

Potencialidades e desafios do uso da Inteligência artificial no manejo das dores crônicas: uma revisão de escopo

Potentialities and challenges of using artificial intelligence in chronic pain management: a scoping review

Potencialidades y desafíos del uso de la inteligencia artificial en el manejo del dolor crónico: una revisión de alcance

Frederico de Oliveira Meirelles <https://orcid.org/0000-0001-6075-2106>¹; Mariana Inocêncio Matos <https://orcid.org/0000-0002-2717-062X>²; Katia Maria Braga Edmundo <https://orcid.org/0000-0001-5726-1998>¹; Claudia Leite de Moraes <https://orcid.org/0000-0002-3223-1634>^{1,3}

Resumo O objetivo deste estudo é mapear o que vem sendo produzido na literatura científica sobre o uso da inteligência artificial (IA) no manejo das dores crônicas, principal motivo de incapacidade no mundo. Revisão de escopo seguindo as diretrizes PRISMA-ScR. A busca de artigos foi realizada nas bases de dados: MEDLINE; LILACS; SPORTDiscus; SCOPUS; CENTRAL; Science Direct; IEEE Xplore; e Association for Computing Machinery Digital Library and arXiv. Combinou-se os descritores “Chronic Pain” e seus sinônimos com os termos “Artificial Intelligence” ou “Machine Learning” ou seus sinônimos. Inicialmente, identificaram-se 2.767 artigos, sendo selecionados e analisados 109 estudos. Percebe-se que o volume de produção científica vem crescendo ao longo dos anos. A maioria dos algoritmos de IA utilizados focalizaram a classificação de indivíduos de acordo com o tipo de dor crônica e a predição de grupos de risco. Suport Vector Machine, Random Forrest, Redes Neurais, Regressão logística e K-means foram os algoritmos mais usados. Poucos estudos focalizaram o uso da IA na atenção primária. Destaca-se o potencial da IA para prevenir e melhorar o manejo das dores crônicas.

Palavras-chave Dor crônica, Inteligência artificial, Aprendizado de máquina, Atenção primária à saúde, Saúde da família

Abstract This study aims to map the scientific literature on using artificial intelligence (AI) in managing chronic pain, the leading cause of disability worldwide. A scoping review was conducted following PRISMA-ScR guidelines. We searched for articles in MEDLINE, LILACS, SPORTDiscus, SCOPUS, CENTRAL, Science Direct, IEEE Xplore, Association for Computing Machinery Digital Library, and arXiv databases. Descriptors “Chronic Pain” and its synonyms were combined with “Artificial Intelligence” or “Machine Learning” or their synonyms. Initially, 2,767 articles were identified, and 109 studies were selected and analyzed. The volume of scientific production has been increasing over the years. Most adopted AI algorithms focused on classifying individuals by type of chronic pain and predicting risk groups. Support Vector Machine, Random Forest, Neural Networks, Logistic Regression, and K-means were the most adopted algorithms. Few studies focused on AI use in primary health care. We underscore AI’s potential to prevent and improve chronic pain management.

Key words Chronic pain, Artificial intelligence, Machine learning, Primary health care, Family health

Resumen El objetivo de este estudio es mapear lo producido en la literatura científica sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) en el manejo del dolor crónico, principal causa de discapacidad en todo el mundo. Se realizó una revisión de alcance siguiendo las directrices PRISMA-ScR. La búsqueda de artículos se realizó en las siguientes bases de datos: MEDLINE; LILACS; SPORTDiscus; SCOPUS; CENTRAL; Science Direct; IEEE Xplore; y la Biblioteca Digital de la Association for Computing Machinery y arXiv. Los descriptores “Chronic Pain” y sus sinónimos se combinaron con los términos “Artificial Intelligence” o “Machine Learning” o sus sinónimos. Inicialmente se identificaron 2.767 artículos y se seleccionaron y analizaron 109 estudios. Se observa que el volumen de producción científica ha ido creciendo a lo largo de los años. La mayoría de los algoritmos de IA utilizados se centraban en clasificar a los individuos según el tipo de dolor crónico y predecir grupos de riesgo. Support Vector Machine, Random Forrest, Neural Networks, Logistic Regression y K-means fueron los algoritmos más utilizados. Pocos estudios se han centrado en el uso de la IA en atención primaria. Se destaca el potencial de la IA para prevenir y mejorar el manejo del dolor crónico.

Palabras clave Dolor crónico, Inteligencia artificial, Aprendizaje automático, Atención primaria, Salud familiar

¹ Programa de Pós-Graduação em Saúde da Família, Universidade Estácio de Sá. Avenida das Américas 700, Loja 218, Bloco 8 do Conjunto Comercial Citty, Barra da Tijuca. 22640-100 Rio de Janeiro RJ Brasil. fredericomeirelles@hotmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro RJ Brasil.

³ Instituto de Medicina Social Hésio Cordeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro RJ Brasil.

Introdução

Dor crônica é um problema de saúde frequente e complexo que gera um grande impacto na sociedade¹. É considerada um dos maiores problemas globais de saúde pública e, de acordo com o Global Burden of Disease Study², é a maior causa de incapacidade no mundo. Apesar de ser um dos assuntos mais pesquisados na área de saúde, as evidências até o momento são incapazes de mudar o status de causa líder de incapacidade no planeta³.

Segundo a International Association for the Study of Pain (IASP), a dor é uma experiência sensitiva e emocional desagradável associada a uma lesão tecidual real ou potencial⁴. Quando essa dor é contínua ou intermitente por mais de 12 semanas, é denominada dor crônica. A dor crônica primária (DCP) é definida como dor sem causa aparente, que persiste por mais de três meses em uma ou mais regiões anatómicas, causando um significativo sofrimento emocional (ansiedade, raiva/frustração ou humor deprimido) e/ou incapacidade funcional (interferência nas atividades diárias e redução da participação em papéis sociais)⁵. O processo que pode levar à DCP é multifatorial. Fatores biológicos, psicológicos e sociais contribuem para a síndrome da dor⁶. Segundo tal classificação, temos como dores crônicas secundárias: dor crônica relacionada ao câncer⁷; dor crônica pós cirúrgica ou pós traumática⁸; dor neuropática crônica⁹; dor orofacial ou cefaleia crônica secundária¹⁰; dor visceral crônica secundária¹¹; e dor crônica musculoesquelética secundária^{6,12} (Material Suplementar 1, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>).

A maior dificuldade no tratamento da dor crônica é a multiplicidade de fatores que estão complexamente interligados na gênese do problema¹³. Como as causas são difusas, o manejo do problema acaba sendo pouco específico. Essa situação acaba por reduzir a efetividade das propostas terapêuticas¹⁴. Estimular estudos sobre intervenções em que o tratamento e/ou prevenção da dor de indivíduos sejam baseados em um risco absoluto individual, e não em um risco geral, hipoteticamente poderia gerar evidências que melhor subsidiassem a escolha das estratégias terapêuticas¹⁵. A observação da pouca efetividade das intervenções, da recorrência da síndrome e dos desafios em seu manejo parecem indicar que é necessário investir em novas ferramentas diagnósticas e terapêuticas.

Recentemente, a literatura tem sugerido diversos usos da inteligência artificial (IA) na

área da saúde. Entre as possibilidades de utilização de IA, ressalta-se o uso para rastreamento e diagnóstico de problemas de saúde, suporte para decisão de tratamento, para indicação de especialistas, estimativa do prognóstico, análise de prontuários, construção de bases de conhecimento, extração de informações e provisão de informações descritivas. As ferramentas de IA podem ser direcionadas ao profissional de saúde, ao gestor de saúde e ao paciente e/ou responsável¹⁶. Como ferramenta que, baseada em dados pregressos, consegue entender padrões e regras e assim estimar o risco de determinado desfecho ocorrer¹⁷, nos últimos anos a IA vem sendo cada vez mais utilizada como instrumento de apoio à tomada de decisão em diferentes etapas do cuidado em saúde. Entretanto, ainda não temos conhecimento suficiente para indicar as potencialidades e os desafios de seu uso na saúde. Assim, pesquisas sobre o tema devem ser incentivadas.

Explorar o potencial dos algoritmos de inteligência artificial utilizados no manejo de indivíduos com dores crônicas pode gerar evidências que auxiliem na promoção da saúde e na prevenção de novos casos, além de aumentar a efetividade das propostas terapêuticas no tratamento, reduzindo as consequências negativas para o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas afetadas¹⁸.

O Sistema Único de Saúde (SUS), instituído pela Constituição de 1988 e baseado nos princípios de universalidade, integralidade e equidade, assegura o acesso gratuito à saúde para todos os brasileiros¹⁹. A atenção primária à saúde (APS) ocupa posição central na estrutura do SUS, sendo a principal porta de entrada da Rede de Atenção à Saúde (RAS)²⁰. No Brasil, a APS é predominantemente organizada pela Estratégia Saúde da Família (ESF), visando a promoção da saúde, a prevenção de agravos, além de cuidado contínuo e integral^{19,21}. Dada a complexidade e a abrangência do SUS, o uso de tecnologias emergentes, como ferramentas de IA, despontam como uma oportunidade promissora para otimizar a gestão e a prestação de serviços. No contexto da APS, a IA pode aprimorar a triagem, o monitoramento de doenças crônicas e a personalização dos cuidados, potencializando as ações de promoção da saúde e prevenção de agravos.

Visando ampliar o conhecimento sobre o uso de IA nos serviços de saúde, o objetivo deste estudo é fazer uma revisão de escopo abrangente sobre o uso da IA no manejo das dores crônicas nos serviços de saúde, especialmente

na APS/ESF, identificando os cenários de aplicação da IA que vêm sendo estudados, os tipos de algoritmos utilizados para o manejo das dores crônicas e quais são os mais promissores, os principais preditores que têm sido utilizados nestes algoritmos, a população beneficiária dos resultados da aplicação de IA (gestores, profissionais de saúde, usuários), quais as condições de dor crônica mais estudadas e as com potencial para crescimento, além de apontar lacunas de conhecimento sobre o tema.

Métodos

Redação e registro

Esta revisão foi planejada, realizada e redigida conforme as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR)^{22,23}. O projeto foi registrado no Open Science Framework (OSF) com o número de identificação: DOI 10.17605/OSF.IO/2GE63, disponível no link <https://osf.io/2ge63/>.

Desenho de estudo

Trata-se de uma revisão de escopo, de acordo com as orientações do JBI Manual for Evidence Synthesis²⁴, disponível em: <https://synthesis-manual.jbi.global>.

Pergunta da revisão

O que a literatura científica apresenta atualmente sobre o uso de ferramentas com inteligência artificial no manejo das dores crônicas?

Critérios de elegibilidade

Critérios de inclusão

Como critérios de inclusão, temos: a) amostra/população – portadores de dores crônicas musculoesqueléticas e indivíduos saudáveis; b) uso de técnica de inteligência artificial em qualquer momento da reabilitação; c) análise de qualquer tipo de desfecho, preferencialmente desfechos clínicos; e d) sem restrições baseadas em raça, sexo, idade ou religião.

Critérios de exclusão

Como critérios de exclusão, consideramos: a) estudos publicados em revistas sem revisão por pares; b) protocolos de pesquisa ou demais

publicações que não tragam resultados de pesquisa original; e c) estudos que tenham utilizado qualquer outro método de análise de dados que não sejam referentes à inteligência artificial.

Estratégia de busca bibliográfica

Uma busca bibliográfica sem filtro de tempo ou idioma foi feita em 28 de março de 2023 nas seguintes bases de dados: MEDLINE (US National Library of Medicine); LILACS (Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences); SPORTDiscus; SCOPUS; CENTRAL; Science Direct; IEEE Xplore; Association for Computing Machinery Digital Library and arXiv.

A chave de busca foi elaborada por dois autores independentes e discordâncias foram debatidas e resolvidas com todo o grupo de autores. Foram utilizados, para a criação da chave de busca, os operadores booleanos “OR” entre sinônimos e “AND” entre os descritores. Os descritores, presentes nas bases Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH), “Chronic Pain” e seus sinônimos foram utilizados em combinação com os termos “Artificial Intelligence” ou “Machine Learning” ou seus sinônimos. Os descritores foram adaptados para utilização em todas as bases de dados, somente com a chave de busca sendo específica para melhor clareza dos resultados e fácil reprodutibilidade. A estratégia de busca completa utilizada nas bases de dados está disponível no Material Suplementar 2 (disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>).

Após fazer a busca em todas as bases de dados, os estudos foram analisados e os duplicados, excluídos. Após a exclusão dos duplicados, dois autores independentes analisaram títulos e resumos, excluindo aqueles que não se enquadraram nos critérios de seleção previamente definidos. Discordâncias entre os autores foram debatidas e resolvidas com todo o grupo de autores.

Os artigos selecionados foram lidos na íntegra por dois avaliadores independentes, com as informações de interesse sendo extraídas utilizando-se de um formulário de extração de dados focado nas seguintes características: autor, ano, país, área de publicação da revista, tipo de dor crônica, mensuração da dor, idade dos participantes, tipo de atenção, tipo de estudo, tamanho da amostra, objetivo do estudo, alvo da ferramenta, tipo de IA, objetivo da IA, fontes dos dados e tipos de dados.

Resultados

A busca de artigos nas nove bases de dados resultou em um apanhado de 2.767 artigos recuperados. Desses, 517 estavam duplicados em diferentes bases e foram excluídos. Dos 2.250 artigos restantes, 2.087 foram excluídos após a leitura dos resumos por não abordarem o tema. Cento e sessenta e quatro artigos foram selecionados para leitura completa e análise da elegibilidade de acordo com os critérios de exclusão e inclusão estipulados previamente. Nesse estágio da triagem, 75 artigos foram excluídos pelos seguintes motivos: população inadequada ($n = 31$), desfecho inadequado ($n = 23$), intervenção inadequada ($n = 15$) e tipo de estudo inadequado ($n = 6$). Assim, 89 artigos foram selecionados após passarem pelo crivo de elegibilidade na leitura completa. Em um segundo momento, 26 artigos extras foram recuperados por buscas manuais de citações, sendo seis excluídos na elegibilidade por análise de desfecho inadequado, restando 20 artigos adicionais. Por conseguinte, 109 artigos contemplaram os critérios de elegibilidade estipulados e foram incluídos nesta revisão de escopo (Figura 1).

Os estudos selecionados foram bastante abrangentes, de acordo com os critérios pré-estipulados (amostra, uso de técnica de inteligência artificial em qualquer momento da reabilitação e análise de qualquer tipo de desfecho sem restrições baseadas em raça, sexo, idade e religião). Em termos de data de publicação, os estudos selecionados foram publicados entre 2002 e março de 2023 (data da busca). Os países com maior quantidade de publicações na área foram Estados Unidos, com 44 estudos, Inglaterra, 16 estudos, e Canadá, 10 estudos. Apenas dois foram realizados por pesquisadores brasileiros. O crescimento gradativo do número de publicações na área é visível, principalmente a partir de 2018 (Figura 2).

O uso das ferramentas baseadas em IA tiveram diferentes objetivos, havendo grande variação em relação ao nível de atenção à saúde destinado. A maior parte dos estudos não especifica se a ferramenta seria útil na atenção primária, secundária e/ou terciária ($n = 60$). Dos que informam para onde será destinada a ferramenta baseada em IA, a maior parte focou a atenção terciária ($n = 31$), seguida pela secundária ($n = 12$). Apenas cinco estudos indicam a APS para o destino das ferramentas baseadas em IA. E um estudo foi desenvolvido para múltiplos destinos ($n = 1$) (Material Suplementar 3, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>).

Dos cinco estudos direcionados à APS, quatro foram longitudinais (três observacionais e um estudo controlado randomizado) e um transversal. Fodeh et al.²⁹ (2017) focalizaram a análise de padrões em dados de avaliação não estruturados dos prontuários de pacientes com dor crônica, buscando entender tendências em informações como anotações de prontuários e relatos de pacientes e oferecer uma visão mais ampla e integrada do estado de saúde do paciente. Nijeweme-d'Hollosy et al.²⁸ (2018) tiveram o propósito de explorar as possibilidades do uso de machine learning no suporte à decisão clínica nos indivíduos com dores lombares crônicas, envolvendo a criação de ferramentas que orientassem os profissionais na escolha terapêutica. Tsai et al.²⁶ (2021) analisaram a performance de preditores relacionados ao movimento e às horas de sono com a finalidade de identificar fatores que pudessem prevenir as dores crônicas ou moldar a resposta ao tratamento. O estudo Nephew et al.²⁵ (2022) investigou associações de variáveis individuais com depressão e dor crônica visando identificar relações entre fatores específicos e desfechos em saúde, facilitando a compreensão de como determinadas características dos pacientes e dos tratamentos estão conectadas a resultados específicos. Já Liew et al.²⁷ (2023) focalizaram o uso de IA para a classificação de subgrupos de indivíduos com dor lombar, visando encontrar estratégias específicas de tratamento, aumentando a eficácia terapêutica.

Utilizando a classificação atual de dores crônicas sugerida pela IASP⁶, que classifica a dor crônica em sete subtipos, observa-se que grande parte dos estudos foi direcionado às dores crônicas musculoesqueléticas ($n = 39$). A dor crônica primária também foi alvo de boa parte dos estudos ($n = 25$). Foram encontrados em menor número estudos focando dor visceral crônica ($n = 9$), dor crônica do câncer ($n = 7$), dor de cabeça ou orofacial crônica ($n = 4$), dor pós-cirúrgica e pós-traumática crônica ($n = 4$) e dor neuropática crônica ($n = 2$). Ressalta-se que algumas publicações não relataram o tipo de dor crônica para a qual o estudo foi realizado ($n = 19$) (Figura 3).

Ao analisar os estudos de acordo com a topografia corporal da dor a que se destinam, percebe-se que as regiões corporais diferem entre os estudos. Apesar de a maioria dos estudos selecionados não especificar o local da dor crônica ($n = 57$), boa parte deles teve como alvo a dor lombar crônica ($n = 32$), seguida por dor nas costas crônica (em que o local da coluna não foi especificado) ($n = 7$), dor pélvica crônica (n

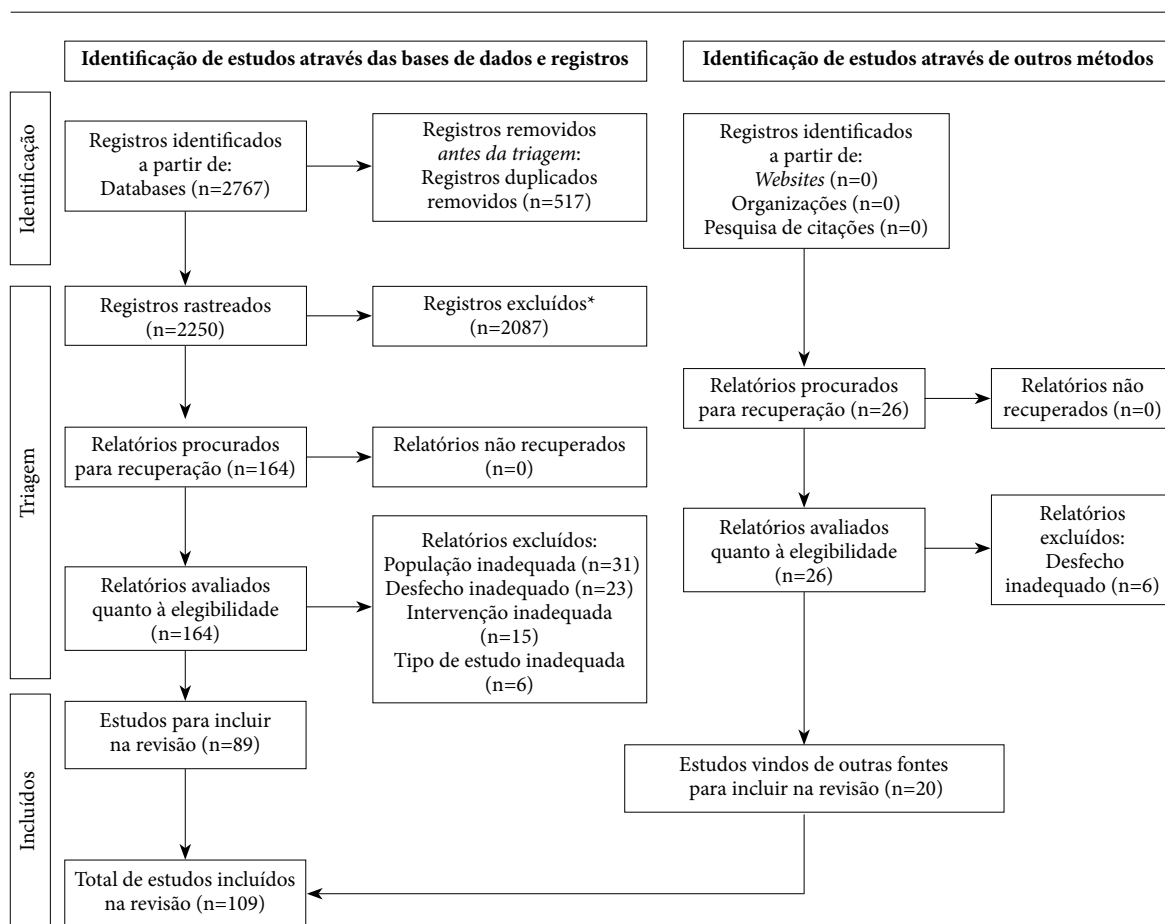


Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos.

* Estudos excluídos após leitura do resumo por não abordarem o tema.

Fonte: Adaptado de The Prisma 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews¹⁵.

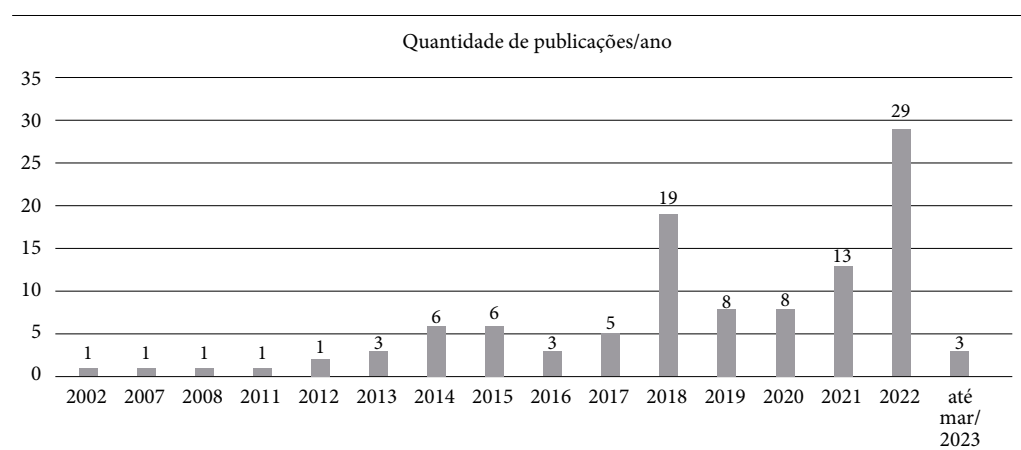


Figura 2. Distribuição dos artigos que participaram da revisão de escopo de acordo com o ano de publicação.

Fonte: Autores.

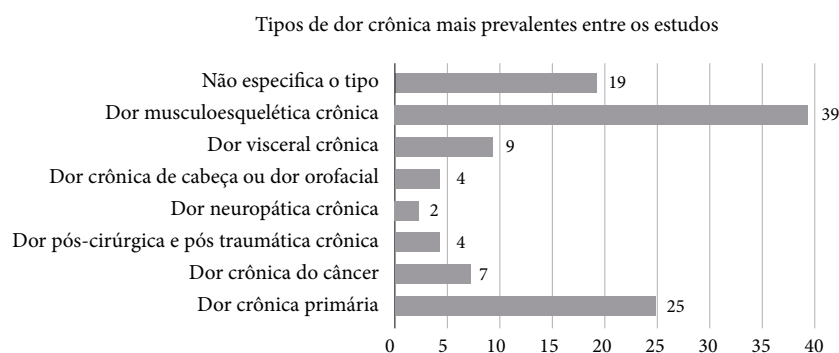


Figura 3. Distribuição dos artigos em função do subtipo de dor crônica de acordo com os critérios da IASP⁶.

Fonte: Autores.

= 5), dor cervical crônica e dor no joelho crônica, ambas com a mesma quantidade de estudos ($n = 3$), e por último dor de cabeça ou orofacial crônica ($n = 2$) (Material Suplementar 4, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>).

Ao analisar a população-alvo da ferramenta, destacamos a grande quantidade de estudos voltados ao paciente, ou seja, em que o indivíduo portador da condição crônica ($n = 97$) seria o principal usuário da ferramenta. Uma quantidade diminuta de estudos foi desenvolvida com a finalidade de apoiar os profissionais ($n = 9$) e gestores ($n = 2$) de saúde no manejo da dor crônica.

Para uma melhor compreensão, os resultados foram organizados em dois grandes quadros: características gerais e metodológicas dos estudos (Quadro 1, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>) e característica das ferramentas e dos dados utilizados na pesquisa (Quadro 2, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>).

Esta revisão de escopo, identificou e sistematizou diversos aspectos importantes da literatura científica relacionada às ferramentas de IA aplicadas à área de dores crônicas. Como pode ser visto no Quadro 1 (disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>), a maior parte dos estudos foi realizada em países da América do Norte e da Europa, seguidos dos países asiáticos. A América do Sul apresentou apenas dois estudos, ambos feitos por pesquisadores brasileiros. Em termos de área de publicação do periódico, a maior parte era voltada para ciências médicas, tecnologia e diagnóstico

por imagem. As dores crônicas mais prevalentes foram, respectivamente: dor musculoesquelética crônica ($n = 39$), dor crônica primária ($n = 25$), dor visceral crônica ($n = 9$), dor crônica do câncer ($n = 7$), dor crônica de cabeça ou orofacial ($n = 4$), dor pós-cirúrgica ou pós-traumática crônica ($n = 4$) e dor neuropática crônica ($n = 2$). As ferramentas utilizadas para a mensuração da dor majoritariamente encontradas foram: Escala Visual Analógica ($n = 24$), Escala de Estimativa Numérica ($n = 19$) e questionários específicos. A idade média da amostra total relatada foi de 50 anos. A maioria dos estudos não informou o nível de atenção à Saúde ($n = 60$). Dos que informaram, destaque para a atenção terciária à saúde, com a maior quantidade de publicações ($n = 31$); inversamente, a APS ficou com a menor quantidade ($n = 5$). Desenhos de estudo observacionais foram predominantes na revisão ($n = 102$), aparecendo ainda pequena quantidade de estudos experimentais ($n = 7$). A amostra total de dados utilizados para análise foi contabilizada em 733.106,571, e os objetivos de estudo mais prevalentes foram: a classificação de indivíduos de acordo com o tipo de dor crônica e a predição de grupos de risco (Quadro 1, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>).

Além das características gerais e metodológicas, ainda foi verificado que os principais alvos dessas ferramentas são os pacientes, mas também há estudos voltados aos profissionais de saúde, e pouquíssimos aos gestores. Os tipos de IA utilizados incluem aprendizado supervisionado, semi-supervisionado e não supervisionado. Os supervisionados foram os mais en-

contrados ($n = 92$), em especial: Suport Vector Machine ($n = 32$), Random Forrest ($n = 31$), Regressão Logística ($n = 26$), Redes Neurais ($n = 13$) e K-means ($n = 10$). Os objetivos dos algoritmos de IA basicamente são classificação, predição e agrupamento de variáveis. As fontes de dados utilizadas pelas ferramentas de IA são diversas, abrangendo registros médicos eletrônicos, relatos de pacientes, sensores biométricos e dispositivos de monitoramento.

Dados provenientes de pesquisas clínicas e estudos longitudinais também são integrados para fornecer uma base de conhecimento abrangente e robusta. Os tipos de dados processados pelas ferramentas de IA variam entre dados estruturados e não estruturados. Eles podem estar em formato de texto, áudio ou imagem. Dados textuais incluem descrições verbais da dor pelos pacientes, notas clínicas e questionários. Imagens, como exames de imagens ou fotografias de áreas afetadas, fornecem informações visuais complementares. Áudios, como gravações de relatos de dor, são analisados para capturar nuances na comunicação verbal dos pacientes sobre sua experiência de dor (Quadro 2, disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>).

Discussão

Esta abrangente revisão de escopo revela que o volume de produção científica sobre IA em dores crônicas vem crescendo ao longo dos anos, especialmente após 2018, com primeiro estudo selecionado tendo sido publicado em 2002 e o último, em 2023 (data da busca). Este aumento considerável do número de estudos sobre o tema em tempos mais recentes possivelmente se deve à popularização das ferramentas de IA, à maior capacidade técnica e à maior capacidade computacional para conseguir processar cada vez uma maior quantidade de dados^{30,31}. Aliado a isso, a grande prevalência de dores crônicas ao redor do mundo e a dificuldade que os profissionais de saúde vêm enfrentando para melhorar o manejo dos indivíduos com essas condições também instigam a produção de novos estudos e a incorporação de novas tecnologias, entre elas a IA³². Usar a IA de diversas maneiras, como demonstrado nesta revisão, pode ser um caminho em um tema tão complexo e de difícil solução.

Diferentemente do esperado, foram encontrados somente cinco estudos com foco nas atividades desenvolvidas na APS, cenário que costuma ser a porta de entrada para pacientes

com essas condições. Como indicado na seção de Resultados, os cinco estudos divergem com relação aos seus objetivos e apresentam diferenças metodológicas que dificultam uma síntese quantitativa e sugerem ser esta uma área de investigação ainda incipiente. A escassez de estudos voltados à APS também revela que, apesar de as ferramentas de IA terem grande potencial para auxiliar no rastreamento de população de risco para dores crônicas no primeiro momento de contato com o sistema de saúde, ainda temos muito a avançar. Estimular pesquisadores familiarizados em IA e com experiência em atenção primária parece ser um caminho viável para o aumento de publicações na área e, consequentemente, o avanço de aplicações práticas de novas tecnologias na APS.

Entre os tipos de dores crônicas, a musculoesquelética foi a mais prevalente nos estudos ($n = 39$), seguida pela dor crônica primária ($n = 25$). Esse achado foi diferente do esperado, pois a dor crônica primária é, de acordo com a literatura especializada, a mais prevalente em todo o mundo⁵. Muitos estudos selecionados nesta revisão focalizaram a dor lombar crônica ($n = 32$), tendo em vista que é a condição musculoesquelética crônica mais prevalente do mundo. Dessa maneira, deve-se evitar a generalização dos resultados destes estudos para todas as dores crônicas. O direcionamento do uso dos algoritmos de IA nos estudos selecionados foi quase integralmente focado na utilização nos pacientes. Essa característica do alvo a ser atingido pelas ferramentas pode traduzir a percepção de que o manejo da condição das dores crônicas pelos pacientes é realmente um foco importante no cuidado desse campo de pesquisa.

Ressalta-se que os 109 estudos tiveram diferentes objetivos, desenhos e utilizaram distintos algoritmos. Essa diversidade temática e metodológica indica que o uso da IA em dores crônicas é um amplo campo de estudo a ter suas subáreas temáticas exploradas cada vez mais nos próximos anos. Outro resultado importante é o fato de a maioria dos algoritmos de IA utilizados focalizarem a classificação de indivíduos e a predição de grupos de risco ($n = 93$). Dos estudos encontrados, poucos focaram efetivamente o tratamento da dor crônica ($n = 5$), convergindo com os achados de revisões já publicadas sobre o tema^{33,34}. Essa parece ser uma grande lacuna, apesar de os algoritmos potencialmente serem de grande utilidade no auxílio das decisões de suporte clínico no tratamento e prognóstico.

Com relação aos temas de maior interesse, percebe-se que o uso de biomarcadores e neu-

roimagem para entender quais variáveis podem prever as respostas ao tratamento em pacientes com dores crônicas é um dos mais pesquisados³⁵⁻³⁸. Nesse campo, a análise de imagens funcionais do cérebro, como a ressonância magnética funcional, tem sido utilizada para identificar padrões cerebrais que se correlacionam com a resposta à dor e ao tratamento com fármacos, como analgésicos opioides³⁹⁻⁴¹. Outro tema importante foi a apreciação da performance da integração de sensores de movimento e eletromiografia (EMG) com algoritmos de machine learning na identificação de padrões anômalos em pacientes com dor crônica. A análise de dados capturados por sensores consegue distinguir características motoras sutis que podem contribuir para a dor^{42,43}. A questão do uso prolongado de opioides e a previsão de abuso dessas substâncias também é uma área de destaque. Estudos sugerem que algoritmos preditivos têm sido eficazes para identificar pacientes em risco de uso prolongado de opioides após procedimentos cirúrgicos ou dores crônicas^{44,45}. Este aspecto está diretamente relacionado ao crescente esforço para mitigar a epidemia de opioides, conforme evidenciado por Jones *et al.*⁴⁶ (2018), que argumentam que a previsão de comportamentos de uso inadequado pode ser a chave para reduzir o impacto dessa crise global de saúde.

A grande maioria dos estudos selecionados nesta revisão de escopo apresentou desenho observacional (n = 102). Essa característica metodológica revela que dados dos indivíduos foram utilizados para alguma análise indireta com IA, como classificar indivíduos em subgrupos, associar variáveis que possam ser relacionadas em busca de fatores de risco e prognósticos, identificar genes envolvidos em processos de cronicização, criar novos meios de avaliação para indivíduos com dores crônicas, conceber modelos para prever dor crônica pós-cirúrgica, prever a quantidade de opioide pós-cirurgia, entre outros. Estudos de intervenção e análise de eficácia terapêutica, como ensaios clínicos controlados randomizados, foram encontrados em pouca quantidade (n = 7) e devem ser mais estimulados⁴⁷. Por outro lado, um dos pontos fortes dos estudos é que a maioria (n = 56) utilizou, para avaliação da intensidade da dor nos indivíduos, as escalas de dor comumente empregadas na literatura sobre o tema, seguindo um padrão já presente no campo de estudo das dores crônicas⁴⁸.

Outro achado a ser ressaltado é o fato de que muitos dos estudos selecionados utilizam bancos de dados públicos e/ou dados de autor-

relato do paciente (n = 25), em que a qualidade dos dados pode não ser a ideal. A inteligência artificial necessita de uma grande quantidade de dados com origem conhecida e qualidade confiável para ter capacidade para fazer boas previsões⁴⁹. Na área da saúde, os dados estruturados são gerados em maior quantidade do que os dados não estruturados⁵⁰ e isso se refletiu no que foi encontrado na revisão, já que o número de estudos em que os dados estruturados foram utilizados como base para análise de IA (n = 89) foi muito superior ao dos que usaram dados não estruturados.

Como indicado na seção de Resultados, os algoritmos supervisionados foram os mais encontrados (n = 92), em especial: Suport Vector Machine (n = 32), Random Forrest (n = 31), Regressão Logística (n = 26), Redes Neurais (n = 13) e K-means (n = 10). Essa característica está em consonância com os tipos de dados estruturados aos quais há maior acesso nos sistemas de saúde, bem como com o fato de que grande parte das pesquisas teve como objetivo a classificação de indivíduos. A alta representatividade dos algoritmos supervisionados nos estudos sobre dores crônicas também foi ressaltada na primeira revisão sobre o tema, publicada em 2021³³. Tal revisão de escopo contou com 53 estudos, que priorizavam a descrição de quais métodos de *machine learning* e tipos de dados haviam sido utilizados. Diferentemente da presente pesquisa, selecionou apenas estudos em que a origem da dor crônica era desconhecida, usou somente três bases de dados e se limitou aos descritores “*machine learning*”, “*pain*” e “*fibromyalgia*”, o que reduziu sua abrangência.

Mais recentemente, Zhang *et al.*³⁴ (2023) publicaram uma revisão de escopo sobre o tema IA em dor. De maneira distinta do nosso estudo, selecionaram todos os tipos de dor. Apesar da estratégia de busca ter sido mais abrangente, não se atendo à dor crônica, os pesquisadores selecionaram apenas estudos de intervenção. A partir dos 30 artigos selecionados para a revisão, os autores encontraram uma maioria focada na avaliação da dor, seguida por abordagens baseadas em IA relacionadas à previsão da dor e ao suporte à decisão clínica, e uma minoria sobre abordagens baseadas em IA relacionadas ao autogerenciamento da dor.

Apesar do grande potencial de uso da IA no contexto da APS para um melhor manejo da dor crônica, seu uso automático pode levar a interpretações preconceituosas e equivocadas de um conjunto de dados (viés algorítmico). No contexto da APS, onde a diversidade é a norma,

é importante que os algoritmos sejam desenvolvidos, treinados e ajustados de maneira que evitem discriminações que possam levar a um manejo desigual entre grupos econômicos e sociais distintos no tratamento da dor. Em função das desigualdades e inequidades em saúde, é possível postular que subgrupos populacionais vulnerabilizados possam ter menor acesso a essas novas tecnologias. Garantir que todos tenham acesso aos possíveis benefícios da IA é um enorme desafio para os governos nos próximos anos.

Também vale ressaltar que o uso de IA depende de uma grande quantidade de dados sensíveis dos pacientes, habitualmente armazenados no sistema de informação do Sistema Único de Saúde. Assim, é preciso garantir que os dados estarão protegidos contra uso indevido. Visando garantir o uso ético de dados pessoais, foi criada em 2018 no Brasil a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Lei nº 13.709/2018, que regula o tratamento de dados pessoais tanto no ambiente online quanto offline com o objetivo de proteger a privacidade e os direitos fundamentais dos cidadãos⁵¹. Inspirada no Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR) da União Europeia, a LGPD estabelece regras para coleta, armazenamento, uso, compartilhamento e eliminação de dados pessoais. É uma iniciativa que busca garantir a transparência no uso dos dados pessoais, protegendo os direitos de privacidade dos indivíduos e promovendo práticas responsáveis e éticas por parte das empresas no tratamento das informações⁵².

Outro ponto a ser debatido é o quanto a relação entre os profissionais de saúde e os pacientes podem sofrer impactos com a entrada dessa nova tecnologia. Se a tecnologia substituir em vez de complementar o profissional, talvez leve o sistema de saúde a um processo de “desumanização”. Para que a IA seja uma aliada e não um problema, decisões governamentais devem regular seu uso para que beneficie a todos sem comprometer os valores fundamentais do cuidado em saúde.

Os resultados da pesquisa devem ser interpretados à luz de seus pontos fortes e limitações. Em termos dos pontos positivos, destaca-se que esta revisão foi abrangente, sem filtro de tempo ou idioma, em nove bases de dados (MEDLINE; LILACS; SPORTDiscus; SCOPUS; CENTRAL; Science Direct; IEEE Xplore; Association for Computing Machinery Digital Library and arXiv) de diferentes áreas. A busca foi realizada por dois autores independentes e um terceiro autor era solicitado para solucionar discordâncias. Foram incluídos estudos extras que não se

encontravam na busca inicial, mas estavam em referências de estudos analisados. Outro ponto forte foi o fato de a estrutura desta revisão de escopo ter seguido as recomendações PRISMA-ScR, tornando sua metodologia mais robusta e facilitando a comparação com estudos internacionais.

Por outro lado, devemos ter cautela na interpretação dos achados, pois esta revisão foi desenvolvida para ser uma abrangente busca da literatura científica sobre o tema, e não para avaliar a qualidade dos estudos encontrados ou para fazer uma síntese quantitativa dos resultados obtidos nos estudos originais. O pouco detalhamento metodológico e a ausência de uma avaliação formal da qualidade dos artigos são limitações deste estudo. E a busca da literatura, apesar de abrangente, é difícil em uma nova área, como a inteligência artificial, pois as nomenclaturas ainda estão se consolidando para virar palavras-chave e descritores científicos e a produção científica abrange diversas áreas interconectadas. Estimular padronização internacional nas publicações da área pode facilitar revisões futuras.

Em termos de desdobramentos deste estudo, pesquisas voltadas ao desenvolvimento e à avaliação de intervenções clínicas devem constituir o foco dos futuros estudos em inteligência artificial aplicada à dor crônica. Atualmente, observase predominância de estudos observacionais, majoritariamente direcionados à predição e à classificação de subgrupos de indivíduos. O próximo estágio é direcionar as novas pesquisas a utilizar esses preditores em ensaios clínicos controlados randomizados para estudar a eficácia de todo o processo. Esta será a pergunta a ser respondida pelos próximos estudos na área das dores crônicas: será que o grupo que utiliza a estratégia baseada em IA tem resultados melhores em comparação com o grupo-controle que utilizou a melhor estratégia atual (sem IA)?

Como visto, as potencialidades da utilização da IA no manejo das dores crônicas são promissoras. Os algoritmos de inteligência artificial têm demonstrado grande capacidade de classificar indivíduos com base no tipo de dor crônica e de predizer grupos de risco. Essas tecnologias oferecem novas possibilidades para um diagnóstico mais preciso e individualizado, bem como para o desenvolvimento de estratégias de tratamento personalizadas, que podem aumentar a eficácia terapêutica e a qualidade de vida dos pacientes com dores crônicas. No entanto, a implementação da IA nesse campo também enfrenta desafios importantes. A principal dificul-

dade reside na falta de estudos focados na atenção primária à saúde. É necessário desenvolver estudos robustos que validem essas tecnologias em diferentes populações e ambientes de cuidado, garantindo que as soluções de IA sejam acessíveis, eficazes e seguras para todos os pacientes.

Por fim, o estudo encontrou resultados que indicam um avanço na área, principalmente em diagnóstico e previsão de dor, análise de atividade cerebral, intervenções personalizadas e tecnologia de mobilidade e de sensores. Entretanto, apenas dois estudos foram ensaios clínicos controlados randomizados^{18,47} voltados a estimar o efeito de uma intervenção (terapia cognitivo comportamental), indicando que é preciso estimular pesquisas com esse foco para que se possa responder se realmente a incorporação da IA modifica os desfechos mais importantes relacionados à dor crônica.

Conclusão

Os resultados encontrados em nosso estudo indicam que as potencialidades do uso de IA no manejo das dores crônicas são uma realidade.

Trata-se de uma área fértil de geração de conhecimento, especialmente nos últimos anos. Considerando a diversidade de aplicações da IA nos diferentes cenários e populações e a heterogeneidade de seus usos, entendemos que há diversas possibilidades de melhorar o manejo dos indivíduos com dores crônicas cujo tratamento hoje é de difícil solução. Revisões sistemáticas com perguntas específicas e com análises formais da qualidade dos estudos incluídos devem ser estimuladas.

Ainda há uma importante carência de estudos focados na APS, paradoxalmente o local com maior potencial para a aplicação de algoritmos de IA e principal porta de entrada dos sistemas de saúde, inclusive o SUS, para pacientes com esse quadro. Nesse sentido, pesquisas que priorizem o uso de tecnologias de ponta no apoio à triagem, à tomada de decisão clínica e ao manejo de indivíduos com dor crônica, especialmente no contexto da APS, devem ser incentivadas. Por fim, ressaltamos que nosso estudo pode ser considerado como o mais abrangente já feito na área das dores crônicas no que se refere à aplicação da inteligência artificial, servindo de referência para novas pesquisas com esse enfoque.

Colaboradores

Concepção: FO Meirelles; CL Moraes; KMB Edmundo. Metodologia: FO Meirelles; CL Moraes; KMB Edmundo. Curadoria de dados: FO Meirelles; MI Matos; CL Moraes; KMB Edmundo. Análise formal: FO Meirelles; MI Matos; KMB Edmundo; CL Moraes. Investigação: FO Meirelles; MI Matos. Busca na literatura: FO Meirelles; MI Matos. Interpretação dos dados: FO Meirelles; MI Matos; KMB Edmundo; CL Moraes. Redação – versão original do manuscrito: FO Meirelles; KMB Edmundo; CL Moraes. Redação – revisão e edição: FO Meirelles; KMB Edmundo; CL Moraes. Supervisão: KMB Edmundo; CL Moraes.

Declaração de disponibilidade de dados

As fontes de dados utilizados na pesquisa estão indicadas no corpo do artigo. Material suplementar disponível em: <https://doi.org/10.48331/scielodata.QFMMDX>.

Referências

- Cohen SP, Vase L, Hooten WM. Chronic pain: an update on burden, best practices, and new advances. 2021; 397(10289):2082-2097.
- GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 2018; 392(10159):1789-1858.
- GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* 2017; 390(10100):1211-1259.
- Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, Keefe FJ, Mogil JS, Ringkamp M, Sluka KA, Song XJ, Stevens B, Sullivan MD, Tutelman PR, Ushida T, Vader K. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain* 2020; 161(9):1976-1982.
- Nicholas M, Vlaeyen JWS, Rief W, Barke A, Aziz Q, Benoliel R, Cohen M, Evers S, Giamberardino MA, Goebel A, Korwisi B, Perrot S, Svensson P, Wang SJ, Treede RD. The IASP classification of chronic pain for ICD11: chronic primary pain. *Pain* 2019; 160(1):28-37.
- Treede RD, Rief W, Barke A, Aziz Q, Bennett MI, Benoliel R, Cohen M, Evers S, Finnerup NB, Flor H, Giamberardino MA, Goebel A, Korwisi B, Perrot S, Svensson P, Wang SJ. Chronic pain as a symptom or a disease: the IASP classification of chronic pain for the International Classification of Diseases (ICD11). *Pain* 2019; 160(1):19-27.
- Bennett MI, Kaasa S, Barke A, Korwisi B, Rief W, Treede RD. The IASP classification of chronic pain for ICD11: chronic cancerrelated pain. *Pain* 2019; 160(1):38-44.
- Schug SA, Lavand'homme P, Barke A, Korwisi B, Rief W, Treede RD. The IASP classification of chronic pain for ICD11: chronic postsurgical or post-traumatic pain. *Pain* 2019; 160(1):45-52.
- Scholz J, Finnerup NB, Attal N, Aziz Q, Baron R, Bennett MI, Bouhassira D, Cruccu G, Finnerup NB, Flor H, Haanpaa M, Hansson P, Jensen TS, Kalso E, Kamerman PR, Nurmikko T, Raja SN, Rice ASC, Rowbotham M, Treede RD. The IASP classification of chronic pain for ICD11: chronic neuropathic pain. *Pain* 2019; 160(1):53-59.
- Benoliel R, Svensson P, Evers S, Wang SJ, Barke A, Korwisi B, Rief W, Treede RD. The IASP classification of chronic pain for ICD11: chronic secondary headache or orofacial pain. *Pain* 2019; 160(1):60-68.
- IASP Task Force for the Classification of Chronic Pain. The IASP classification of chronic pain for ICD11: chronic secondary visceral pain. *Pain* 2019; 160(1):69-76.
- Perrot S, Cohen M, Barke A, Korwisi B, Rief W, Treede RD. The IASP classification of chronic pain for ICD11: chronic secondary musculoskeletal pain. *Pain* 2019; 160(1):77-82.
- Barke A, Korwisi B, Jakob R, Konstanjsek N, Rief W, Treede RD. Classification of chronic pain for the International Classification of Diseases (ICD11): results of the 2017 international World Health Organization field testing. *Pain* 2022; 163(2):e310-e318.
- Joy Paul S, Kelly F, McMillan SS, King MA. Multidisciplinary interventions for chronic pain involving education: a systematic review. *PLoS One* 2019; 14(10):e0223306.
- Grossi E. How artificial intelligence tools can be used to assess individual patient risk in cardiovascular disease: problems with the current methods. *BMC Cardiovasc Disord* 2006; 6:20.
- Kueper JK, Terry AL, Zwarenstein M, Lizotte DJ. Artificial intelligence and primary care research: a scoping review. *Ann Fam Med* 2020; 18(3):250-258.
- Gunning D, Stefik M, Choi J, Miller T, Stumpf S, Yang GZ. XAI—explainable artificial intelligence. *Sci Robot* 2019; 4(37):eaay7120.
- Piette JD, Newman S, Krein SL, Marinec N, Chen J, Williams DA. Artificial intelligence to improve chronic pain care: evidence of AI learning. *Intell Based Med* 2022; 6:100064.
- Mendes EV. As redes de atenção à saúde. *Cien Saude Colet* 2010; 15(5):2297-2305.
- Mendes EV. *A construção social da atenção primária a saúde*. Brasília: Conselho Nacional de Secretários de Saúde; 2015.
- Almeida ER, Sousa ANA, Brandão CC, Carvalho FF, Tavares G, Silva KC. Política Nacional de Atenção Básica no Brasil: uma análise do processo de revisão (2015-2017). *Rev Panam Salud Publica* 2018; 42:e180.
- McGowan J, Straus S, Moher D, Langlois EV, O'Brien KK, Horsley T. Reporting scoping reviews – PRISMA ScR extension. *J Clin Epidemiol* 2020; 123:177-179.
- Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med* 2018; 169(7):467-473.
- Aromataris E, Munn Z. *JB I manual for evidence synthesis*. Adelaide: JBI; 2020.
- Nephew BC, Incollingo Rodriguez AC, Melican V, Polcari JJ, Nippert KE, Rashkovskii M. Depression predicts chronic pain interference in racially diverse, income-disadvantaged patients. *Pain Med* 2022; 23(7):1239-1248.
- Tsai PF, Wang CH, Zhou Y, Ren J, Jones A, Watts SO. A classification algorithm to predict chronic pain using both regression and machine learning – a stepwise approach. *Appl Nurs Res* 2021; 62:151504.
- Liew BX, Hartvigsen J, Scutari M, Kongsted A. Data-driven network analysis identified subgroup-specific low back pain pathways: a cross-sectional GLA:D Back study. *J Clin Epidemiol* 2023; 153:66-77.
- NijewemedHollosoy WO, Velsen L, Poel M, GroothuisOudshoorn CG, Soer R, Hermens H. Evaluation of three machine learning models for self-referral decision support on low back pain in primary care. *Int J Med Inform* 2018; 110:31-41.

29. Fodeh SJ, Finch D, Bouayad L, Luther S, Kerns RD, Brandt C. Classifying clinical notes with pain assessment. *Stud Health Technol Inform* 2017; 245:1261-1264.
30. Haug CJ, Drazen JM. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023. *N Engl J Med* 2023; 388(13):1201-1208.
31. Sarker M. Revolutionizing healthcare: the role of machine learning in the health sector. *J Artif Intell Gen Sci* 2024; 2(1):36-61.
32. Hasan F, Mudrey A, Joshi A. Role of Internet of Things (IoT), artificial intelligence and machine learning in musculoskeletal pain: a scoping review. *Cureus* 2023; 15(4):e37352.
33. Jenssen MDK, Bakkevoll PA, Ngo PD, Budrionis A, Fagerlund AJ, Tayefi M. Machine learning in chronic pain research: a scoping review. *Appl Sci* 2021; 11(7):3205.
34. Zhang M, Zhu L, Lin SY, Herr K, Chi CL, Demir I. Using artificial intelligence to improve pain assessment and pain management: a scoping review. *J Am Med Inform Assoc* 2023; 30(3):570-587.
35. Ichesco E, Peltier SJ, Mawla I, Harper DE, Pauer L, Harte SE. Prediction of differential pharmacologic response in chronic pain using functional neuroimaging biomarkers and a support vector machine algorithm: an exploratory study. *Arthritis Rheumatol* 2021; 73(11):2127-2137.
36. Lee J, Mawla I, Kim J, Loggia ML, Ortiz A, Jung C. Machine learningbased prediction of clinical pain using multimodal neuroimaging and autonomic metrics. *Pain* 2019; 160(3):550-560.
37. Brown CA, Almarzouki AF, Brown RJ, Jones AK. Neural representations of aversive value encoding in pain catastrophizers. *Neuroimage* 2019; 184:508-519.
38. Robinson ME, O'Shea AM, Craggs JG, Price DD, Letzen JE, Staud R. Comparison of machine classification algorithms for fibromyalgia: neuroimages versus self-report. *J Pain* 2015; 16(5):472-477.
39. Santana AN, Cifre I, Santana CN, Montoya P. Using deep learning and restingstate fMRI to classify chronic pain conditions. *Front Neurosci* 2019; 13:1313.
40. Rogachov A, Cheng JC, Hemington KS, Bosma RL, Kim JA, Osborne NR. Abnormal lowfrequency oscillations reflect traitlike pain ratings in chronic pain patients revealed through a machine learning approach. *J Neurosci* 2018; 38(33):7293-7302.
41. Tu Y, Ortiz A, Gollub RL, Cao J, Gerber J, Lang C. Multivariate restingstate functional connectivity predicts responses to real and sham acupuncture treatment in chronic low back pain. *Neuroimage Clin* 2019; 23:101885.
42. Lin YC, Yu NY, Jiang CF, Chang SH. Characterizing the SEMG patterns with myofascial pain using a multiscale wavelet model through machine learning approaches. *J Electromyogr Kinesiol* 2018; 41:147-153.
43. Golabchi FN, Sapienza S, Severini G, Reaston P, Tomecek F, Demarchi D. Assessing aberrant muscle activity patterns via the analysis of surface EMG data collected during a functional evaluation. *BMC Musculoskelet Disord* 2019; 20(1):13.
44. Lin HC, Wang Z, Hu YH, Simon K, Buu A. Characteristics of statewide prescription drug monitoring programs and potentially inappropriate opioid prescribing to patients with noncancer chronic pain: a machine learning application. *Prev Med* 2022; 161:107116.
45. Klemm C, Harvey MJ, Robinson MG, Esposito JG, Yeo I, Kwon YM. Machine learning algorithms predict extended postoperative opioid use in primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022; 30(8):2573-2581.
46. Jones MR, Viswanath O, Peck J, Kaye AD, Gill JS, Simopoulos TT. A brief history of the opioid epidemic and strategies for pain medicine. *Pain Ther* 2018; 7:13-21.
47. Piette JD, Newman S, Krein SL, Marinenc N, Chen J, Williams DA. Patientcentered pain care using artificial intelligence and mobile health tools: a randomized comparative effectiveness trial. *JAMA Intern Med* 2022; 182(9):975-983.
48. Åström M, Thet Lwin ZM, Teni FS, Burström K, Berg J. Use of the visual analogue scale for health state valuation: a scoping review. *Qual Life Res* 2023; 32(10):2719-2729.
49. Haenlein M, Kaplan A. A brief history of artificial intelligence: on the past, present, and future of artificial intelligence. *Calif Manage Rev* 2019; 61(4):5-14.
50. Batista AFM, Chiavegatto Filho ADP. *Machine learning aplicado à saúde*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Computação; 2019.
51. Frazão A, Oliva MD, Tepedino G. *Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais e suas repercussões no direito brasileiro*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil; 2019.
52. Raposo CFL, Lima HM, Oliveira Junior WF, Silva PAF, Souza Barros EE. LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais em tecnologia da informação: revisão sistemática. *RACE Rev Adm Cesmac* 2019; 4:58-67.

Artigo apresentado em 30/07/2024

Aprovado em 02/01/2025

Versão final apresentada em 04/01/2025

Editores-chefes: Maria Cecília de Souza Minayo, Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva, Vania de Matos Fonseca