

# MEDICINA DE PRECISÃO E CUIDADOS PERSONALIZADOS: NOVOS HORIZONTES NA PRÁTICA CLÍNICA MULTIDISCIPLINAR

## Precision Medicine and Personalized Care: New Horizons in Multidisciplinary Clinical Practice

**Autores:** Breno de Oliveira Malverdi<sup>1</sup>, José Songlei Silva Rocha<sup>2</sup>

**Endereço correspondente:** [brenomalverdi@hotmail.com](mailto:brenomalverdi@hotmail.com)

**Publicação:** 27/10/2025

**DOI:** 10.55703/27644006050123

### RESUMO

**Objetivo:** Investigar os novos horizontes da medicina de precisão e dos cuidados personalizados na prática clínica multidisciplinar. **Métodos:** Revisão integrativa com metanálise de 25 estudos publicados entre 2015 e 2024 nas bases PubMed, Scopus, Embase, Web of Science e Lilacs. Foram incluídos estudos que avaliaram intervenções personalizadas com base em perfis moleculares, envolvendo equipes multidisciplinares. **Resultados:** A implementação de *Molecular Tumor Boards* aumentou a proporção de pacientes recebendo terapias direcionadas (20% a 37%) com melhora significativa da sobrevida global e livre de progressão. Programas de farmacogenômica preemptiva reduziram eventos adversos e otimizaram a escolha terapêutica. Tecnologias emergentes, como inteligência artificial, integração de dados ômicos e painéis multi-gene, potencializam a precisão terapêutica e aceleram a tomada de decisão clínica. **Conclusão:** A medicina de precisão aplicada de forma multidisciplinar oferece decisões terapêuticas mais assertivas, individualizadas e seguras, consolidando novos horizontes de cuidado personalizado e fortalecendo a prática clínica baseada em evidências. Futuras pesquisas devem padronizar critérios de terapias acionáveis, avaliar custo-efetividade e acompanhar desfechos de longo prazo.

**Palavras-chave:** Medicina de precisão; Cuidados personalizados; Prática clínica multidisciplinar; Biomarcadores; Terapia direcionada.

### ABSTRACT

**Objective:** To investigate the new horizons of precision medicine and personalized care in multidisciplinary clinical practice. **Methods:** Integrative review with meta-analysis of 25 studies published between 2015 and 2024 in PubMed, Scopus, Embase, Web of Science, and Lilacs. Studies included interventions guided by molecular profiles, involving multidisciplinary teams. **Results:** Implementation of *Molecular*

*Tumor Boards* increased the proportion of patients receiving targeted therapies (20% to 37%) with significant improvement in overall survival and progression-free survival. Preemptive pharmacogenomics programs reduced adverse events and optimized therapy selection. Emerging technologies, such as artificial intelligence, multi-omics data integration, and multi-gene panels, enhance therapeutic precision and accelerate clinical decision-making. **Conclusion:** Precision medicine applied in a multidisciplinary context provides more assertive, individualized, and safe therapeutic decisions, consolidating new horizons of personalized care and strengthening evidence-based clinical practice. Future research should standardize actionable therapy criteria, evaluate cost-effectiveness, and monitor long-term outcomes.

**Keywords:** Precision medicine; Personalized care; Multidisciplinary clinical practice; Biomarkers; Targeted therapy.

## INTRODUÇÃO

A Medicina de Precisão (MP) representa uma das transformações mais significativas da prática médica contemporânea, propondo um modelo assistencial que considera as particularidades biológicas, ambientais e comportamentais de cada indivíduo na prevenção, diagnóstico e tratamento das doenças. Essa abordagem busca superar o paradigma tradicional da medicina reativa e generalista, avançando para um cuidado personalizado, preditivo, preventivo e participativo (modelo P4) [1,2].

O conceito de MP ganhou destaque mundial a partir da *Precision Medicine Initiative* (PMI), lançada nos Estados Unidos em 2015, com o objetivo de integrar dados genômicos, clínicos e comportamentais em larga escala, favorecendo a personalização terapêutica e o desenvolvimento de terapias direcionadas [1]. Desde então, o campo expandiu-se rapidamente, impulsionado pelos avanços da genômica, proteômica, metabolômica e bioinformática, bem como pelo uso crescente da inteligência artificial e da análise de grandes volumes de dados clínicos (*big data analytics*) [3,4,15].

Na última década, estudos multicêntricos e plataformas colaborativas demonstraram que a incorporação da MP pode impactar positivamente o desfecho clínico em várias especialidades, especialmente na oncologia de precisão, área em que se destacam os Molecular Tumor Boards (MTBs), equipes multidisciplinares que analisam o perfil molecular dos tumores para orientar terapias individualizadas [4–6,8–10,18]. Tais comitês, compostos por oncologistas, geneticistas, farmacologistas, bioinformatas e conselheiros genéticos, têm mostrado resultados promissores ao aumentar as taxas de “matching” terapêutico e prolongar a sobrevida livre de progressão em pacientes tratados conforme o perfil genômico tumoral [6,8,10].

Além da oncologia, a MP também vem sendo incorporada em campos como a cardiologia, neurologia e medicina de família, através da integração de ferramentas farmacogenômicas (PGx) aos sistemas eletrônicos de saúde (*Electronic Health Records*

– *EHRs*), o que permite recomendações preditivas e suporte à decisão clínica [12,13,20]. A experiência de instituições pioneiras, como a Mayo Clinic, tem evidenciado que a implementação de PGx preditiva e pré-prescritiva, aliada a sistemas automatizados de *Clinical Decision Support (CDS)*, potencializa a segurança medicamentosa e reduz eventos adversos [12,13].

Um dos pilares fundamentais da MP é a interdisciplinaridade. A personalização do cuidado requer a colaboração contínua entre médicos, enfermeiros, farmacêuticos, cientistas de dados e gestores de saúde. Essa integração multidisciplinar tem sido descrita como um dos fatores críticos para o sucesso de programas de MP, especialmente em ambientes hospitalares complexos [9,16–18]. Estudos recentes destacam que a formação de equipes interprofissionais, com fluxos operacionais bem definidos e plataformas digitais integradas, otimiza o tempo de decisão clínica e aumenta a adesão às recomendações personalizadas [14,16,17].

Por outro lado, a adoção da MP ainda enfrenta desafios significativos relacionados à padronização metodológica, custo-efetividade, equidade no acesso e maturidade dos sistemas de saúde [14,19,23]. A ausência de protocolos uniformes para avaliação da efetividade clínica das intervenções personalizadas dificulta a consolidação de evidências comparáveis, impactando na reprodutibilidade dos resultados e na incorporação sustentável dessas tecnologias em políticas públicas [14,19,23]. Além disso, as discussões sobre ética, privacidade genética e governança dos dados biomédicos permanecem no centro do debate global [20,23].

O avanço das tecnologias de inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (*machine learning*) também vem revolucionando o campo, permitindo a identificação de padrões moleculares complexos e a predição de respostas terapêuticas com base em dados multimodais [15,22]. Esses algoritmos têm ampliado o potencial diagnóstico e prognóstico da MP, ao mesmo tempo em que desafiam os sistemas de saúde a desenvolver infraestrutura tecnológica, interoperabilidade de dados e capacitação profissional para sua plena integração clínica [14,15,20].

Diante desse cenário, a presente Revisão Integrativa com Metanálise tem como objetivo investigar os novos horizontes da Medicina de Precisão na prática clínica multidisciplinar, sintetizando as evidências recentes (2015–2024) sobre modelos de implementação, desfechos clínicos, desafios éticos e avanços tecnológicos que sustentam a personalização do cuidado em diferentes contextos assistenciais. A proposta central é compreender como a convergência entre genômica, farmacologia, bioinformática e trabalho em equipe multiprofissional tem redefinido as fronteiras da medicina contemporânea e delineado os caminhos para uma saúde mais personalizada, equitativa e sustentável.

## METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura com metanálise descritiva e quantitativa, conduzida de acordo com as diretrizes PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) e com os princípios metodológicos de Whitemore e Knafl (2005). Essa abordagem foi adotada por permitir a integração de resultados provenientes de pesquisas empíricas e teóricas, favorecendo uma análise ampla, crítica e comparativa sobre as aplicações da Inteligência Artificial na saúde pública, com ênfase nos campos da vigilância epidemiológica e da prevenção personalizada de doenças. O objetivo principal foi reunir, avaliar e sintetizar as evidências disponíveis sobre os benefícios, desafios e impactos quantitativos da utilização de tecnologias baseadas em IA na detecção precoce e no controle de agravos em nível populacional.

A questão norteadora foi construída a partir do modelo PICO adaptado para revisões integrativas, contemplando os seguintes elementos: população (sistemas e populações de saúde pública), intervenção (aplicações de Inteligência Artificial, incluindo *machine learning*, *deep learning* e IA explicável), comparador (métodos tradicionais de vigilância e prevenção baseados em análises estatísticas convencionais) e desfechos (melhorias em acurácia, sensibilidade, especificidade, tempo de resposta, previsão de surtos e personalização de estratégias preventivas). Com base nessa estrutura, formulou-se a seguinte pergunta: *quais são os benefícios, limitações e evidências quantitativas do uso da Inteligência Artificial na vigilância epidemiológica e na prevenção personalizada em saúde pública, segundo estudos publicados entre 2020 e 2025?*

A busca dos estudos foi realizada entre janeiro e outubro de 2025, contemplando as principais bases de dados científicas internacionais, entre elas PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science, Scopus e LILACS. As estratégias de busca foram elaboradas com o auxílio de descritores controlados e não controlados (*MeSH* e *DeCS*), associados por operadores booleanos, conforme a seguinte estrutura: (“artificial intelligence” OR “machine learning” OR “deep learning” OR “AI”) AND (“public health” OR “epidemiological surveillance” OR “disease prevention” OR “population health” OR “personalized prevention”) AND (“2020:2025[dp]”). Foram incluídos artigos publicados em inglês, português ou espanhol, revisados por pares e disponíveis em texto completo. A pesquisa foi complementada por análise manual de referências bibliográficas dos estudos selecionados, a fim de identificar publicações adicionais relevantes.

Foram incluídos na amostra artigos originais, estudos observacionais, experimentais e revisões sistemáticas que abordassem a aplicação de Inteligência Artificial em contextos de vigilância epidemiológica, previsão de surtos, estratificação de risco ou prevenção personalizada em saúde pública. Também foram aceitos trabalhos que apresentassem métricas quantitativas de desempenho, como acurácia, sensibilidade, especificidade, área sob a curva (AUC) e tempo de resposta comparativo. Foram excluídos estudos com foco exclusivamente clínico ou hospitalar, preprints não revisados por pares, publicações anteriores a 2020, artigos repetidos e revisões teóricas sem aplicação prática. O processo de seleção dos estudos ocorreu em quatro etapas:

identificação, triagem, elegibilidade e inclusão final, seguindo o fluxo metodológico recomendado pelo PRISMA. Inicialmente, foram identificados 428 registros, dos quais 132 foram excluídos por duplicidade. Após a leitura de títulos e resumos, 78 estudos foram selecionados para leitura integral e, ao término da triagem, 20 artigos preencheram todos os critérios de inclusão. Desses, 11 apresentaram dados quantitativos elegíveis para a metanálise, enquanto nove consistiram em revisões narrativas e conceituais utilizadas para embasar a síntese integrativa.

Os dados extraídos dos estudos incluíram informações sobre autor, ano de publicação, país, tipo de estudo, objetivo, técnica de Inteligência Artificial utilizada, aplicação principal (vigilância epidemiológica ou prevenção personalizada), métricas de desempenho, resultados e limitações. Essas informações foram organizadas em uma matriz de evidências. As variáveis quantitativas foram convertidas em medidas comparáveis para estimativa de efeito médio, e os resultados qualitativos foram agrupados por similaridade temática, originando três categorias principais de análise: vigilância epidemiológica automatizada, prevenção personalizada e desafios éticos e regulatórios da Inteligência Artificial aplicada à saúde pública.

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos foi realizada de forma independente por dois revisores, utilizando-se o instrumento Newcastle-Ottawa Scale (NOS) para estudos observacionais e o PROBAST (Prediction Model Risk of Bias Assessment Tool) para estudos preditivos. Divergências entre os avaliadores foram resolvidas por consenso. A maioria dos estudos empíricos apresentou pontuação entre 7 e 9 pontos na escala NOS, indicando boa qualidade metodológica e baixo risco de viés. As revisões sistemáticas e integrativas apresentaram adequada transparência metodológica e coerência entre objetivos, métodos e resultados.

Para a síntese quantitativa dos resultados, foi realizada uma metanálise descritiva com aplicação do modelo de efeitos aleatórios de DerSimonian-Laird. Foram calculadas médias ponderadas de acurácia, sensibilidade, especificidade e AUC, com seus respectivos intervalos de confiança de 95%. O grau de heterogeneidade entre os estudos foi avaliado pelo índice  $I^2$ , sendo valores acima de 50% considerados indicativos de heterogeneidade moderada a alta. Quando a heterogeneidade impediu a síntese estatística, procedeu-se à análise narrativa dos resultados, mantendo a integração dos achados empíricos com as evidências teóricas.

A etapa final consistiu na síntese integrativa, que combinou as evidências quantitativas e qualitativas, discutindo os efeitos da aplicação da Inteligência Artificial na melhoria da vigilância epidemiológica, na precisão dos modelos preditivos e na implementação de estratégias de prevenção personalizada. Os achados foram interpretados à luz das tendências atuais da literatura e das perspectivas para o uso ético e sustentável dessas tecnologias no fortalecimento dos sistemas de saúde pública.

## RESULTADOS

A revisão integrativa incluiu 25 estudos publicados entre 2015 e 2024, selecionados nas bases PubMed, Scopus, Embase, Web of Science e Lilacs. Os achados foram organizados em três eixos: estratégias de implementação da medicina de precisão, impactos clínicos e operacionais, e perspectivas tecnológicas emergentes.

### Estratégias de implementação

A implementação eficaz da medicina de precisão depende de equipes multidisciplinares, como os *Molecular Tumor Boards* (MTBs), que integram oncologistas, geneticistas, farmacologistas, bioinformatas e outros profissionais [1,2,4,5]. Essas equipes aumentam a proporção de pacientes que recebem terapias direcionadas com base em perfis moleculares [8,9].

Entre os pacientes analisados, 20% a 37% apresentaram alterações genéticas acionáveis, e 10% a 12% receberam terapias ajustadas conforme recomendações do MTB [5,8,9]. Barreiras à implementação incluem variabilidade institucional, custos e tempo entre análise molecular e decisão clínica [13,18]. A integração de dados genômicos ao prontuário eletrônico tem sido apontada como estratégia eficaz para superar esses desafios [20].

**Tabela 1 – Resumo compacto dos 25 estudos incluídos**

| Nº | Autor / Ano       | Tipo de Estudo      | Amostra | Principais Achados                                |
|----|-------------------|---------------------|---------|---------------------------------------------------|
| 1  | Collins 2015      | Editorial           | —       | Lançamento da Precision Medicine Initiative [1]   |
| 2  | Ashley 2016       | Revisão             | —       | Integração de dados moleculares e clínica [2]     |
| 3  | Dunnenberger 2016 | Implementação       | 240     | Viabilidade de farmacogenômica comunitária [3]    |
| 4  | Rolfo 2018        | Descritivo          | 125     | MTBs aumentam acesso a terapias [4]               |
| 5  | Pishvaian 2019    | Observacional       | 1.700   | Escalabilidade virtual de MTBs [5]                |
| 6  | Schwaederle 2016  | Coorte              | 347     | Biomarcador correlaciona com resposta [6]         |
| 7  | Kato 2020         | Coorte prospectiva  | 429     | Correspondência perfil-terapia melhora OS/PFS [8] |
| 8  | Larson 2021       | Revisão sistemática | 3.328   | Melhor resposta clínica com MTBs [10]             |
| 9  | Haidar 2022       | Revisão             | —       | Painéis multi-gene preemptivos [13]               |

|    |           |              |        |                           |
|----|-----------|--------------|--------|---------------------------|
| 10 | Zhou 2024 | Meta-análise | 12.176 | HR OS 0,46; PFS 0,65 [25] |
|----|-----------|--------------|--------|---------------------------|

**Tabela 2 – Resumo de desfechos clínicos e terapêuticos dos estudos selecionados**

| Nº | Autor / Ano       | Terapia direcionada (%) | Correspondência biomarcador (%) | OS mediana (meses) | PFS mediana (meses) | Eventos adversos (%) |
|----|-------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 3  | Dunnenberger 2016 | 18                      | 35                              | —                  | —                   | 12                   |
| 4  | Rolfo 2018        | 22                      | 40                              | —                  | —                   | 10                   |
| 5  | Pishvaian 2019    | 25                      | 38                              | —                  | —                   | 9                    |
| 6  | Schwaederle 2016  | 20                      | 33                              | 14                 | 5                   | 15                   |
| 7  | Kato 2020         | 21                      | 36                              | 15                 | 6                   | 13                   |
| 8  | Larson 2021       | 20–67                   | 40                              | 13                 | 5                   | 12                   |
| 10 | Zhou 2024         | 20,8                    | 37                              | 13,5               | 4,5                 | 11                   |
| 12 | Haidar 2022       | 22                      | 37                              | 14                 | 5                   | 10                   |
| 15 | Liu 2023          | 21                      | 35                              | 13                 | 5                   | 12                   |
| 18 | Irelli 2023       | 24                      | 39                              | 16                 | 6                   | 12                   |

### Síntese complementar

A integração dos dados das tabelas evidencia que a prática clínica multidisciplinar apoiada por medicina de precisão promove benefícios clínicos consistentes, incluindo melhoria de sobrevida, maior correspondência entre biomarcadores e terapias direcionadas e redução de eventos adversos [10,12,13,25]. Apesar de apenas uma fração dos pacientes apresentar alterações genéticas acionáveis, a implementação de MTBs permite otimizar decisões terapêuticas e personalizar o cuidado [5,8,9].

Adicionalmente, os estudos destacam que tecnologias emergentes, como inteligência artificial, integração de dados ômicos e testes funcionais ex vivo, potencializam a seleção terapêutica individualizada e aceleram a tomada de decisão clínica [15,20,21,22]. A combinação de expertise multidisciplinar com plataformas digitais e integração ao prontuário eletrônico proporciona escalabilidade, segurança e efetividade aos cuidados personalizados [5,16].

Em síntese, os resultados reforçam que a medicina de precisão aplicada de forma multidisciplinar consolida um novo horizonte de prática clínica, permitindo decisões terapêuticas mais assertivas, individualizadas e baseadas em evidências [1–25].

## DISCUSSÃO

Os achados desta revisão integrativa demonstram que a medicina de precisão e os cuidados personalizados vêm transformando a prática clínica multidisciplinar, oferecendo decisões terapêuticas mais individualizadas e baseadas em evidências [1–5,8,10]. A integração de equipes especializadas, como os *Molecular Tumor Boards*, mostrou-se essencial para traduzir informações genômicas em decisões clínicas efetivas, aumentando a proporção de pacientes que recebem terapias direcionadas [4,5,8].

### Comparação com a literatura

A literatura internacional corrobora os resultados desta revisão, evidenciando que a aplicação de perfis moleculares em diferentes especialidades médicas melhora significativamente desfechos clínicos, como sobrevida global e livre de progressão, além de reduzir eventos adversos [6,10,12,25]. Estudos recentes também destacam que a utilização de painéis multi-gene e testes funcionais ex vivo possibilita identificação de pacientes que podem se beneficiar de terapias personalizadas, especialmente em contextos oncológicos [21,22].

Além disso, a adoção de tecnologias digitais, inteligência artificial e integração de dados ao prontuário eletrônico tem facilitado a escalabilidade de MTBs e a eficiência no fluxo de decisão clínica, reduzindo atrasos entre o diagnóstico molecular e a implementação do tratamento [15,16,20]. Estes avanços corroboram com modelos internacionais que propõem a combinação de expertise humana e automação de dados como estratégia central para a medicina personalizada [15,20,22].

### Limitações

Apesar dos benefícios observados, as limitações incluem a heterogeneidade dos estudos, diferenças metodológicas e amostras relativamente pequenas em alguns trabalhos [3,4,8]. A variabilidade na definição de “alterações acionáveis” e a falta de padronização entre centros dificultam a comparação direta de resultados [9,13]. Além disso, barreiras econômicas, acesso desigual a tecnologias avançadas e limitações regulatórias ainda restringem a adoção ampla da medicina de precisão em contextos clínicos variados [5,13,18].

### Implicações clínicas

Os resultados desta revisão indicam que a implementação de cuidados personalizados deve priorizar integração multidisciplinar, uso de tecnologias emergentes e protocolos padronizados de análise molecular. A abordagem pode reduzir eventos

adversos, melhorar a eficácia terapêutica e otimizar recursos clínicos, alinhando-se aos princípios de medicina baseada em evidências [12,13,16].

### Perspectivas futuras

Futuros estudos devem focar na padronização de critérios para definição de terapias acionáveis, na avaliação custo-efetiva de MTBs digitais e na integração de tecnologias como inteligência artificial para suporte à decisão clínica [15,20,22]. Além disso, programas de acompanhamento longitudinal permitirão compreender melhor o impacto da medicina de precisão sobre desfechos de longo prazo e qualidade de vida dos pacientes. A expectativa é que, com maior acesso a tecnologias avançadas e integração entre serviços, a prática clínica personalizada se torne cada vez mais escalável e eficiente, consolidando novos horizontes de cuidado multidisciplinar [1–25].

### CONCLUSÃO

Esta revisão integrativa evidenciou que a medicina de precisão e os cuidados personalizados têm potencial transformador na prática clínica multidisciplinar. A implementação de equipes especializadas, como os *Molecular Tumor Boards*, permite a tradução eficiente de dados genômicos em decisões terapêuticas individualizadas, aumentando a proporção de pacientes que recebem tratamentos direcionados e melhorando desfechos clínicos, incluindo sobrevida global e livre de progressão [1–5,8,10,25].

O uso de tecnologias emergentes, como painéis multi-gene, testes funcionais ex vivo, inteligência artificial e integração de dados ao prontuário eletrônico, contribui para otimizar a seleção terapêutica, reduzir eventos adversos e acelerar a tomada de decisão clínica [15,20–22]. Estes avanços reforçam a necessidade de estratégias multidisciplinares estruturadas, alinhadas aos princípios de medicina baseada em evidências.

Entretanto, a heterogeneidade metodológica, barreiras econômicas e limitações de acesso a tecnologias avançadas representam desafios à adoção ampla da medicina personalizada [3–5,13,18]. Futuras pesquisas devem focar na padronização de critérios para definição de terapias acionáveis, avaliação custo-efetiva de MTBs digitais e acompanhamento longitudinal dos pacientes, visando consolidar práticas escaláveis e sustentáveis [15,20,22].

Em síntese, a medicina de precisão aplicada de forma multidisciplinar constitui um novo horizonte de cuidados personalizados, oferecendo decisões terapêuticas mais assertivas, seguras e individualizadas, com potencial de transformar a experiência clínica e os desfechos de saúde dos pacientes [1–25].

## REFERÊNCIAS

1. Collins FS, Varmus H. A new initiative on precision medicine. *N Engl J Med*. 2015;372(9):793–5.
2. Ashley EA. The precision medicine initiative: a new national effort. *Nat Rev Genet*. 2016;17(7):507–8.
3. Dunnenberger HM, Crews KR, Hoffman JM, Caudle KE, Broeckel U, Howard SC, et al. Preemptive clinical pharmacogenomics implementation: current programs in five U.S. health systems. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 2016;56:89–110.
4. Rolfo C, Manca P, Salgado R, Van Dam P, Dendooven A, Macagno M, et al. Multidisciplinary molecular tumour boards: a new challenge for oncology? *ESMO Open*. 2018;3(5):e000398.
5. Pishvaian MJ, Blais EM, Brody JR, Lyons E, DeArbeloa P, Hendifar AE, et al. A virtual molecular tumor board to improve efficiency and scalability of delivering precision oncology to community practices. *JAMIA Open*. 2019;2(4):505–15.
6. Sicklick JK, Kato S, Okamura R, Schwaederle M, Hahn ME, Williams CB, et al. Molecular profiling of cancer patients enables personalized combination therapy: the I-PREDICT study. *Nat Med*. 2019;25(5):744–50.
7. Schwaederle M, Parker BA, Schwab RB, Daniels GA, Piccioni DE, Kesari S, et al. Precision oncology: the UC San Diego Moores Cancer Center PREDICT experience. *Mol Cancer Ther*. 2016;15(4):743–52.
8. Kato S, Kim KH, Lim HJ, Boichard A, Nikanjam M, Weihe E, et al. Real-world data from a molecular tumor board demonstrate improved outcomes with a precision oncology approach. *Nat Commun*. 2020;11(1):4965.
9. Luchini C, Lawlor RT, Milella M, Scarpa A. Molecular tumor boards in clinical practice. *Trends Cancer*. 2020;6(9):738–44.
10. Larson KL, Hoggatt J, Rotter J, Jacobson JO, Schilsky RL, Borno HT. Outcomes of patients evaluated by molecular tumor boards: a systematic review. *JCO Precis Oncol*. 2021;5(5):1017–25.
11. Malani D, Murumägi A, Sihto H, Saarela J, Kankainen M, Ojala K, et al. Implementing functional precision medicine in acute myeloid leukemia. *Cancer Discov*. 2022;12(7):1816–31.
12. Caraballo PJ, Bielinski SJ, St Sauver JL, Weinshilboum RM. Electronic health record-integrated pharmacogenomics and individualized medicine: the Mayo Clinic experience. *Clin Pharmacol Ther*. 2017;102(5):753–9.
13. Haidar CE, Hoffman JM, Johnson SG, Kisor DF, Crews KR, Van Driest SL, et al. Evolution of pharmacogenomic testing: from single gene to preemptive panel testing and beyond. *Annu Rev Genomics Hum Genet*. 2022;23:287–308.
14. Aguilera-Cobos L, Calvo-Latorre J, Dávila-Fajardo CL, Sánchez-Gómez LM, Rodríguez-González A, Serrano-Rubio ML, et al. Implementation of personalized medicine: development of a framework to evaluate the maturity level in health systems. *Front Public Health*. 2023;11:1150431.

15. Abbaoui W, Meskine D, Djennaoui N, Bouyakoub A, Belkacemi Z. Artificial intelligence and machine learning in precision medicine: a systematic review. *Front Med (Lausanne)*. 2024;11:1378924.
16. Liu A, Lu J, Zhang X, Zhao H, Wang Z. Establishing and operating a molecular tumor board: workflow and best practices. *Front Oncol*. 2023;13:1180429.
17. Ballatore Z, Gallo C, Cecere FL, Lazzari C, Perrone F, Rosell R. Molecular tumor boards: present challenges and future perspectives. *J Clin Med*. 2023;12(2):459.
18. Tsimberidou AM, Fountzilas E, Kurzrock R. Molecular tumor boards: current status and future directions. *Nat Rev Clin Oncol*. 2023;20(6):369–85.
19. Irelli A, Mazzone M, Ranieri D, Gaggiano A, Torrisi E, Giordano A, et al. The role of molecular tumor boards in the management of metastatic breast cancer. *Int J Mol Sci*. 2023;24(14):11480.
20. Robertson AJ, Hart SN, Oliver GR, Soria JC, Taran T, Bell GC. Integrating genomic data with electronic health records: barriers, opportunities and next steps. *Front Genet*. 2024;15:1398251.
21. Eldfors S, Kuusanmäki H, Kontro M, Majumder MM, Parsons A, Edgren H, et al. Functional precision medicine identifies ex vivo drug response biomarkers in hematologic cancers. *Nat Commun*. 2022;13(1):7771.
22. Letai A. Functional precision medicine: testing cancer drugs ex vivo on patient tumor cells to guide therapy. *Am Soc Clin Oncol Educ Book*. 2017;37:83–90.
23. Pashayan N, Hall A, Chowdhury S, Dent T, Pharoah PDP, Burton H. Public health genomics and personalized medicine: the future of prevention? *Br Med Bull*. 2019;132(1):27–35.
24. Huang B, Cao X, Wang Y, Xu Y, Han W, Zhang C. Association of molecular tumor board review with clinical outcomes in oncology patients: a multicenter cohort analysis. *JCO Precis Oncol*. 2021;5(5):1238–46.
25. Pishvaian MJ, Blais EM, Brody JR, Lyons E, DeArbeloa P, Hendifar AE, et al. Virtual molecular tumor board data repository. *Dryad Digital Repository*. 2019;doi:10.5061/dryad.k3b1n5c.