

Neurologia

DIAGNÓSTICOS, TRATAMENTOS E CIRURGIAS

Edição XII

CAPÍTULO 03

FÍSICA APLICADA À NEUROIMAGEM: UMA REVISÃO COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE EXAMES EEG, RM E PET

ROSEANA TRINDADE CHAVES¹
MIRELLA YASMIN GUATURA LEITE¹
ANA JÚLIA NEHRKE SALERNO¹
MELIGREIZE ZAN²
DANIARA VIEGAS REBELO ASSIS³
PEDRO VIECELI JARDIM³
EMANUELLA LARA TARZO DE MEDINA COELI³
NÂNDREA DA SILVA VESTEFAL³

LARYSSA RODRIGUES CORREA³
TAINÁ VANES FERREIRA³
RITA DE CÁSSIA POSSAMAÍ³
JAYANA TEIXEIRA MACIEL⁴
GABRIEL VIEGAS REBELO²
ERICK SANTOS ELICKER⁵
JULIA SILVA SARKIS⁶

¹Discente - Física Médica da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre.

²Discente - Medicina da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

³Discente - Medicina da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre.

⁴Discente - Medicina da Universidade Luterana do Brasil.

⁵Discente - Medicina da Centro Universitário CESUCA.

⁶Médica - Universidade Luterana do Brasil.

Palavras-chave: Neuroimagem; Ressonância Magnética; Eletroencefalograma.

DOI: 10.59290/2202814522

P EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

A ressonância magnética (RM), a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e o eletroencefalograma (EEG) são recursos essenciais para os avanços da neurociência, da neuroimagem e da medicina moderna.

Esses métodos proporcionam maior precisão diagnóstica, melhor planejamento terapêutico e a possibilidade de monitoramento minimamente invasivo das estruturas e funções cerebrais (ARCURI & MCGUIRE, 2001; TINOIS, 2005).

Isidor Isaac Rabi (1898-1988) foi um físico que descobriu, em 1937, o fenômeno da ressonância magnética nuclear, baseado na interação entre um campo magnético externo (B_0) e núcleos atômicos com rotação denominada spin (SABBATINI, 2003; TINOIS, 2005).

Esse princípio possibilitou o desenvolvimento da RM, que permite uma visualização detalhada das estruturas internas do corpo, fornecendo informações precisas sobre a composição tecidual, detecção de lesões e avaliação volumétrica de órgãos. Portanto, a RM é amplamente utilizada no diagnóstico de doenças como Alzheimer, câncer de mama e espondilodiscites sépticas (MACEDO *et al.*, 2024).

O PET é uma técnica que permite avaliar, no mesmo exame, metabolismo e anatomia por meio da utilização de um radiofármaco.

O PET surgiu em 1951, a partir das pesquisas do físico Gordon L. Brownell, ao sugerir que as radiações gama emitidas pela aniquilação pósitron-elétron poderia ser usadas para se obter imagens corporais de alta definição (SABBATINI, 1997).

Em 1969, Brownell, em parceria com o neurocirurgião William H. Sweet, desenvolveu o primeiro aparelho capaz de gerar imagens de tumores cerebrais, originando a técnica atualmente conhecida como PET, amplamente em-

pregada na neurologia e oncologia devido à sua capacidade de avaliar, simultaneamente, a anatomia e o metabolismo cerebral (SABBATINI, 2003; SILVA, 2023).

O EEG, desenvolvido em 1929 pelo psiquiatra alemão Hans Berger (1873-1941), é responsável por captar e registrar atividades elétricas cerebrais de diferentes frequências e regiões, permitindo sua utilização para diagnosticar e acompanhar distúrbios neurológicos, como epilepsia e transtornos do sono (NIEDERMEYER & SILVA, 2004; HERWIG, SATRAPPI & SCHÖNFELDT-LECUONA, 2003; RAMOS, 2017).

As doenças neurológicas acometem o sistema nervoso central e periférico, podendo ter diversas causas, como: genética ou hereditária; congênita; adquirida. Elas causam impactos significativos na funcionalidade física e cognitiva, podendo resultar em perda de autonomia, alterações comportamentais e incapacidades permanentes (MACHADO *et al.*, 2022).

A implementação de estratégias preventivas, o diagnóstico precoce e a abordagem terapêutica apropriada são fundamentais para retardar a progressão da doença e melhorar significativamente a qualidade de vida dos pacientes (FIGUEIREDO, CECCON & FIGUEIREDO, 2021).

Nesse contexto, o físico médico desempenha papel essencial na equipe multidisciplinar, garantindo o controle de qualidade, resultados clínicos precisos, minimizando diagnósticos equivocados e a segurança dos procedimentos e dos demais profissionais.

Diante da relevância das técnicas de neuroimagem e do papel fundamental do físico médico na garantia da qualidade e segurança dos exames, este estudo tem como objetivo analisar e descrever as principais ferramentas empregadas em neuroimagem — ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons e ele-

troencefalograma — abordando seus princípios físicos, aplicações clínicas, vantagens e limitações.

Busca-se também comparar a eficácia desses métodos no diagnóstico de diferentes neuropatologias, destacando a importância da atuação integrada da equipe multidisciplinar para a precisão diagnóstica, o planejamento terapêutico adequado e a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura em agosto de 2025 com busca nas bases de dados PubMed e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO).

A pesquisa tem como o objetivo analisar as principais tecnologias diagnósticas em neurologia, abordando aspectos históricos, princípios básicos, aplicações clínicas, vantagens e limitações dos exames de Ressonância Magnética, PET e EEG.

Os critérios de inclusão para a busca de materiais abrangem artigos publicados no idioma português ou inglês disponíveis na íntegra. Foram considerados estudos originais, revisões sistemáticas, meta-análises e livros científicos.

Os descritores utilizados foram: “tecnologias”, “diagnóstico por imagem”, “EEG”, “RM”, “PET”, “Tomografia por Emissão de Póstron”, “Ressonância magnética”, “Eletroencefalograma” e “Neurologia”, com equivalência na língua inglesa, respectivamente, “*Technologies*”, “*Diagnostic Imaging*”, “*EEG*”, “*MRI*”, “*PET*”, “*Positron-Emission Tomography*”, “*Magnetic Resonance*”, e “*Electroencephalography*”.

Como critérios de exclusão, foram considerados materiais com mais de 10 anos de publicação, artigos duplicados e materiais não diretamente relacionados ao tema. Ao todo, a equi-

pe selecionou 21 materiais de estudo para o devido aproveitamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eletroencefalograma

O EEG começou a ser desenvolvido por pioneiros como Richard Caton e Hans Berger, que demonstraram, ainda no final do século XIX e início do XX, ser possível captar correntes elétricas cerebrais de forma não invasiva. Essa tecnologia é um exame neurofisiológico que registra a atividade elétrica espontânea do cérebro através de eletrodos posicionados no couro cabeludo.

O EEG permite medir as diferenças de voltagem entre regiões do cérebro ao longo do tempo, refletindo a soma da atividade elétrica de grandes populações neuronais captadas fora do SNC.

Para isso, utiliza amplificadores extremamente sensíveis e sistemas de registro digital, gerando um traçado gráfico de ondas cerebrais com excelente resolução temporal, porém resolução espacial limitada (SEGERI & FREITAS, 2019).

A base bioelétrica do EEG reside nos potenciais de campo gerados principalmente por neurônios piramidais do córtex cerebral. Esses neurônios apresentam dendritos apicais alinhados perpendicularmente à superfície cortical, formando arranjos de “campos abertos” que permitem a superposição coerente de correntes pós-sinápticas (GOMES, 2015).

Na sinapse excitatória das camadas corticais mais superiores, a entrada de íons Ca^{2+} ou Na^{+} no compartimento pós-sináptico produz uma corrente fluindo para o interior da célula.

Já na sinapse inibitória, a saída de K^{+} ou entrada de Cl^{-} gera uma corrente fluindo para fora da célula. Essa polarização nos diferentes compartimentos celulares cria dipolos elétricos cuja soma origina os ritmos oscilatórios observados

no traçado, como ondas delta, teta, alfa, beta e gama.

Em contrapartida, atividades elétricas de estruturas cerebrais profundas ou de neurônios com orientações aleatórias tendem a se cancelar ou chegam bastante atenuadas ao escalpo. Isso ocorre devido à dispersão dos sinais pelos tecidos interpostos — fenômeno conhecido como efeito do volume condutor, que envolve cérebro, líquido e ossos do crânio (GOMES, 2015).

O EEG de couro cabeludo representa, assim, uma versão filtrada e difusa da atividade cortical sincronizada, sensível a fenômenos rápidos na ordem de milissegundos, mas incapaz de localizar com precisão milimétrica a origem espacial desses sinais.

A obtenção de um EEG confiável requer padronização na montagem dos eletrodos e cuidados para otimizar a relação sinal-ruído. Usualmente adota-se o sistema internacional 10-20, que define posições específicas no couro cabeludo, pontos frontais, centrais, parietais, occipitais, utilizando referências anatômicas fixas como o nariz e o íonion.

Antes da colocação, prepara-se a pele do paciente limpando e abrindo os poros do couro cabeludo, a fim de reduzir a impedância de contato. Aplica-se pasta ou gel condutor nos eletrodos para melhorar a condutividade elétrica e a aderência.

Os eletrodos, que podem ser discos metálicos ou sensores acoplados a uma touca, são fixados nos pontos designados e conectados a um sistema amplificador. Emprega-se pelo menos um eletrodo de referência e um eletrodo de terra, para estabelecer uma linha de base elétrica estável e mitigar interferências externas.

Como os sinais elétricos gerados pelo cérebro possuem amplitude muito baixa, na faixa de microvolts, um amplificador de alta sensibilidade e alto ganho é indispensável para elevar a amplitude sem distorção (SEGERI & FREITAS, 2019).

Os equipamentos modernos convertem o sinal analógico em digital, por meio de conversores A/D, e operam com altas taxas de amostragem, de pelo menos 250 Hz, sendo comum 500 Hz ou mais, para registrar com fidelidade as rápidas flutuações da atividade neuronal.

Além disso, filtros eletrônicos são aplicados durante a aquisição e análise para rejeitar ruídos e artefatos indesejáveis.

Utiliza-se, por exemplo, filtro passa-baixa para atenuar frequências acima da faixa de interesse e filtro de rede para eliminar interferências de 50/60 Hz provenientes da eletricidade ambiental.

Tais precauções garantem que o traçado EEG reflita principalmente a atividade cerebral de interesse, reduzindo contaminações (PAUL *et al.*, 2024).

Clinicamente, o EEG desempenha papel crucial em diversas situações neurológicas. Sua principal indicação é no diagnóstico e acompanhamento da epilepsia, pois o exame pode revelar padrões característicos de descargas epileptiformes, como pontas, complexos ponta-onda e atividades rítmicas anômalas, mesmo fora das crises.

Nos distúrbios do sono, o EEG é parte fundamental da polissonografia para estadiar o sono e identificar alterações como sono REM sem atonia, ondas delta de alta amplitude em transtornos do sono profundo ou intrusões de padrões patológicos.

Em pacientes com coma ou outras formas de rebaixamento de consciência, o EEG auxilia na detecção de atividade epileptiforme não convulsiva e na avaliação prognóstica.

Determinados padrões no traçado, como surto-supressão, reatividade ao estímulo ou padrões anormais como “alpha coma”, podem se correlacionar com o desfecho neurológico e a gravidade da lesão cerebral.

No contexto da morte encefálica, o EEG pode ser utilizado como exame confirmatório au-

xiliar. Nesses casos, deve evidenciar ausência completa de atividade elétrica cerebral, com traçado isoeletrico durante o período de observação estabelecido pelos protocolos, sendo um dos métodos complementares mais empregados para constatar a morte cerebral.

Além disso, o EEG encontra aplicações importantes na neurociência cognitiva e em campos correlatos. Por meio de protocolos experimentais, é possível registrar potenciais relacionados a eventos (ERPs) que refletem respostas corticais a estímulos sensoriais ou tarefas cognitivas.

Também é possível analisar a conectividade funcional entre diferentes regiões cerebrais durante atividades mentais. Essas abordagens permitem investigar em tempo real os correlatos neurais de processos complexos, contribuindo para a compreensão de redes neurais e de transtornos psiquiátricos (SEGERI & FREITAS, 2019).

Graças à sua portabilidade, segurança e baixo custo, o EEG é amplamente utilizado no ambiente clínico e na pesquisa, como ferramenta de monitorização funcional do cérebro em diversas faixas etárias e condições neurológicas.

Apesar de suas amplas utilidades, o EEG apresenta limitações técnicas importantes. A principal é sua baixa resolução espacial: o sinal registrado no couro cabeludo provém da atividade combinada de extensas áreas neurais, dificultando a localização precisa da origem de um achado anormal.

Fontes geradoras localizadas em estruturas profundas do cérebro podem não contribuir significativamente para o traçado, pois seus potenciais são dispersos ao atravessar os tecidos intermediários.

Outra limitação relevante são os artefatos. O EEG é altamente suscetível a sinais não cerebrais que podem mascarar ou imitar a atividade

neural. Artefatos comuns têm origem fisiológica, como movimentos oculares, atividade muscular e sinais cardíacos ou respiratórios.

Também podem ter origem ambiental, como interferência eletromagnética de equipamentos próximos ou da rede elétrica. Em razão disso, durante o exame, é fundamental orientar o paciente a evitar comportamentos que gerem ruído.

O registro deve ocorrer em ambiente tranquilo e eletricamente isolado. Mesmo com esses cuidados, a presença de artefatos exige uso de técnicas de filtragem e pós-processamento para distinguir atividade cerebral autêntica de interferências.

Por não fornecer informação estrutural, o EEG frequentemente precisa ser correlacionado com exames de neuroimagem, como TC ou RM, para uma avaliação diagnóstica completa (SEGERI & FREITAS, 20019).

Avanços tecnológicos nas últimas décadas expandiram a capacidade analítica do EEG tradicional. O eletroencefalograma quantitativo (qEEG) consiste na aplicação de técnicas computacionais para extrair medidas numéricas e representações gráficas do sinal cerebral, complementando a análise visual.

A partir de dados digitais brutos, algoritmos de processamento calculam a potência em diferentes bandas de frequência. Esses valores são representados em mapas cerebrais topográficos coloridos, que mostram a distribuição espacial das atividades elétricas. O mapeamento cerebral facilita a identificação de padrões sutis e desvios em relação ao esperado, diversificando as condições de diagnóstico.

O qEEG tem sido utilizado para evidenciar assimetrias ou lentificações discretas em transtornos cognitivos e demências, assim como para identificar biomarcadores eletrofisiológicos em transtornos psiquiátricos, como depressão e esquizofrenia.

Em epilepsia, técnicas avançadas de mapeamento podem ajudar a estimar a localização de focos irritativos, correlacionando-os a áreas corticais específicas.

De modo geral, o qEEG amplia a sensibilidade e o alcance interpretativo do EEG, transformando dados complexos em representações visuais de fácil compreensão. Isso também tem impulsionado aplicações como neurofeedback e monitorização quantitativa de efeitos terapêuticos.

Outra fronteira tecnológica é a combinação do EEG com técnicas de neuroimagem funcional, especialmente a ressonância magnética funcional (fMRI). A aquisição simultânea de EEG durante o exame de fMRI permite aproveitar as vantagens complementares de cada método.

Combina-se a altíssima resolução temporal do EEG com a elevada resolução espacial da fMRI. O EEG-fMRI oferece, assim, uma visão mais abrangente e precisa da dinâmica cerebral, reunindo informações complementares sobre quando e onde a atividade neural ocorre (PAUL *et al.*, 2024).

Estudos nessa linha têm contribuído para mapear redes neurais envolvidas em processos cognitivos complexos e para localizar focos epiléticos, especialmente quando o EEG convencional e a imagem estrutural isoladamente não são conclusivos.

Apesar dos desafios técnicos, como a necessidade de remover artefatos induzidos pela própria fMRI no sinal de EEG, essa integração representa um avanço na investigação neurocientífica.

Ressonância magnética

A RM concretizou-se por ser um instrumento essencial no diagnóstico clínico, em razão de utilizar campos magnéticos e ondas de

rádio para produzir imagens detalhadas de tecidos e órgãos, sem a necessidade de radiação ionizante.

Esse método é particularmente sensível às diversas disposições moleculares teciduais, motivo que torna possível não apenas a visualização anatômica, mas também a verificação do desempenho metabólico (MAZZOLA, 2015).

Baseada em princípios de ressonância magnética nuclear, a técnica explora o comportamento de prótons de hidrogênio, que são abundantes no corpo humano devido ao alto nível de gordura e água presente nos indivíduos, quando submetidos a um campo magnético.

Nesse caso, os prótons alinham-se em uma determinada direção e passam a girar em torno de seu próprio eixo, fenômeno caracterizado como spin. Essa ação, chamada de precessão, ocorre quando há um pequeno movimento circular do eixo de rotação de um núcleo atômico em relação a um campo magnético externo.

A aquisição das imagens inicia-se com a aplicação de pulsos de radiofrequência, capazes de excitar prótons, que, ao retornarem ao seu estado original, liberam energia. Essa energia emitida ocorre a partir de dois processos: o relaxamento T1, que descreve a recuperação da magnetização paralela ao campo, e o relaxamento T2, que representa a perda de coerência entre os spins dos núcleos no plano perpendicular ao campo magnético (MAZZOLA, 2015).

A versatilidade da RM está diretamente associada à diversidade de sequências de pulsos que permitem obter diferentes tipos de imagens, otimizadas para visualizar variados tecidos e patologias.

As sequências mais comuns são ponderadas em T1, ideais para as avaliações anatômicas e realce pós-contraste, enquanto as em T2 evidenciam líquidos e tecidos moles, sendo de alta importância para a detecção de edemas e doenças articulares. A sequência FLAIR avalia o sinal

de líquido, permitindo melhor visualização de lesões próximas a estruturas com alta quantidade de líquido, como acidentes vasculares.

A DWI (*Diffusion Weighted Imaging*) detecta edemas citotóxicos, ou restrições na difusão na água, sensíveis a isquemias recentes, e a SWI (*Susceptibility Weighted Imaging*) explora a suscetibilidade magnética de compostos com minerais, como o sangue.

Já a perfusão (PWI) permite avaliar parâmetros hemodinâmicos tais quais volume e fluxo sanguíneo, tornando-se importante na diferenciação entre tumor recorrente e alterações pós-tratamento.

A espectroscopia por RM (MRS), por sua vez, fornece um perfil metabólico não invasivo, quantificando substâncias úteis na caracterização de tumores e lesões metabólicas (CAMPOS *et al.*, 2013; FREITAS & COSTA, 2024).

Nos últimos anos, outras técnicas surgiram para expandir as possibilidades diagnósticas. A imagem por tensor de difusão (DTI) mapeia a integridade das fibras das substâncias brancas, auxiliando no estudo de doenças neurodegenerativas e no planejamento cirúrgico com neuro-navegação.

A RM funcional (fRM) permite observar áreas cerebrais ativas durante tarefas específicas, enquanto a termoterapia intersticial a laser (LITT), guiada por RM, surgiu como opção terapêutica minimamente invasiva para determinadas neoplasias cerebrais.

No campo clínico, a RM assume papéis distintos e igualmente essenciais. No AVC agudo, é insubstituível na detecção precoce da isquemia, enquanto no AVC crônico ela evidencia atrofia e gliose residual.

Na esclerose múltipla, combinações de T2 e FLAIR permitem detectar lesões típicas, diferenciar atividade inflamatória recente de lesões antigas e acompanhar a eficácia do tratamento (MEDEIROS, 2019).

Em tumores cerebrais, a abordagem é capaz de distinguir um retorno tumoral de uma pseudoprogressão e avaliar características histológicas de forma não invasiva. Já em doenças neurodegenerativas, a RM auxilia na detecção de padrões específicos de atrofia, como a do hipocampo na doença de Alzheimer, e pode incorporar biomarcadores derivados de técnicas avançadas de difusão e perfusão.

As vantagens da RM são numerosas: alta resolução espacial, excelente contraste entre tecidos moles, ausência de radiação ionizante e capacidade de integrar, em um único exame, informações anatômicas, funcionais e metabólicas.

Entretanto, o método apresenta limitações, como custo elevado, maior tempo de aquisição e suscetibilidade a artefatos de movimento. Além disso, existem contraindicações importantes, como a presença de marca-passos não compatíveis, implantes metálicos ferromagnéticos ou fragmentos metálicos intraoculares.

Em síntese, a Ressonância Magnética evoluiu para muito além de uma ferramenta puramente morfológica. Hoje, ela integra múltiplos parâmetros de aquisição que permitem compreender não apenas a estrutura, mas também a fisiologia e o metabolismo dos tecidos, consolidando-se como pilar indispensável no diagnóstico e manejo de uma ampla gama de doenças.

Tomografia por emissão de pósitrons

O PET representa um dos pilares da medicina nuclear e da imagem molecular, de modo que uma das principais distinções de aquisição de imagem é pelo fato de que esta técnica captura a função e o metabolismo dos tecidos *in vivo*.

O princípio básico do PET é a administração no paciente de um radiofármaco marcado para o tipo de tecido a ser analisado, essa mar-

cação pode ocorrer tanto pela emissão de fótons, quanto pela emissão de pósitrons.

Conforme elucidado por Sabbatini (1997) em sua reconstituição histórica, a PET transcende a simples produção de imagens morfológicas, estabelecendo-se como uma ferramenta de investigação fisiopatológica.

Os radiofármacos apresentam um princípio físico nuclear bastante simples. Quando esses pósitrons interagem com elétrons no corpo, ocorre o fenômeno de aniquilação, resultando na emissão simultânea de dois fótons gama opostos.

A detecção desses pares de fótons permite a visualização e mapeamento preciso das regiões onde os radiofármacos se acumulam, fornecendo informações essenciais sobre a atividade metabólica e molecular do organismo.

Ainda que eficiente, em função do rápido decaimento, o uso do PET fica limitado, pois os radioisótopos têm uma meia-vida radioativa muito curta, da ordem dos minutos, e de no máximo cerca de duas horas para o Flúor-18.

Para contornar essa limitação imposta pela curta meia-vida dos radioisótopos, a infraestrutura necessária para a realização do PET é complexa e altamente especializada. Implica na existência de um ciclotron local ou em proximidade ao local do exame, uma vez que a produção dos radiofármacos, como o Flúor-18, deve ocorrer poucas horas antes da administração no paciente.

A cadeia logística do radiofármaco, que integra a produção, síntese, controle de qualidade e distribuição rápida dos radiofármacos, constitui um dos maiores desafios operacionais e econômicos da técnica, restringindo sua disponibilidade predominantemente a grandes centros urbanos e hospitais universitários.

Apesar deste entrave, o desenvolvimento contínuo de novos radiofármacos com alvos

moleculares específicos, como ligantes para receptores de dopamina ou marcadores de proliferação celular, continua a expandir dramaticamente o horizonte de aplicações do PET, transformando-o de uma ferramenta metabólica geral em um instrumento de diagnóstico molecular cada vez mais preciso e personalizado.

Em um comparativo de técnicas administradas, o Eletroencefalograma (EEG), a Ressonância Magnética (RM) e a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) constituem modalidades de neuroimagem com princípios físicos e finalidades clínicas complementares.

O EEG destaca-se pela sua excepcional resolução temporal, da ordem dos milissegundos, permitindo o registo em tempo real da atividade elétrica cortical, sendo indispensável para o diagnóstico de epilepsia e o estudo dos estados de sono.

Contudo, a principal limitação está na baixa resolução espacial e na dificuldade em localizar com precisão a origem intracerebral dos sinais.

Em contraponto, a RM oferece imagens anatômicas estruturais de altíssima resolução espacial, permitindo a caracterização fina de tecidos e a detecção de lesões, como as da esclerose múltipla, sem utilizar radiação ionizante.

Outro aspecto importante é a variante funcional (fMRI) que mapeia indiretamente a atividade cerebral através de alterações no fluxo sanguíneo. A PET, por sua vez, ocupa um nicho distinto ao fornecer informações metabólicas e moleculares únicas, quantificando processos como o consumo de glicose ou a densidade de receptores, embora com resolução temporal inferior ao EEG e espacial geralmente inferior à RM.

Desta forma, a seleção da técnica ideal é guiada pela questão clínica em causa, sendo a integração multimodal entre estas ferramentas uma pedra angular da neurologia moderna.

CONCLUSÃO

Desde a descoberta dos raios-X, a medicina e as radioimagens tiveram grandes avanços, impulsionando o avanço da neurociência e aprimorando a precisão diagnóstica.

A RM e o PET permitem maior compreensão das funções cerebrais e das doenças neurológicas, contribuindo para diagnósticos precoces e tratamentos mais eficazes, especialmente em distúrbios como esquizofrenia e epilepsia (PIÑOL-RIPOLL & CERVERA, 2020) e au-

mentando a perspectiva e qualidade de vida dos pacientes.

Nesse sentido, observa-se a interseção entre os avanços tecnológicos e a neuroimagem e a importância da abordagem integral desses procedimentos para o diagnóstico precoce de doenças neurológicas.

Por fim, destaca-se a importância do físico médico como membro essencial da equipe multidisciplinar, assegurando a segurança, o controle de qualidade e a precisão nos exames médicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCURI, A.; MCGUIRE, P. *Advances in Neuroimaging Studies*. Cambridge: Academic Press, 2001.
- BRAND, L; MIDORIKAWA, T.Y; SANTOS, P.S. Aquisição e condicionamento de sinais cerebrais por eletroencefalografia. 2018. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Controle e Automação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- FIGUEIREDO, T.; CECCON, R.; FIGUEIREDO, M. Avanços no diagnóstico e tratamento de doenças neurológicas: novas estratégias terapêuticas e desafios clínicos no contexto atual. *Cognitus Interdisciplinary Journal*, v. 2, n. 2, p. 353–365, 2025. <https://doi.org/10.71248/xmdf9133>.
- FREITAS, D; COSTA, G. Técnicas avançadas de ressonância magnética em oncologia cerebral: Caso clínico. *Proceedings of Research and Practice in Allied and Environmental Health*, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 12, 2024. DOI: 10.26537/prpaeh.v2i1.5449.
- GOMES, M.M. Bases fisiológicas do eletroencefalograma. *Revista Brasileira de Neurologia*, Rio de Janeiro, v. 51, n. 1, p. 12-17, jan./fev./mar. 2015. <https://doi.org/10.46979/rbn.v51i1.3089>.
- HERWIG, U.; SATRAPI, M.; SCHÖNFELDT-LECUONA, C. Neuroimaging of psychiatric disorders. *Clinical Neurophysiology*, v. 114, p. 144–158, 2003.
- MACEDO, A.S. *et al.* A ressonância magnética como ferramenta essencial nos diagnósticos de patologias: uma revisão sistemática da literatura. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v. 7, n. 15, p. e151318, 2024. DOI: 10.55892/jrg.v7i15.1318.
- MACHADO, K.C.A. Evolução dos métodos de neuroimagem e sua contribuição no diagnóstico de patologias. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Radiologia) – Faculdade de Tecnologia de Botucatu, 2015.
- MAZZOLA, A.A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. *Revista Brasileira de Física Médica*, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 117–129, 2015. DOI: 10.29384/rbfm.2009.v3.n1.p117-129.
- MEDEIROS SANTOS, V. Diagnóstico de esclerose múltipla por ressonância magnética. *Revista Remecs - Revista Multidisciplinar de Estudos Científicos em Saúde*, [S. l.], v. 3, n. 5, p. 03–13, 2019. DOI: 10.24281/remecs2526-2874.2018.3.5.3-13.
- NIEDERMEYER, E.; SILVA, F.L. *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
- PIÑOL-RIPOLL, G.; CERVERA, S. Neurological Diseases. In: MARTÍN, C. S. (ed.). *Handbook of Neuroimaging*. Barcelona: Elsevier, 2020.
- RAMOS, P. *Eletroencefalografia clínica: fundamentos e aplicações*. São Paulo: Manole, 2017.
- SABBATINI, R.M.E. A história da ressonância magnética. *Revista Cérebro & Mente*, v. 2, n. 1, 2003.
- SABBATINI, R.M.E. História da Tomografia por Emissão de Pósitrons. *Cérebro & Mente*, v. 1, n. 3, 1997.
- SEGERI, A.P.; FREITAS, P.R. *Manual do Técnico em Eletroencefalograma*. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2019.
- SILVA, Á.C.L.B. A importância da combinação das técnicas de PET e CT para o diagnóstico e tratamento de câncer de mama. 2023. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Física Médica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.
- SILVA, A. *et al.* Efeitos biológicos da ressonância magnética. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v. VII, n. 14, p. 1-10, 2024.
- TINOIS, M. *Magnetic Resonance Imaging: Principles and Clinical Applications*. New York: Springer, 2005.
- TYBEL, D. 6 tipos de citação mais comuns em TCC. *Guia da Monografia*, 2017. Disponível em: <http://guiadamonografia.com.br/tipos-citacao/>. Acesso em: 05 abr. 2017.