T2 são demoradas para serem obtidas: elas podem ser obtidas com dois ecos sucessivos, sendo o primeiro chamado de “densidade de prótons” (PD) e o segundo o T2 propriamente dito. Em T2, o LCR aparece branco (com hipersinal), enquanto a substância branca aparece preta (com hipossinal). A água também tem hipersinal em T2.
- **Sequência difusão (DW):** esta sequência leva em consideração a difusão da molécula de água no tecido cerebral, e mostra **hipersinal** quando o fluxo está lento em uma determinada área (fenômeno que ocorre na isquemia aguda). Portanto, a sequência de difusão é a melhor para definir a **área de necrose tecidual** em casos de AVC.
- **Perfusão:** esta sequência de aquisição de imagem da RNM é capaz de determinar o fluxo sanguíneo de uma determinada região do parênquima cerebral mediante a captação de contraste (gadolínico). Como na maioria dos exames há um padrão de cores predeterminado, geralmente a área normal se mostra vermelha (quente), enquanto que a área onde o processo de lesão isquêmica está se instalado se mostra azul (fria). Isso ocorre porque na área de lesão isquêmica o fluxo do contraste é lentificado. Já na área onde houve necrose, não há fluxo de contraste, e geralmente se mostra como uma zona escura ou azul, mesmo. Portanto, RNM ponderada em perfusão determina a área de **penumbra** em caso de isquemia cerebral.
- **T2* (T2-Estrela ou gradiente eco):** a sequência T2* ou gradiente eco é a mais sensível para definir se há hemorragias, provavelmente, de grande importância para determinar o potencial de transformação hemorrágica de uma lesão inicialmente isquêmica. A sequência T2* é, portanto, muito utilizada para se investigar presença de focos de sangue.
- **FLAIR:** a sequência FLAIR é a que define lesão constituída. Estudos atuais demonstram de que por meio desta sequência pode-se perceber se existe ou não lentificação sanguínea.
- **3D TOF:** a sequência 3D TOF é a que determina possíveis estenoses e oclusões vasculares.



O impacto do advento da RM de coluna vertebral nas doenças neurológicas foi tão grande quanto o da TC de crânio. Foi o primeiro exame a permitir a visualização direta da medula e das mielopatias e dos processos intra e extramedulares, como infecções, tumores e granulomas, entre outros.

Em resumo, as principais vantagens da RM com relação à TC são:

- ✓ Não utiliza radiação ionizante;
- ✓ Não necessita de contraste iodado;
- ✓ Melhor resolução espacial da imagem e maior disponibilidade de cortes;
- ✓ Maior sensibilidade a alterações teciduais;
- ✓ Melhor visualização da fossa posterior.

CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO NEURORRADIOLÓGICO

Como em qualquer tipo de estudo radiológico (ou anamnese e exame físico, a propósito), o método mais confiável de assegurar a obtenção e o registro de informações importantes é ter um padrão habitual para avaliar as imagens e reportar os resultados, o qual deve ser ajustado individualmente e ser bem apreciado, de modo que o indivíduo que o interprete tenha a maior probabilidade de encontrar todas as anormalidades significativas. É necessário saber, por exemplo, algumas considerações sobre o neuroimageamento do cálcio e do edema.

CALCIFICAÇÃO E OSSIFICAÇÃO INTRACRANIANA

Determinadas estruturas no crânio calcificam normalmente, enquanto outras calcificações visibilizadas na TC ou em outros exames têm importância patológica.

Nos adultos, quase sempre há calcificação da pineal e, em geral, calcificação das comissuras habenulares adjacentes. Entretanto, na TC a visualização de calcificação no corpo pineal é rara em indivíduos com menos de 6 anos de idade. A pineal calcificada normal varia até 10 ou 12 mm em seu maior diâmetro, mas costuma medir entre 3 e 5 mm. Quando existem calcificações com mais de 1 cm de diâmetro, deve-se suspeitar de uma anormalidade, como pineocitoma ou malformação arteriovenosa (MAV).

Calcificação de porções do plexo coróide visualizada na TC ocorre em quase todos os adultos e, com frequência, está presente em crianças. É mais verificada no *glomus* (nos átrios dos ventrículos laterais), mais pode ocorrer em qualquer outro ponto. Deve-se observar que o plexo coróide do quarto ventrículo estende-se através da abertura lateral do IV ventrículo (forame de Luschka) e, por isso, pode ser visualizada como “massa” calcificada ou realçada no ângulo cerebello-pontino.

EDEMA

Um aumento do volume de água nos tecidos cerebrais (edema) é sinal de muitos estados patológicos. Em geral, o líquido em excesso é basicamente intracelular (por causa de alguma agressão à célula) ou extracelular (em geral, relacionado à perda da barreira hematoencefálica e resultantes desvios de proteína e água do espaço intravascular para os espaços teciduais intercelulares).

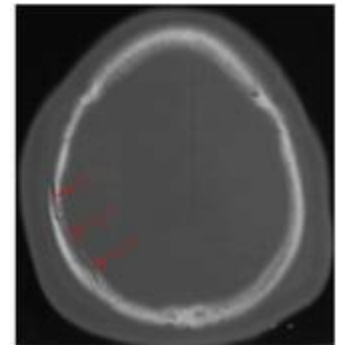
Por conseguinte, o primeiro foi denominado **edema citotóxico**, sendo encontrado nos casos de AVC (como áreas hipodensas, isto é, enegrecidas), lesões hipoxêmicas, como quase afogamento, cerebrite viral e edema cortical resultante de estado de mal epilético. O aumento de líquido extracelular denomina-se **edema vasogênico** e é, mais amiúde, associado a neoplasias metastáticas ou primárias, bem como a infecção.

O edema citotóxico é visualizado basicamente nos corpos das células neuronais (daí, substância cinzenta). Na TC, isso provoca a redução da densidade da substância cinzenta e, por este motivo, borrramento ou perda da distinção visível entre a substância cinzenta e a substância branca. Na RNM, observa-se hipossinal nas imagens ponderadas em T1 e hipersinal nas imagens ponderadas em T2, como em outros processos mórbidos que têm teor de água mais alto que o cérebro normal. Em contrapartida, o edema vasogênico é basicamente um fenômeno na substância branca, onde os espaços intercelulares são maiores (com exceção feita ao corpo caloso).

NEURORRADIOLOGIA CLÍNICA

- ✚ **Fratura:** podem ser identificadas na radiografia simples ou por TC. Neste exame, deve-se optar por um ajuste de janela para ossos, desconsiderando a imagem do parênquima cerebral. Em casos de fratura, observa-se uma solução de continuidade na calota craniana. As fraturas podem alinhadas ou podem ter afundamentos, sendo estas associadas a lesões mais graves.

OBS¹: É válido saber que o osso mais frágil do corpo humano é o osso etmóide, que compõe parte da fossa cerebral anterior e grande parte da parede medial da órbita; além disso, o osso mais resistente do corpo é a porção petrosa do osso temporal (tanto é que causa comum de insucesso em suicídios é o alojamento da bala nesta porção do osso quando o indivíduo tenta atirar, com uma arma de fogo, no próprio ouvido).



Fratura

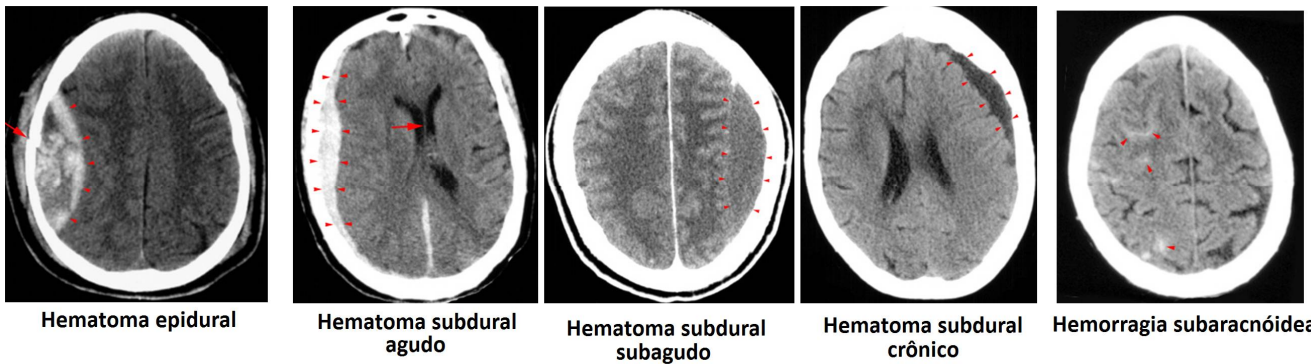
DOENÇAS VASCULARES

- ✚ **Hematoma epidural (extradural):** resulta de lesões das artérias ou veias menígeas. A divisão anterior da artéria menígea média é a artéria mais comumente lesada (estando ela relacionada com o ponto craniométrico denominado de *ptério*). Ocorre então sangramento capaz de descolar a camada menígea da dura-máter, previamente aderida à superfície interna do crânio. Radiologicamente, observamos uma coleção limitada hiperdensa (esbranquiçada), rente ao osso (possivelmente fraturado), de convexidade voltada para o parênquima cerebral (ou mesmo biconvexa). É válido ressaltar que esta coleção raramente se expande além das suturas cranianas, onde a dura-máter se encontra firmemente fixada. Para interromper a hemorragia, a artéria rota deve ser ligada ou ocluída. Muitas vezes, trata-se de uma situação emergencial.

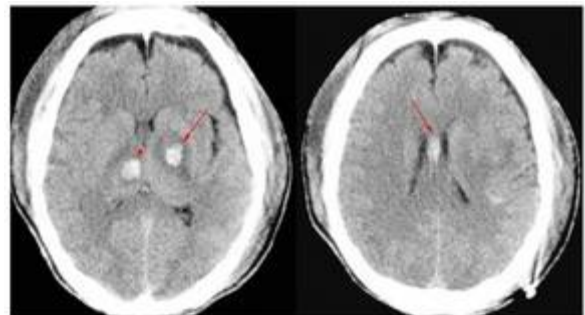
- ✚ **Hematoma subdural:** resulta da ruptura das veias cerebrais superiores (as chamadas *veias em ponte*) no ponto por onde entram no seio sagital superior. Sua causa é usualmente um golpe na frente ou no dorso da cabeça, causando deslocamento ântero-posterior excessivo do encéfalo dentro do crânio. Esta condição é muito mais comum que a hemorragia da artéria menígea média. Uma vez rompida as veias, o sangue sob baixa pressão começa a se acumular no espaço potencial entre a dura e a aracnóide. Radiologicamente, independente da cronologia do hematoma subdural, observaremos uma coleção, com concavidade voltada para o parênquima cerebral (em forma de meia-lua), que nunca passa da linha mediana. Contudo, dependendo da extensão do hematoma, podemos observar a compressão de estruturas cerebrais contra o plano mediano (*efeito em massa*). Cronologicamente, podemos observar algumas diferenças quanto ao comportamento do hematoma subdural:

- Hematoma subdural agudo: a coleção sanguínea apresenta-se hiperdensa (hiperatenuante ou esbranquiçada) devido à presença de ferro na hemoglobina. Neste estágio, geralmente não se opta por uma conduta cirúrgica, mas apenas a observação e acompanhamento do paciente.
- Hematoma subdural subagudo: a coleção sanguínea, à medida que evolui, se torna isodensa, isto é, apresenta características radiológicas semelhantes ao parênquima cerebral.
- Hematoma subdural crônico: com o decorrer do tempo, a coleção vai ganhando tonalidades mais escuras e se tornando hipodensa (hipoatenuante). Quando se injeta contraste, geralmente pode-se observar a aparição de septos.

✚ **Hemorragia subaracnóidea:** resulta de um traumatismo (principal causa), da ruptura de aneurisma congênito no polígono de Willis, ou, o que é menos comum, de malformação arteriovenosa (MAV). Os sintomas tem início abrupto e incluem cefaléia intensa, rigidez do pescoço e perda da consciência. O diagnóstico pode ser feito pela TC, onde não observaremos a formação de um hematoma, mas sim, de uma hemorragia, com depósito de sangue hiperdenso ao longo dos sulcos cerebrais, nas fissuras e nas cisternas. A coleta de líquido por punção lombar também serve como diagnóstico, uma vez que o LCR pode demonstrar-se colorido pelo sangue.

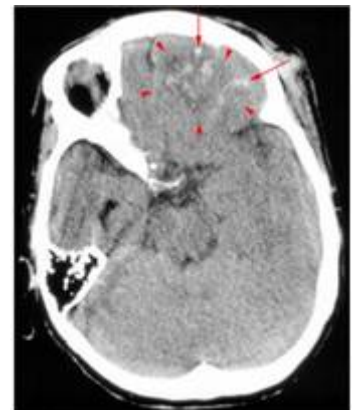


✚ **Lesão axonal difusa:** nesta condição, os axônios dos neurônios são difusamente lesionados pós-trauma. O que acontece é um cisalhamento fruto de uma desaceleração súbita, de modo que a substância branca, por onde transitam os axônios dos neurônios, é abruptamente tracionada da substância cinzenta. Na TC, podemos observar sangramentos na lesão axonal difusa na forma de uma hemorragia aguda. O local mais comum de lesão axonal difusa é a transição da substância cinzenta com a branca e, em segundo plano, na região dos núcleos da base, da cápsula interna e do corpo caloso.



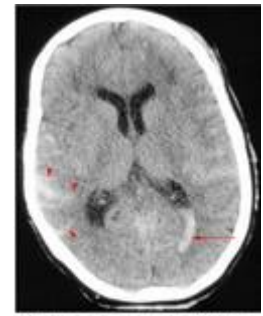
Lesão axonal difusa

✚ **Contusão cerebral:** condição geralmente causada devido a um impacto de uma estrutura mole com uma rígida como, como por exemplo, foice do tentório contra o osso. Portanto, na maioria dos casos, a contusão cerebral é acompanhada de histórico de trauma. Esta condição causa uma contusão no parênquima, gerando uma área hipodensa (mais escura) com focos hemorrágicos hiperdensos dentro (hemorragia aguda). Ocorre então que estes focos hemorrágicos coalescem, se juntam e formam um tipo de hematoma retilíneo, que depois vai sendo absorvido. Esse hematoma pode ocorrer também no lobo frontal, temporal adjacente a porção petrosa do osso temporal (*rochedo*) e no cerebelo próximo a foice do tentório. Também podem ocorrer devido a ruptura de aneurismas, mas pode ocorrer também por traumas. A contusão cerebral pode ser reconhecida radiologicamente como um hematoma intra-parenquimatoso de menor tamanho.



Contusão cerebral

- +** **Hemorragia intraventricular:** o sangue pode se abrigar dentro dos ventrículos encefálicos geralmente devido à ruptura de aneurismas ou por trauma. Depois que o paciente passa um tempo deitado, observamos a formação de níveis líquidos devido à deposição sanguínea nos cornos occipitais, uma vez que o sangue é mais denso que o líquido.



Hemorragia intraventricular e hemorragia subaracnóidea

- +** **Acidente vascular cerebral (AVC):** os AVC podem ocorrer por isquemia (falta de suprimento sanguíneo para o parênquima) ou por rompimento de um vaso dentro do parênquima (hemorrágicos). Quanto à prevalência, 85% são isquêmicos e 15% hemorrágicos.

 - **AVC hemorrágico:** o principal tipo de AVCH é o hipertensivo. O fator de pior prognóstico não é aquele paciente com hipertensão crônica, mas sim aquele que desenvolve picos de hipertensão. A pressão diastólica é a que determina o risco de ocorrência AVC hemorrágico (quando chega em torno de 140 mmHg, o risco de um AVCH é aumentado). Paciente com problemas na coagulação sanguínea como hemofílicos, por ruptura de aneurismas ou por malformação arteriovenosa (MAV) também entram no grupo de risco. Geralmente são hemorragias que acometem mais a região central. Radiologicamente, o AVCH aparece como uma coleção hiperdensa (branca) circundada, na maioria das vezes, por um halo hipodenso de edema citotóxico. Muitas vezes, nota-se desvio da linha média.

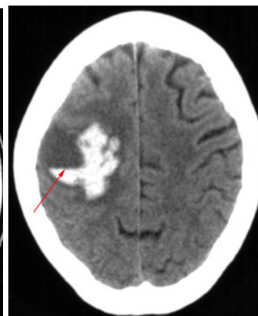
 - AVC hemorrágico hipertensivo: geralmente se dá pelo rompimento dos pequenos vasos (principalmente, as artérias lenticulo-estriadas) que estão na insula, no tálamo, nos núcleos da base e ventrículos.
 - AVC hemorrágico por coagulopatias (hemofilia): normalmente é um único sangramento que se resolve espontaneamente. A principal característica é o sangramento em vários estágios. Radiologicamente, podemos observar uma coleção hipoatenuante (sangramento crônico que já está sendo absorvido) e outro hiperatenuante (sangramento agudo), o que forma nível líquido.
 - AVC por aneurisma: o sangramento ocorre no espaço subaracnóideo se depositando nas cisternas e nas fissuras.
 - AVC por malformação arteriovenosa (MAV): as malformações arteriovenosas (MAV) têm aspecto de *sal com pimenta*, onde os pontos escuros são os vasos (a *pimenta*) imersos no sangue extravasado (o *sal*). Radiologicamente, encontramos imagens serpiginosas, com presença de flebólitos, calcificações e hematomas intra-parenquimatosos.



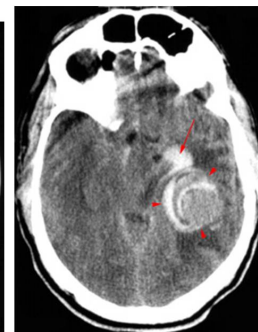
AVC Hemorrágico



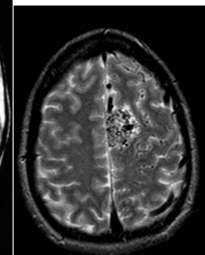
AVC Hemorrágico Hipertensivo



AVC Hemorrágico por coagulopatia

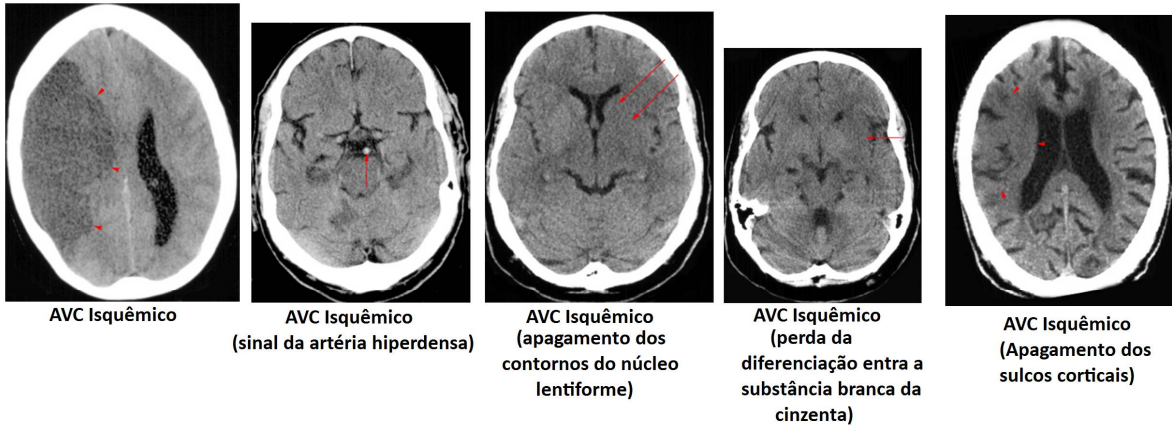


MAV ("sal com pimenta")

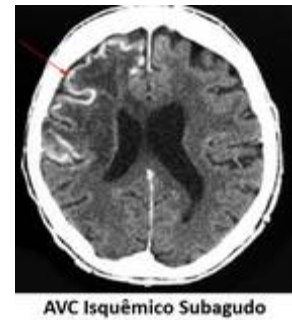


- **AVC isquêmico:** pode ocorrer por um trombo arterial ou venoso, por embolia de uma coágulo, aterosclerose difusa, estenose de vasos e hipoperfusão (afogamento). No AVC isquêmico, o sangue deixa de perfundir o parênquima, o que leva ao sofrimento da área acometida por hipóxia. A área isquemiada pode evoluir para um infarto. Caso seja solucionado o problema antes de ocorrer o infarto, ainda haverá chances de recuperação da área lesada, mas após a ocorrência do infarto, as chances de recuperação diminuem, deixando seqüelas. No exame de imagem, encontraremos uma área hipodensa (mais escura) decorrente da infiltração aquosa devido à reação inflamatória instalada na região. Quando se detecta um AVC, tem-se que verificar se há indicação de fazer terapia trombolítica, o que pode ser feito através de parâmetros tomográficos ou por critérios baseados na imagem de RM, além de dados clínicos do paciente.

- Na TC, os sinais precoces de AVC isquêmico são:
 - ✓ Sinal da artéria hiperdensa: uma artéria que se mostra hiperdensa devido à presença de trombos, por exemplo.
 - ✓ Apagamento dos contornos do núcleo caudado e lentiforme
 - ✓ Perda de diferenciação da substância cinzenta e branca
 - ✓ Apagamento dos sulcos corticais



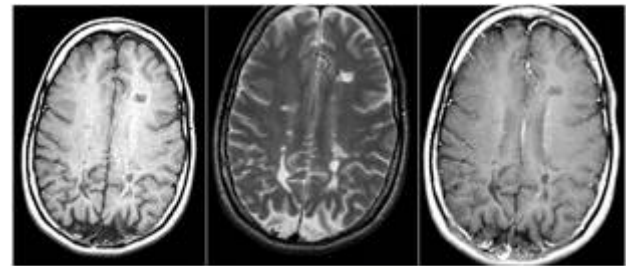
- AVC Isquêmico subagudo: quando o AVC se torna subagudo ele evolui para uma neovascularização da área isquêmica. Os vasos neoformados são mais fracos e podem sangrar com a transformação do AVC isquêmico. Às vezes não há sangramento, mas percebe-se o realce ao redor da área isquemiada, que indica a neovascularização. A característica principal do AVC subagudo é a neovascularização.



DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

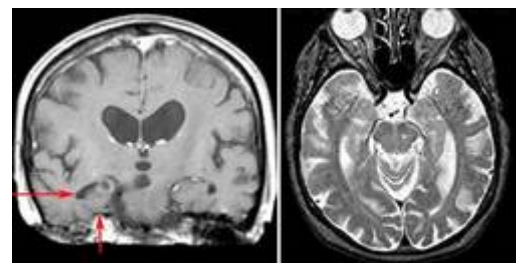
Pode ocorrer na substância branca ou branca e cinzenta concomitantemente.

- ✚ **Esclerose múltipla (EM):** doença neurodegenerativa progressiva que evolui com surtos e que acomete mais mulheres. A idade do início clínico dos sintomas é, mais amiúde, entre os 20 e 50 anos. Radiologicamente, caracteriza-se por múltiplas placas de desmielinização hiperintensas (brancas) em T2 e hipointensas (escuras) em T1 na RNM. Embora a distribuição da desmielinização observada na EM seja um tanto aleatória, existe uma tendência para o envolvimento da substância branca periventricular, o corpo caloso e o sistema visual dos nervos ópticos os lobos occipitais. A medula espinhal também é um local de envolvimento frequente. As lesões tendem a ser simétricas. Quando se injeta contraste e a área afetada não o capta, significa que o surto já ocorreu anteriormente neste local. Já quando a área fica mais clara (capta o contraste), significa que o surto está acontecendo naquele momento, ou seja, a desmielinização ainda está ativa. Portanto, associar a clínica da EM com esta condição que o contraste proporciona nos auxilia à diferenciar o exame radiológico da EM do exame da demência vascular.



Esclerose múltipla

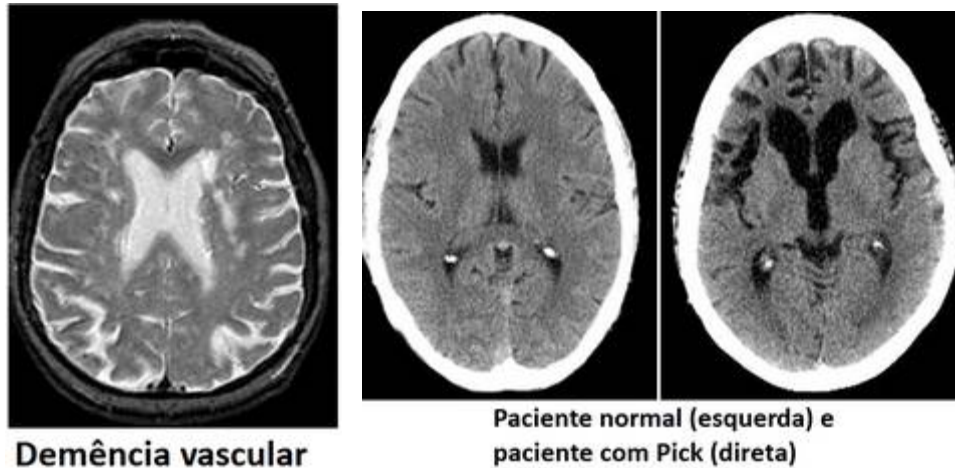
- ✚ **Doença de Alzheimer:** o diagnóstico definitivo desta doença crônica é o exame patológico *post mortem*, contudo, a hipótese clínica com o auxílio dos exames por imagem nos ajuda no acompanhamento da evolução da doença. A DA consiste na demência mais freqüente, e acomete em média 20% da população acima dos 65 anos. Observa-se uma perda de massa encefálica generalizada geralmente por danos insultos oscilativos. Há uma redução volumétrica do hipocampo, dos lobos temporais e frontais, bem como redução difusa de massa



Doença de Alzheimer

encefálica. Radiologicamente, observaremos um aumento dos sulcos e encurtamento dos giros, com a eventual expansão dos ventrículos devido à atrofia cortical. Os sulcos são acentuados, ocorre aumento do 3º ventrículo, das cisternas e da fissura silviana. A dilatação ventricular ocorre para compensar a perda volumétrica de massa encefálica.

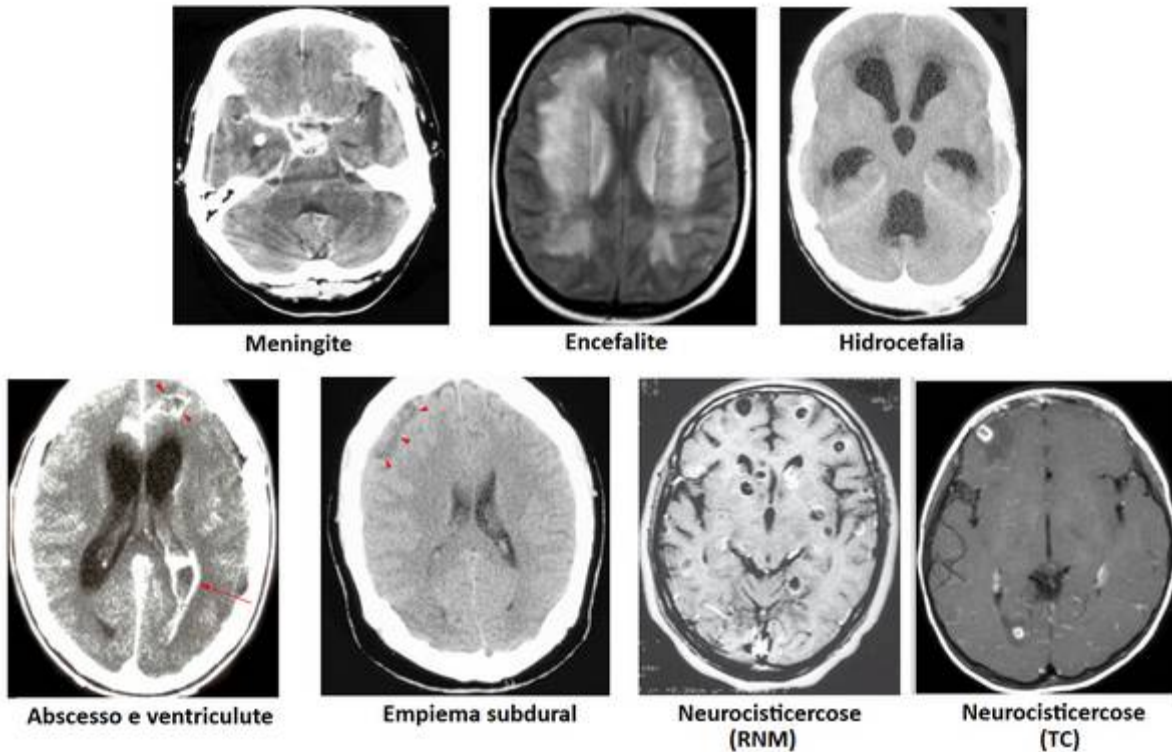
- ✚ **Demência vascular:** com o aumento da idade e o aparecimento de ateroscleroses, ocorre perda difusa da massa encefálica. Radiologicamente, observam-se múltiplos pontos hiperintensos nas imagens ponderadas em T2. É um diagnóstico diferencial para Alzheimer.
- ✚ **Doença de Pick:** terceira doença neurodegenerativa mais comum, predominante nas substâncias branca e cinzenta. Tem seu início nos lobos frontais e evolui para os temporais. É caracterizada radiologicamente pela presença de áreas hipodensas na TC, como se os sulcos cerebrais estivessem mais alargados.



OUTRAS DOENÇAS NEUROLÓGICAS

- ✚ **Meningite:** diagnóstico é estabelecido por meio da clínica e de modo laboratorial (por punção lombar). Os exames de imagem servem para investigar complicações, tais como empiema subdural, encefalite, hidrocefalia, ventriculite, abscesso epidural. Veremos cada uma dessas situações isoladamente.
- ✚ **Encefalite:** além da inflamação das meninges há também inflamação da substância cerebral. Caracteriza-se pela presença de grandes áreas hiperintensas em T2.
- ✚ **Hidrocefalia:** dilatação dos ventrículos laterais bem como do terceiro e quarto. A inflamação das meninges por obstruir as granulações aracnóides, reduzindo a reabsorção do líquido causando desequilíbrio na produção e absorção do mesmo. Além desta causa, a hidrocefalia pode acontecer por obstrução no percurso do LCR. Os achados clássicos são: aumento dos ventrículos laterais e arredondamento do III ventrículo (o qual, normalmente, é apenas uma estreita fenda). Contudo, devemos diferenciar a hidrocefalia tradicional da chamada *hidrocefalia de pressão normal* que acontece devido à atrofia cerebral. Este tipo, além do aumento ventricular, será acompanhado do aumento dos sulcos encefálicos.
- ✚ **Ventriculite:** surge a partir de uma encefalite após a formação de uma coleção organizada com um realce periférico e uma coleção hipoatenuante dentro do ventrículo. Pode haver um realce ependimário dentro do ventrículo (branco). O exame com contraste mostra o trombo escuro, pois o mesmo não capta o contraste. Já no exame sem contraste o trombo fica branco. O trombo pode levar a um AVC isquêmico por meningite.
- ✚ **Trombose do seio sagital superior:** é facilmente identificada com a injeção de contraste.
- ✚ **Abscesso epidural:** trata-se de uma coleção hipodensa com realce periférico anular epidural depois do uso de contraste. Pode ser complicação de outras patologias que não meningite. Ex: sinusite.
- ✚ **Empiema subdural:** coleção com aspecto crescente quando sem contraste. Já com contraste faz um realce periférico heterogêneo (característica principal).
- ✚ **Neurocisticercose:** dada pela ingestão de carne de porco contaminada com cisticercos, que tropismo por músculos e cérebro. No exame de imagem, visualizamos múltiplas lesões císticas pequenas (cisticercos), com hipossinal (em algumas pode haver hipersinal, representando o escólex do verme). O quadro clínico pode cursar

com epilepsia por irritação do foco. Na TC, observam-se focos hiperdensos com halo hipodenso circunjacente (algumas vezes, pode-se observar o próprio escólex). Às vezes, observamos cisticercos dentro dos ventrículos, caracterizando a forma racemosa da doença.



TUMORES CEREBRAIS PRIMÁRIOS

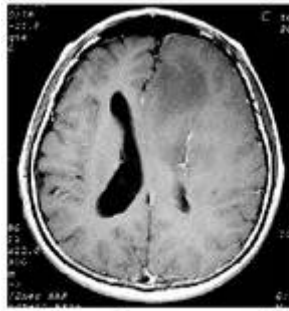
Basicamente, podemos dividir os tumores cerebrais em dois grandes grupos: os malignos e os benignos. De fato, a imagem do tumor benigno é diferente do maligno. Imagens irregulares e com densidades diferentes sugerem tumores malignos.

+ Astrocitomas: são os tumores supratentoriais mais frequentes do SNC. A classificação em benignos e malignos é simples, mas nos fornece uma visão clínica imediata do prognóstico do paciente. Contudo, tanto os gliomas benignos quanto os malignos têm prognóstico variável dependendo da localização e da possibilidade de ressecção cirúrgica.

A localização e a histologia dos astrocitomas variam bastante com a idade. Na infância, os locais mais comuns de desenvolvimento de astrocitomas (pilocíticos ou baixo grau) são cerebelo, quiasma e hipotálamo, sendo seguido do tronco cerebral e do nervo óptico. Já na vida adulta, os astrocitomas (anaplásicos e os glioblastomas) são, na maioria das vezes, supra-tentoriais, acometendo hemisférios cerebrais quase sempre.

Os astrocitomas podem ser classificados de acordo com o seu grau de malignidade:

- Astrocitomas de baixo grau de malignidade (grau I ou pilocítico): quando localizados e de fácil acesso cirúrgico, apresentam bom prognóstico, em que o paciente pode ser curado totalmente. Têm como característica radiológica comum a não-captação do contraste, às vezes dificultando a sua visualização na TC de crânio. É identificado na tomografia como uma lesão cística, isto é, com conteúdo líquido. Contudo, quase sempre são iso ou hipodensos quando comparados ao cérebro adjacente nos estudos tomográficos sem contraste. Na RM é discretamente hipointenso em T1 e hiperintenso em T2. O edema circunjacente é tipicamente mínimo ou ausente. O prognóstico pós-ressecção cirúrgica completa é sempre muito bom.
- Astrocitoma grau II: tem comportamento intermediário entre o grau III (anaplásico) e o grau I (considerados astrocitomas de baixo grau de malignidade). Responde por 15% dos casos de astrocitomas, apresentando uma sobrevida de 5 a 10 anos boa. Apresenta-se na tomografia como uma lesão hipodensa (semelhante a um AVC isquêmico; diferenciando-se desse por ter limites bem precisos). Além disso, o tumor pode ser diferenciado do AVC pela história clínica do paciente: cefaléia crônica, déficits motores de evolução mais lenta e convulsões, diferentemente do quadro de AVC (um quadro extremamente agudo). A confirmação patológica deve ser feita pós-ressecção total do tumor.

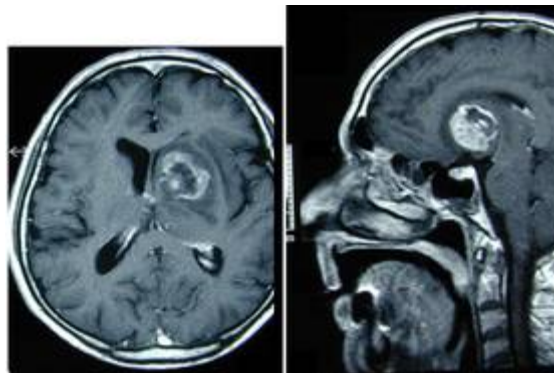


Astrocitoma grau I

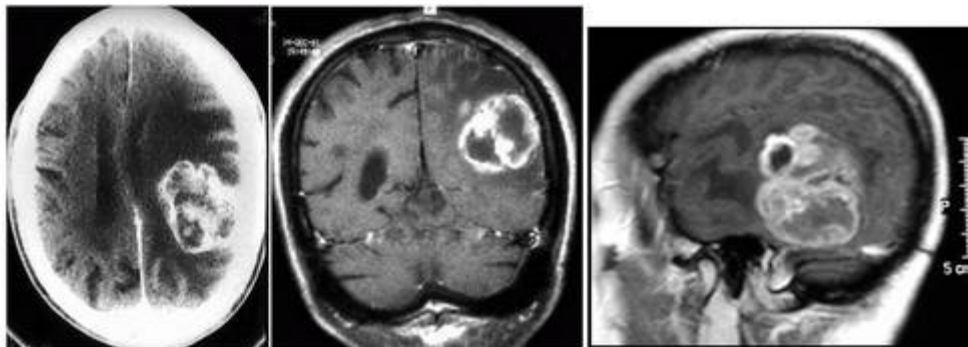


Astrocitoma grau II

- Astrocitomas de grau intermediário (astrocitoma anaplásico ou grau III): é o segundo tipo mais comum (25% dos casos), já sendo considerado maligno. Constituem massas do SNC de evolução agressiva e que pode apresentar as mesmas características radiológicas do glioblastoma multiforme, isto é, captação heterogênea de contraste, mas sem a presença de áreas de necrose. Apenas a experiência do examinador em avaliar sinais como o edema pode auxiliar na diferenciação do astrocitoma anaplásico e do glioblastoma apenas pela avaliação de exames por imagem. O diagnóstico definitivo é obtido através da avaliação histopatológica.
- Astrocitomas de alto grau de malignidade (glioblastoma multiforme ou grau IV): mais frequente tumor primário do SNC e mais agressivo. A sobrevida assim que diagnosticada a doença é, em média, de dois anos. Caracteriza-se por ser uma área bem heterogênea com necrose central (sempre). Costuma cruzar o corpo caloso (assim como faz o linfoma), sendo difícil a diferenciação entre o parênquima sadio e o afetado. Existem apenas dois tumores cerebrais que cruzam o corpo caloso, o GBM e o Linfoma (este não cursa com necrose, desde que o paciente seja imunossuprimido).
Na TC sem contraste, demonstram uma heterogeneidade intratumoral marcante: uma região central de baixa densidade (hipodensa), que reflete a necrose ou a formação de cisto. Na RM, os glioblastomas multiformes são facilmente reconhecidos pela área de necrose concêntrica não captante de contraste, daí o aspecto da imagem com a parte central escura, determinando um halo bem marcado na periferia do tumor. As margens tumorais geralmente se fundem com o edema circunjacente e, na verdade, representam “tumor + edema”.



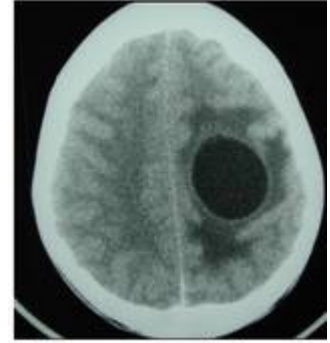
Glioblastoma grau III (anaplásico)



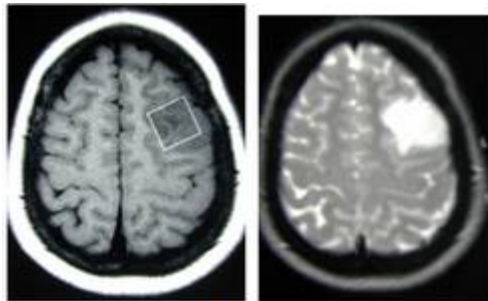
Glioblastoma Multiforme (GBM)

OBS⁵: Devemos saber diferenciar bem os tumores cerebrais benignos (como os astrocitomas de baixo grau) de algumas lesões cerebrais císticas, tal qual o *abscesso cerebral*. Este é caracterizado por uma lesão com hipodensa com vasta área de edema (hipodensa na TC) que o circunda e que, após injeção de gadolínio (contraste), apresenta a sua cápsula corada de forma anelar. A existência de *edema* circundando qualquer lesão cerebral, até que se prove o contrário, trata-se de um quadro agressivo, originado por uma resposta inflamatória local. Contudo, alguns tumores podem apresentar-se de modo semelhante. Se estamos diante de um tumor ou não, devemos avaliar alguns pontos: paciente com história de sinusite crônica e/ou febre crônica sugere abscesso cerebral. A própria cirurgia pode justificar as dúvidas: caso a coleção drene pus, trata-se de abscesso; caso drene um líquido citrino, trata-se de um tumor cerebral benigno.

OBS⁶: Como vimos na **OBS⁵**, a presença de edema ao redor da lesão significa severidade. Portanto, é de extrema importância o reconhecimento e a pesquisa do edema na RM, que se mostra com hipossinal em T1 ao redor da lesão. Contudo, aquisições em T2, o edema se mostra com hiperssinal, o que pode auxiliar nas conclusões de diagnóstico e prognóstico.



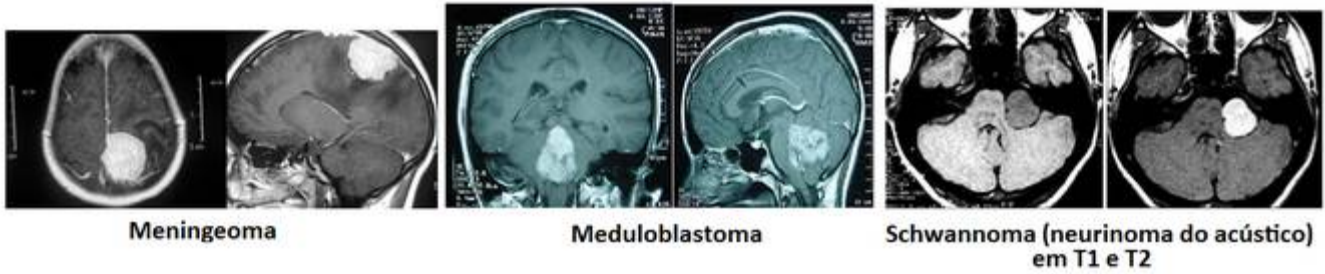
Abscesso cerebral com halo de edema



**Edema
(hipossinal em T1; hiperssinal em T2)**

OBS⁷: A RM oferece ainda um recurso (**espectroscopia**) para medir a perfusão da área que se quer avaliar, determinando se a região delimitada analogicamente é uma *área quente* (com muita perfusão) ou *fria* (com pouca perfusão). As áreas quentes são bastante sugestivas para tumores cerebrais. A medição de creatina e aspartato também pode ser utilizada para avaliar se a lesão se trata ou não de um tumor: neste grupo de lesões, o pico de creatina é alto e o de aspartato, baixo.

- ✚ **Meduloblastoma:** originam-se das células primitivas da camada granular do cerebelo, sendo um tipo variante especial de tumores neuroectodérmicos primitivos (TNEP), apresentando-se apenas no cerebelo. Constituem cerca de 4 – 10% dos tumores primários do SN, sendo o mais comuns dos tumores da fossa posterior na infância (seguido dos astrocitomas cerebelares), acometendo, principalmente, o vérmis cerebelar. É raro no adulto (e quando ocorre, é supratentorial). O diagnóstico é feito com TC e/ou RNM e confirmado pela cirurgia, que deve ser total e radical quando possível. Provavelmente devido à sua densa celularidade e citoplasma escasso, a maioria dos meduloblastomas tem um sinal de intensidade um pouco menor nas ponderadas em T2 do que a maior parte dos outros tumores cerebrais primários.
- ✚ **Schwannoma (neurinoma do acústico):** é um tumor da fossa posterior, localizado no ângulo ponto-cerebelar que, apesar de apresentar de apresentar um aspecto irregular e heterogêneo (sugerindo malignidade), é um tumor benigno, que se origina das células de Schwann do ramo vestibular do VIII par craniano (por esta razão, a nomenclatura *neurinoma do acústico* vem caindo em desuso). Na RM, em T1, observa-se uma área tumoral com isossinal e bem delimitada no ângulo ponto-cerebelar, geralmente, desviando o tronco cerebral para a esquerda; em T2, geralmente observamos uma lesão bem hidratada e, portanto, com hiperssinal. Por compressão do nervo vestibulo-coclear e facial, teremos um quadro clínico bastante rico: déficit auditivo, vertigem, dificuldade na marcha, vômitos, nistagmo, paralisia facial periférica e aumento da pressão intracraniana.
- ✚ **Meningioma:** é um tumor extra-axial (fora do parênquima) originado da aracnóide. Depois dos astrocitomas, são os tumores mais prevalentes. É um tumor que tem base meníngea (da aracnóide ou da dura-máter), isto é, sempre deve ter uma grande área de contato com as meninges. Pode se prender também à foice do cérebro, na porção petrosa do tentório ou ainda no seio esfenoidal, contanto que esteja em contato com a meninge. Capta contraste homogeneamente e avidamente. Geralmente são benignos (80%). O prognóstico é mais favorável a não ser que a localização seja de difícil ressecção cirúrgica, mas o tumor em si não é agressivo.



Tumores cerebrais metastáticos.

- ✚ **Metástase cerebral:** caracteriza-se por múltiplos nódulos na transição entre as substâncias cinzenta e branca e na porção mais profunda do encéfalo. Esses nódulos captam contraste de forma irregular. Podem ser calcificados ou sangrantes. O diagnóstico é simples, baseando-se, principalmente, na história do doente: o paciente apresenta um tumor extra-cerebral conhecido e esses nódulos aparecem dentro do parênquima cerebral ou cerebelar. Dentre todos os tumores cerebrais (inclusive os tumores primários), a metástase cerebral é a mais comum (sendo seguida pelo GBM).



Metástases cerebrais