DERMATOLOGIA E PROCEDIMENTOS ESTÉTICOS

Edição XIV

Capítulo 3

DERMATOLOGIA DIGITAL: O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (AI) NO DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS DE PELE

MILENA NEVES SAMPAIO[1]
MARINA OBA GALVÃO[1]
CAIO CÉSAR BEZERRA SILVA[1]
ANA BEATRIZ LOPES[1]
MARIA GABRIELA BARBOSA RODRIGUES[1]
MARIAM FRAIJI QUEIROZ[1]
ANDERSON DIEGO SOUZA DE JESUS[1]
FELIPE SIMÕES LORDÊLLO[1]
FERNANDO SILVA DE OLIVEIRA[1]
JÉSSICA LAVANDEIRA FILGUEIRAS DE SENA[1]
KEVENN STYVENN BRITO SANTANA[1]
LETÍCIA ABREU COELHO[1]
MARIA EDUARDA ASSUNÇÃO GOMES SANTOS[1]
PERLA SOARES DA SILVA RODOVALHO[1]
VINÍCIUS CAMARGO MOTA DE SOUSA[1]

[1]Discente – Medicina Universidade de Brasília - UnB

Palavras-chave: *Inteligência Artificial; Dermatologia Digital; Diagnóstico*

DOI 10.59290/978-65-6029-220-8.3

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

As tecnologias avançaram nos últimos tempos, revolucionando diversas áreas, como a saúde, a educação e a comunicação (SOUZA & LIMA, 2022). A dermatologia lida com a pele, o maior órgão do corpo humano, e justamente por isso sempre foi marcada por inovações tecnológicas (OLIVEIRA & SILVA, 2021). Nesse contexto, surgiu a Dermatologia Digital, que é um campo da Dermatologia que utiliza tecnologias digitais para auxiliar no diagnóstico, no tratamento e no monitoramento de doenças de pele, como a inteligência artificial, telemedicina e dermatoscopia digital, as quais transformaram positivamente a prática médica (FERREIRA *et al*., 2023).

Na dermatologia, a IA tem um papel crucial na dermatoscopia, mediante análise de imagens e no reconhecimento de padrões, sendo os algoritmos capazes de identificar lesões com uma precisão excepcional (MARTINS *et al*., 2020). As aplicações da IA incluem também o aprimoramento da teledermatologia, tornando o cuidado acessível a áreas remotas ou com acesso limitado a especialistas, e o desenvolvimento de terapias mais eficazes e individualizadas, por meio da análise de dados genéticos e moleculares (PEREIRA & COSTA, 2023). Ademais, a IA pode auxiliar na educação médica, oferecendo simulações para a capacitação de dermatologistas (ROCHA & ALMEIDA, 2022).

É importante ressaltar que a inteligência artificial não substitui o papel do médico, mas complementa e amplia suas habilidades (SILVEIRA, 2021). A prática dermatológica é composta não apenas por um diagnóstico técnico, mas também por uma compreensão do contexto clínico do paciente, sua história e seus aspectos emocionais (ALVES *et al*., 2022). Assim, a IA não deve ser vista como uma competição entre profissionais e tecnologia, mas como uma colaboração, permitindo ao médico focar no cuidado centrado na pessoa.

Neste capítulo, exploraremos como a inteligência artificial está transformando a dermatologia, analisando suas aplicações práticas, as limitações e desafios éticos envolvidos em sua implementação e os horizontes futuros desta tecnologia (NASCIMENTO, 2023).

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa, realizada no período de dezembro de 2024, por meio de pesquisas nas bases de dados eletrônicos: PubMed, Scielo e *ScienceDirect*, além de fontes disponíveis na biblioteca virtual da Universidade de Brasília. Foram utilizados os descritores: “dermatologia digital”, “inteligência artificial”, “teledermatologia” e “diagnóstico dermatológico”.

Os critérios de inclusão foram: artigos nos idiomas Português, Inglês e Espanhol, publicados no período de 2010 a 2024, que abordassem diretamente a temática proposta e estivessem disponíveis na íntegra. Os critérios de exclusão foram: artigos duplicados, disponibilizados apenas na forma de resumo, que não abrangiam a temática do estudo ou que não atendiam aos demais critérios de inclusão.

Após a seleção, foram incluídos 45 artigos, que foram submetidos à leitura minuciosa para a coleta de dados. A análise foi conduzida de forma descritiva, dividindo os principais temas em categorias como: dermatologia digital, telemedicina, dermatoscopia digital e avanços tecnológicos na prática dermatológica

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Casos Reais e Estudos de Validação de Algoritmos em Dermatologia Digital

Os feitos promissores concebidos pela inserção das tecnologias, como a inteligência artificial, no cenário da dermatologia são observados no diagnóstico e tratamento de manifestações cutâneas. A pesquisa de IA em dermatologia focou inicialmente no câncer de pele, particularmente no melanoma; mais recentemente, assumiu múltiplas categorias de diagnósticos e recomendações terapêuticas (ALBERT *et al*., 2020). Para validar o impacto e a eficácia dessas ferramentas, os estudos de validação de algoritmos focam na comparação das habilidades e da precisão no diagnóstico feito por especialistas da área e no realizado por IA.

A título de ilustração, pode-se considerar um estudo publicado nos anais de Oncologia (HAENSSLE *et al*., 2018), no qual foi avaliada a performance diagnóstica de uma Rede Neural Convolucional (CNN) no reconhecimento dermatoscópico de melanoma em comparação com 58 dermatologistas. No caso em questão, a CNN é um modelo de algoritmo treinado para reconhecimento através de imagens, que simula o processamento visual feito pelo Sistema Nervoso Central em humanos. A partir disso, os resultados encontrados e a discussão elencada convergem para demonstrar que a acurácia diagnóstica da inteligência artificial para melanoma é superior a uma parcela dos diagnósticos propostos por alguns dermatologistas participantes dessa pesquisa.

O conflito levantado por essa comparação põe em questão dois aspectos essenciais na avaliação de lesões cutâneas: a detecção precoce e a menor chance de tratamentos equivocados por erros de diagnóstico. Entretanto, cabe salientar que, ao longo desse estudo, observou-se uma melhora na precisão do diagnóstico médico ao incrementar o histórico clínico do paciente, ao invés de basear-se apenas na informação visual como fizeram essas máquinas treinadas. Sabe-se que alguns algoritmos demonstraram alta performance ao serem utilizados em imagens de pacientes de diferentes origens étnicas, embora haja uma preocupação com a generalização dos modelos, já que muitos conjuntos de dados incluem predominantemente imagens de pacientes caucasianos, o que pode reduzir a eficácia do modelo em populações melanodérmicas (GUANDALINI *et al*., 2024).

Os aspectos suscitados por essa discussão ampliam-se para além da atuação do dermatologista na avaliação de lesões cutâneas e também ganham espaço na assistência prestada por médicos generalistas. Isso porque médicos não dermatologistas, muitas vezes, possuem uma bagagem escassa no atendimento ao amplo espectro de doenças que podem acometer a pele. A introdução dessas tecnologias especializadas na atenção primária à saúde (APS) pode ser benéfica no sentido de estimular a capacitação contínua de médicos não dermatologistas, pois aprimorar a acurácia diagnóstica permite que esses profissionais se atualizem sobre as condições dermatológicas e seus tratamentos. Além disso, a intervenção precoce e a eficiência clínica mediante o uso de IA possibilitam a triagem de pacientes com casos mais urgentes a serem tratados na dermatologia, bem como considera quais se enquadram na APS. A longo prazo, esses mecanismos podem melhorar significativamente não só a qualidade no atendimento ao paciente, como diminuir a sobrecarga dos serviços especializados. Isso porque os sistemas de IA podem aprender mais com casos sucessivos e podem ser expostos a vários casos em minutos, o que supera em muito o número de casos que um médico poderia avaliar (AMISHA *et al*., 2019).

Impacto Clínico e Eficácia da IA no Diagnóstico Dermatológico

Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA) tem se consolidado como uma ferramenta de extrema relevância no diagnóstico e no monitoramento de doenças dermatológicas, especialmente do câncer de pele, por meio da sua capacidade de processar grandes volumes de dados e identificar padrões complexos informacionais.

Os algoritmos de IA, sobretudo aqueles baseados em redes neurais convolucionais (CNNs), demonstram desempenho notável na classificação de lesões cutâneas a partir de imagens dermatocópicas. Tais modelos possuem a capacidade de identificar cânceres de pele não melanoma, como carcinoma basocelular e carcinoma espinocelular, com níveis de acurácia comparáveis aos de dermatologistas experientes (LAMBERT & GRZYBOWSKI, 2024). A principal vantagem desses algoritmos é sua eficácia na análise de grandes volumes de dados visuais, permitindo a identificação de padrões sutis frequentemente imperceptíveis ao olho humano. Estudos recentes, como o de Ray *et al*. (2024), evidenciam que redes neurais profundas, como *ResNet* e *EfficientNet*, são particularmente eficazes na detecção precoce de cânceres de pele, contribuindo para intervenções terapêuticas mais rápidas e eficazes. Todavia, a eficácia desses modelos depende significativamente da diversidade e qualidade das bases de dados utilizadas no treinamento. A insuficiência de imagens provenientes de diferentes tons de pele e contextos clínicos pode comprometer a generalização dos modelos, especialmente em regiões menos representadas nos bancos de dados globais. Nesse sentido, esforços para ampliar a diversidade dos dados de treinamento, são essenciais para garantir diagnósticos mais precisos e equitativos.

A implementação de desenvolvimento dos modelos multimodais, que integram diferentes fontes de dados — como imagens dermatoscópicas, histórico clínico do paciente e relatos textuais de sintomas —, emerge como uma evolução promissora no diagnóstico dermatológico assistido por IA (LUO *et al*., 2023). Esses sistemas oferecem uma análise mais abrangente e contextualizada, reproduzindo de maneira fidedigna a prática clínica convencional. Por exemplo, Zarfati *et al*. (2024) demonstraram que a combinação de laudos clínicos com imagens hiperespectrais melhora substancialmente a detecção de melanomas agressivos, minimizando os riscos de diagnósticos falso-negativos e promovendo a alta especificidade da tecnologia. Ademais, a análise integrada de diferentes tipos de dados permite a identificação de padrões complexos, como correlações entre mudanças nas lesões e sintomas relatados pelo paciente, algo desafiador para os modelos unimodais. Essa abordagem multimodal também contribui para maior interpretação dos algoritmos, permitindo que os médicos compreendam os fatores que sustentam os diagnósticos, como áreas específicas de suspeita em imagens ou particularidades do histórico clínico. Dessa forma, esses modelos oferecem não apenas maior precisão, mas também suporte informativo para a tomada de decisões clínicas.

As inovações tecnológicas, como microscopia confocal, imagens hiperespectrais e análise térmica, estão ampliando significativamente o escopo de aplicação da IA na dermatologia. A microscopia confocal, por exemplo, possibilita a visualização em tempo real das camadas mais profundas da pele, fornecendo imagens de alta resolução que, ao serem analisadas por algoritmos de IA, aprimoram o diagnóstico precoce de lesões malignas (ONIGA *et al*., 2024). Simultaneamente, a tecnologia de imagens hiperespectrais permite a captura de informações sobre metabolismo celular e vascularização, características cruciais para a diferenciação de lesões

benignas e malignas. Ainda, a análise térmica, que identifica padrões anormais de temperatura associados à angiogênese em lesões malignas, apresenta-se como uma ferramenta complementar na prática clínica dermatológica. Outra abordagem inovadora é o uso de modelos tridimensionais para mapear e monitorar múltiplas lesões cutâneas. Esses modelos, aliados à IA, viabilizam um acompanhamento detalhado de alterações na forma, cor e volume das lesões, contribuindo para diagnósticos mais precisos e intervenções menos invasivas.

A privacidade dos dados dos pacientes é uma preocupação central no uso da IA em sistemas de saúde. Para enfrentar esse desafio, técnicas como aprendizado federado têm sido amplamente investigadas. Essa abordagem permite que algoritmos sejam treinados em dados descentralizados, preservando a privacidade dos pacientes e promovendo a colaboração global (RAY *et al*., 2024). Adicionalmente, a computação multipartidária privada viabiliza o processamento de dados criptografados, garantindo a confidencialidade das informações enquanto contribui para o desenvolvimento de algoritmos mais robustos. Tais avanços tecnológicos aumentam a segurança dos dados e, principalmente, favorecem a diversidade dos conjuntos de treinamento, essencial para melhorar a generalização dos modelos em diferentes populações. Essas estratégias promovem uma colaboração internacional ao permitir treinamento de modelos com dados mais diversificados e, consequentemente, mais precisos.

A IA também desempenha um papel transformador na educação médica, auxiliando na formação de profissionais de saúde. Ferramentas interativas baseadas em IA permitem que estudantes e residentes pratiquem o diagnóstico de lesões cutâneas em ambientes simulados, aprimorando sua experiência prática e confiança clínica (SOHAIL *et al*., 2024), garantindo a promoção de diagnóstico congruente e efetivo por IA a longo prazo, determinado pelo investimento educacional por meio do acesso e capacitação. Além disso, sistemas de apoio ao diagnóstico em tempo real, integrados em consultas dermatológicas, oferecem aos profissionais perspectivas valiosas durante a análise de lesões atípicas.

Apesar do progresso alcançado, desafios significativos permanecem. A padronização na coleta e no compartilhamento de dados, bem como a superação de limitações técnicas e éticas, são aspectos críticos que precisam ser abordados para ampliar a adoção da IA na prática clínica. O futuro da IA na dermatologia dependerá do avanço contínuo em tecnologias emergentes e da implementação de abordagens inovadoras para compartilhamento seguro de dados, a fim de possibilitar a efetividade diagnóstica. Com isso, espera-se que a personalização do tratamento, fundamentada em perfis individuais de pacientes, se torne cada vez mais uma realidade, transformando a prática dermatológica atual.

Impacto Clínico dos Biossensores Aprimorados por Ia na Abordagem Dermatológica

Os biossensores aprimorados por inteligência artificial (IA) têm revolucionado a área médica, especialmente a dermatologia, ao oferecer precisão, automação e personalização nos cuidados de saúde. Esses dispositivos inteligentes combinam a capacidade de detecção biomolecular dos biossensores com o poder analítico de algoritmos de IA, promovendo diagnósticos mais rápidos, terapias personalizadas e rastreamento eficiente dos pacientes.

Biossensores Eletroquímicos com IA

Os biossensores eletroquímicos, quando aprimorados por IA, podem processar grandes

quantidades de dados obtidos por meio de medições de pH, condutância e correntes elétricas. A IA aplica modelos de machine learning para identificar padrões complexos que seriam difíceis de interpretar manualmente.

Aplicações e Benefícios: Monitoramento de doenças crônicas (psoríase, dermatite atópica, rosácea): A análise de biomarcadores cutâneos em tempo real permite ao médico acompanhar a evolução das lesões dermatológicas de forma contínua. Com a IA, os dados coletados são interpretados automaticamente, alertando o médico sobre possíveis agravamentos.

Facilidade de terapias personalizadas: O sistema ajusta a posologia de medicamentos tópicos conforme a resposta individual do paciente, diminuindo o uso de fármacos desnecessários.

Redução de riscos de medicamentos: Com o uso de algoritmos preditivos de IA, o biossensor pode prever o risco de reações adversas, o que permite ao médico adaptar o tratamento.

Benefícios para o paciente: Tratamento mais eficaz e personalizado, menos consultas presenciais e maior controle sobre a condição dermatológica.

Benefícios para o médico: Acompanhamento remoto em tempo real, com alertas automáticos de piora na condição do paciente, permitindo intervenções mais rápidas e precisas.

Biossensores Piezoelétricos com IA

Os biossensores piezoelétricos aprimorados por IA são altamente sensíveis a pequenas alterações de massa, como a deposição de microrganismos, vírus ou biomarcadores na pele. O uso de IA permite a análise automática das mudanças de massa e a predição de infecções antes mesmo de os sintomas aparecerem.

Aplicações e Benefícios: Detecção precoce de infecções cutâneas (fúngicas, bacterianas e virais): A combinação do biossensor piezoelétrico com IA permite detectar agentes infecciosos na pele antes que os sintomas clínicos sejam visíveis. Isso facilita o início precoce do tratamento e evita complicações.

Prevenção do câncer de pele: Por meio da detecção de biomarcadores tumorais, o biossensor piezoelétrico aliado à IA reconhece precocemente alterações que podem indicar melanoma. O algoritmo de IA, baseado em aprendizado de máquina, sugere ao médico a necessidade de realizar biópsias preventivas.

Benefícios para o paciente: Diagnóstico precoce de infecções e câncer de pele, evitando procedimentos invasivos desnecessários.

Benefícios para o médico: Auxílio na tomada de decisão, uma vez que o biossensor pode alertar automaticamente o médico sobre alterações suspeitas na pele do paciente.

Biossensores Ópticos com IA

Biossensores ópticos detectam mudanças de propriedades ópticas, como fluorescência e refletância, que indicam alterações nos tecidos da pele. A IA aplica algoritmos de visão computacional para interpretar as alterações ópticas, facilitando a detecção de doenças dermatológicas.

Aplicações e Benefícios: Detecção de câncer de pele: O sistema de IA analisa o padrão de fluorescência e refletância na pele, detectando lesões potencialmente malignas. Com base em um banco de dados de lesões conhecidas, o biossensor pode diferenciar entre lesões benignas e malignas, priorizando o atendimento de pacientes de risco.

Rastreamento de fármacos e controle de tratamentos tópicos: A avaliação do efeito de medicamentos tópicos é feita automaticamente, já que a IA pode monitorar a regeneração do tecido cutâneo e a resposta da pele ao tratamento.

Benefícios para o paciente: Redução do tempo de diagnóstico de câncer de pele e maior conforto ao evitar biópsias desnecessárias.

Benefícios para o médico: Diagnóstico auxiliado por IA permitindo decisões mais assertivas e diminuindo a necessidade de exames laboratoriais. Isso também aumenta a precisão do diagnóstico diferencial entre lesões benignas e malignas.

Biossensores Colorimétricos com IA

Os biossensores colorimétricos detectam variações de temperatura e reações exotérmicas em reações biológicas. A IA é capaz de prever o comportamento térmico da pele, relacionando o calor liberado com o estado de inflamação ou infecção.

Aplicações e Benefícios: Diagnóstico de inflamações e infecções cutâneas: O calor liberado por inflamações ou infecções pode ser detectado por biossensores colorimétricos. O uso de IA ajuda a interpretar a temperatura da pele e a diferenciar entre inflamações locais e sistêmicas.

Facilidade no acompanhamento de feridas crônicas e úlceras de pressão: O biossensor pode prever infecções locais antes que os sintomas físicos se manifestem, permitindo ao médico intervir de forma proativa.

Benefícios para o paciente: Detecção precoce de infecções em úlceras e feridas, redução de complicações e melhora na cicatrização.

Benefícios para o médico: Monitoramento contínuo e preditivo de feridas, evitando visitas frequentes ao consultório e intervenções tardias. Isso também permite um ajuste mais rápido do plano de tratamento.

Biossensores com Biocamada Controlada por IA

Os biossensores com biocamada controlada por IA utilizam anticorpos, ácidos nucleicos e enzimas para identificar biomarcadores específicos. A IA otimiza o reconhecimento de padrões biomoleculares, ajustando automaticamente os parâmetros de detecção.

Aplicações e Benefícios: Análise genética personalizada: Com o uso de ácidos nucleicos e algoritmos de IA, é possível identificar mutações genéticas que predispõem o paciente a doenças de pele, como o melanoma. Isso permite uma abordagem de medicina preventiva.

Identificação de proteínas inflamatórias: Biossensores enzimáticos detectam citocinas inflamatórias, como IL-1 e TNF-α, presentes em doenças de pele, como psoríase e dermatite. O sistema de IA faz o rastreamento contínuo, alertando o médico quando as concentrações aumentam.

Benefícios para o paciente: Personalização do tratamento com base no perfil genético e rastreamento da inflamação, prevenindo exacerbações de doenças crônicas de pele.

Benefícios para o médico: Decisões de tratamento baseadas em dados moleculares em tempo real, maior precisão nos diagnósticos e tratamento personalizado.

Benefícios Gerais dos Biossensores Aprimorados por IA na Dermatologia

Para o Médico

Automação e agilidade: A interpretação automática de dados permite que o médico se concentre em decisões mais estratégicas, eliminando a necessidade de realizar exames manuais e demorados.

Monitoramento remoto: Dispositivos wearables com biossensores permitem o rastreamento contínuo dos pacientes, facilitando o atendimento remoto e o telemonitoramento.

Diagnósticos mais precisos: O uso de IA melhora a acurácia dos diagnósticos de doenças de pele, como câncer, psoríase e infecções.

Priorização de pacientes: Com algoritmos de triagem automatizada, os casos mais graves são priorizados, otimizando o tempo do médico.

Para o Paciente

Detecção precoce de doenças: O câncer de pele, por exemplo, pode ser identificado em estágios iniciais, o que aumenta as chances de tratamento eficaz.

Tratamento personalizado: Cada paciente recebe um plano de tratamento individualizado, ajustado conforme a resposta do corpo, minimizando efeitos colaterais e otimizando a eficácia.

Menor necessidade de visitas presenciais: Com o rastreamento remoto, o paciente só precisa ir ao consultório quando alertado.

Maior conforto e menos procedimentos invasivos: Menor necessidade de biópsias e coletas de amostras físicas, pois a análise se baseia em sinais elétricos, ópticos e térmicos.

uso de biossensores facilita o monitoramento contínuo de condições de pele, com possibilidade de acompanhamento remoto via dispositivos vestíveis (wearables), permitindo a coleta de dados de forma constante e em tempo real.

Como a Inteligência Artificial Atua no Sistema de Laser Inteligente?

A inteligência artificial (IA) aplicada ao sistema de laser inteligente trouxe uma verdadeira revolução na medicina estética e dermatologia. Ao integrar aprendizado de máquina e sensores inteligentes, o sistema é capaz de ajustar automaticamente os parâmetros de tratamento — duração do pulso, comprimento de onda e intensidade de energia — com base no feedback em tempo real. Esses ajustes garantem maior eficácia, segurança e personalização, proporcionando benefícios tanto para o médico quanto para o paciente.

A IA, por meio de algoritmos de machine learning, processa as informações coletadas por sensores ópticos, térmicos e de feedback da pele. Com base nesses dados, o sistema de IA toma decisões automáticas e realiza ajustes nos seguintes parâmetros:

Duração do Pulso: Controla o tempo de emissão do laser em milissegundos, otimizando a energia aplicada à pele.

Comprimento de Onda: Adapta a profundidade de penetração do laser, possibilitando atingir diferentes camadas da pele (epiderme, derme e hipoderme).

Energia (Intensidade): Regula a potência da luz do laser, reduzindo o risco de queimaduras e hiperpigmentação em peles mais sensíveis ou fototipos elevados.

Os ajustes automáticos são feitos em tempo real, o que evita erros humanos e melhora significativamente a precisão do tratamento.

Principais Benefícios da IA no Sistema de Laser Inteligente

1) Personalização do Tratamento (Machine Learning)

A inteligência artificial permite que o laser "aprenda" com os dados do paciente, ajustando as variáveis automaticamente.

Como a IA faz isso?

Sensores detectam o fototipo, a condição da pele e a densidade dos pelos ou lesões.

O sistema de IA usa modelos preditivos baseados em grandes bancos de dados de outros tratamentos bem-sucedidos.

Ajustes automáticos do comprimento de onda, tempo de pulso e energia garantem maior precisão.

Exemplo prático:

Ao realizar a remoção de tatuagens, o sistema de IA reconhece automaticamente as diferentes cores de tinta presentes na tatuagem. Para

cada cor, ele ajusta o comprimento de onda do laser. Tatuagens multicoloridas, que antes exigiam diferentes sessões, podem ser removidas em menos sessões, graças ao ajuste dinâmico do comprimento de onda.

Benefícios para o paciente:

- Redução no número de sessões.
- Tratamentos personalizados com menor risco de falhas.

Benefícios para o médico:

- Menos necessidade de intervenção manual, pois o ajuste é automático.
- Melhor controle de qualidade, com menor margem de erro.

2) Segurança Aprimorada (Feedback em Tempo Real)

A IA é capaz de detectar, em tempo real, as reações adversas do tecido cutâneo (alterações térmicas e inflamatórias) e ajustar os parâmetros do laser automaticamente.

Como a IA faz isso?

Sensores térmicos captam o aumento de temperatura na pele durante o tratamento.

Se houver risco de queimadura, a IA reduz a energia ou interrompe temporariamente a aplicação.

O sistema analisa a resposta cutânea, como eritema ou inchaço, ajustando a intensidade de forma automática.

Exemplo prático:

Em um tratamento de depilação a laser, o aumento excessivo da temperatura pode causar queimaduras. Se o sistema de IA detectar uma elevação acima do limite seguro, ele reduz automaticamente a energia do laser. Isso evita lesões, principalmente em pacientes com fototipos IV, V e VI (peles mais escuras), que são mais suscetíveis à hiperpigmentação pós-inflamatória.

Benefícios para o paciente:

- Redução de efeitos adversos, como queimaduras e hiperpigmentação.
- Maior segurança em tratamentos de remoção de pelos e rejuvenescimento para todos os fototipos de pele.

Benefícios para o médico:

- Diminui a responsabilidade sobre o controle de segurança, pois o sistema de IA monitora e ajusta automaticamente.
- Menor probabilidade de erros clínicos e necessidade de retratamentos.

3) Diagnóstico e Triagem Inteligente (Visão Computacional)

Antes do tratamento, a IA realiza um escaneamento completo da pele do paciente, detectando o tipo de lesão e ajustando automaticamente o laser.

Como a IA faz isso?

O sistema de visão computacional (câmeras e sensores) identifica automaticamente o tipo de lesão: manchas, rugas, cicatrizes ou vasos.

Classificação das lesões em categorias (poros, manchas, rugas, cicatrizes etc.).

Baseado nessa análise, o sistema de IA sugere ao médico os parâmetros ideais para o tratamento.

Exemplo prático:

Durante a análise de uma lesão, o sistema de IA identifica automaticamente se é uma mancha de vinho do porto (lesão vascular) ou uma mancha de melasma. Como esses tipos de lesões requerem parâmetros diferentes de tratamento, o sistema de IA faz o ajuste de forma precisa, garantindo eficácia no primeiro tratamento.

Benefícios para o paciente:

- Diagnóstico mais rápido e preciso, com menos necessidade de biópsias.
- Mais conforto e confiança no tratamento, pois o sistema automatizado é mais preciso do que a observação visual do médico.

Benefícios para o médico:

- Ferramenta de triagem automática que auxilia na tomada de decisão clínica.
- Menor risco de erro no diagnóstico diferencial entre manchas benignas e malignas.

4) Redução de Sessões Necessárias (IA Preditiva)

A IA faz previsões sobre o número de sessões necessárias para o tratamento de remoção de tatuagem, manchas e cicatrizes.

Como a IA faz isso?

Os algoritmos preditivos analisam a condição inicial da pele e calculam o tempo de recuperação.

O sistema determina quantas sessões serão necessárias para o tratamento completo.

Exemplo prático:

Para tratar uma cicatriz de acne, o sistema de IA calcula automaticamente a profundidade e densidade da cicatriz. Ele aplica o laser na intensidade ideal para remodelar as camadas de colágeno. Com isso, o sistema consegue prever que serão necessárias apenas 3 sessões, enquanto o método convencional exigiria 5 a 6 sessões.

Benefícios para o paciente:

- Menor custo, já que o tratamento é mais eficiente.
- Menor tempo de recuperação, já que o tratamento é mais rápido.

Benefícios para o médico:

- Facilidade em definir o plano de tratamento, com estimativa clara de número de sessões.
- Maior previsibilidade dos resultados e maior satisfação do paciente.

Impacto Clínico dos Diagnósticos Genômicos e Epigenéticos não Invasivos Aprimorados por IA na Abordagem Dermatológica

Muitas doenças dermatológicas possuem sua etiologia em mutações ou eventos epigenéticos, a citar a dermatite atopica, psoríase, epidermólise bolhosa, vitiligo e câncer. As doenças dermatológicas com influência genética formam um grupo heterogêneo, variando em prevalência, gravidade e mecanismos patogênicos (VERCESI *et al*., 2024).

Compreender como essas alterações genéticas definem o prognóstico das dermatopatias pode ser desafiante e demandar longos períodos de pesquisa. Para suprir essas necessidades, uma tecnologia emergente, como a Inteligência Artificial, deve ser capaz de associar os exames genômico e epigenético à precisão no rastreamento de fatores causadores dos distúrbios cutâneos e ao diagnóstico e à qualidade do tratamento oferecido a cada paciente. A IA cumpre o papel de processar e analisar os dados genômicos de maneira rápida e precisa, identificando mutações e até mesmo padrões epigenéticos que caracterizam o surgimento de doenças da pele. Com a identificação de regiões mutadas no DNA, é possível buscar intervenções terapêuticas adaptadas a cada doença, bem como sequenciar biomarcadores associados à predisposição para determinadas condições. A terapia gênica é uma promessa para doenças cutâneas monogênicas, como epidermólise bolhosa e ictiose, ambas resultantes de mutações em genes que codificam proteínas estruturais da pele (VERCESI *et al*., 2024).

O aspecto epigenético merece destaque no que diz respeito a como a inteligência artificial pode utilizar de informações e padrões de metilação de DNA e modificações de histonas para prever mudanças de hábitos e de estímulo ambiental, que podem ser peças fundamentais na prevenção de dermatopatias.

Sabe-se que o fenótipo apresentado por um indivíduo, além de ser resultado de possíveis alterações na integridade do genoma, também é influenciado por fatores ambientais moduladores de genes responsáveis, por exemplo, pela

imunidade, barreira cutânea e por outros fatores importantes para homeostase desse órgão.

CONCLUSÃO

A integração da inteligência artificial na dermatologia tem demonstrado ser uma revolução significativa, ampliando as possibilidades de diagnóstico, tratamento e monitoramento de doenças cutâneas. Desde algoritmos de alta precisão até biossensores inteligentes, essas tecnologias não apenas melhoram a eficácia clínica, mas também promovem personalização e acessibilidade nos cuidados de saúde. Apesar dos desafios éticos e técnicos, o progresso contínuo em pesquisas e aplicações práticas sugere um futuro promissor, onde a sinergia entre médicos e IA resultará em avanços transformadores para a prática dermatológica e a qualidade de vida dos pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMISHA; MALIK, P. *et al*. Overview of Artificial Intelligence in Medicine.Journal of Family Medicine And Primary Care, [S.L.], v. 8, n. 7, p. 2328-2328, 08 jul. 2019. Medknow. http://dx.doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19. Acesso em: 19 dez. 2024.

FERREIRA, L. *et al*. Impactos da Inteligência Artificial na Prática Médica: Uma Revisão Narrativa. Revista Médica, v. 4, pág. 123-134, 2023.

GUANDALINI, CCV; SILVA, LSB. *et al*. Inteligência Artificial na Detecção de Câncer de Pele: Benefícios e Desafios para a Prática Dermatológica. REASE [Internet]. 2º de dezembro de 2024 [citado 19º de dezembro de 2024];10(12):14-25. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/17209.

HAENSSLE, HA, FINK, C, SCHNEIDERBAUER, R. *et al*. Man Against Machine: Diagnostic Performance of a Deep Learning Convolutional Neural Network for Dermoscopic Melanoma Recognition in Comparison to 58 Dermatologists. Annals of Oncology. v.8, p. 1836-1842, 2018. DOI:10.1093/annonc/mdy166.

LAMBERT, WC.; GRZYBOWSKI, A. Dermatology and Artificial Intelligence. Clinics in Dermatology, v. 42, n. 3, p. 207–209, 2024.

LAI, CL.; KARMAKAR, R.; MUKUNDAN, A. *et al*. Advancing Hyperspectral Imaging and Machine Learning Tools Toward Clinical Adoption in Tissue Diagnostics. APL Bioeng., v. 8, n. 4, 041504, 2024.

LUO, N.; *et al*. Artificial Intelligence-assisted Dermatology Diagnosis: From Unimodal to Multimodal. Computers in Biology and Medicine, v. 165, p. 107413, 2023.

MARTINS, T. *et al*. Dermatologia Digital: Avanços e Perspectivas. Revista de Medicina Digital, v. 2, pág. 89-105, 2023.

MARTINS, T. *et al*. Dermatoscopia Auxiliada Inteligência por Artificial: estado da arte. Revista Brasileira de Dermatologia, v. 3, pág. 210-220, 2020.

OLIVEIRA, F.; SILVA, A. História e Avanços Tecnológicos em Dermatologia. Arquivos Médicos, v. 2, pág. 120-134, 2021.

ONIGA, M. *et al*. Towards an Integrated Imaging for Melanoma Diagnosis: A Review of Multispectral, Hyperspectral, and Thermal Technologies with Preliminary System Development. Computers in Biology and Medicine, v. 185, p. 109570, 2024.

PEREIRA, C.; COSTA, V. Teledermatologia e IA: Uma Combinação para o Futuro da Medicina. Saúde Digital, v. 3, pág. 78-92, 2023.

RAY, A.; SARKAR, S. *et al.* Decoding Skin Cancer Classification: Perspectives, Insights, and Advances Through Researchers' Lens. Scientific Reports., v. 14, p. 30542, 2024.

ROCHA, J.; ALMEIDA, D. Educação Médica com Simulações Digitais: Avanços em Dermatologia. Educação em Saúde, v. 5, pág. 150-162, 2022.

SILVEIRA, M. O papel do Médico na Era da Inteligência Artificial. Medicina Atual, v. 6, pág. 98-107, 2021.

SOHAIL, N.; *et al*. AI in Dermatology: Bridging the Gap in Patient Care and Education. Clinics in Dermatology, 2024.

SOUZA, J.; LIMA, P. Revolução Tecnológica e suas Implicações na Saúde. Ciência & Tecnologia, v. 1, pág. 33-47, 2022.

VERCESI BERALDI, G.; FEDALTO KIEUTIKA, I. *et al*. Dermatologia Genética: A Influência dos Genes no Desenvolvimento de Doenças Cutâneas. Brazillian. Journal. Implantology. Health Sciences. [Internet]. 28º de novembro de 2024 [citado 20º de dezembro de 2024];6(11):4172-85. Disponível em: https://bjihs.emnuvens.com.br/bjihs/article/view/4563

YOUNG, AT., XIONG, M., PFAU, J., KEISER, MJ.; WEI, ML. Artificial Intelligence in Dermatology: a Primer. Journal Of Investigative Dermatology, [S.L.], v. 140, n. 8, p. 1504-1512, ago. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jid.2020.02.026. Acesso em: 19 dez. 2024.

ZARFATI, M.; NADKARNI, GN.; GLICKSBERG, BS. *et al*. Exploring the Role of Large Language Models in Melanoma: A Systematic Review. J Clin Med., v. 13, n. 23, 7480, 2024.