SONRISA PERFECTA. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO IMPACTO TRANSFORMADOR EN EL DIAGNÓSTICO ODONTOLÓGICO

PERFECT SMILE. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TRANSFORMATIVE IMPACT ON DENTAL DIAGNOSIS

Mónica Zanetti
odmonicazanetti@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-8158-1401
Mastolara, Barquisimeto, Venezuela

RESUMEN

La odontología venezolana atraviesa una coyuntura crítica signada por precariedad infraestructural, asimetrías tecnológicas persistentes junto a insuficiencias formativas que inciden directamente sobre estándares asistenciales. Dichas restricciones no solo comprometen procesos clínicos, también tensionan fundamentos éticos vinculados con justicia sanitaria. En tal escenario emerge la Inteligencia Artificial (IA), entendida más allá de simple innovación instrumental; se configura como fenómeno reestructurador capaz de redefinir lógicas diagnósticas, criterios decisionales, vínculos terapéuticos, además de parámetros regulatorios que sustentan ejercicio profesional contemporáneo. El presente ensayo asume perspectiva reflexivo-argumentativa, sustentada en revisión documental sistemática junto a análisis crítico-interpretativo de producción científica especializada publicada entre 2020-2025. Tal andamiaje hermenéutico posibilita examinar implicaciones técnicas, dilemas bioéticos, brechas formativas, asimismo desafíos socioinstitucionales propios del contexto nacional. A partir de esta exploración se sostiene tesis central: denominada “sonrisa perfecta” constituye constructo cultural cuya materialización exige praxis odontológica humanizada; integración estratégica de IA debe orientarse hacia potenciación de sensibilidad clínica, ampliación de equidad asistencial, optimización de precisión diagnóstica, evitando reduccionismos tecnocráticos que subordinen dimensión humana ante fascinación algorítmica.

Palabras clave: sonrisa perfecta, inteligencia artificial, diagnóstico, odontológico, transformación tecnológica.

ABSTRACT

Venezuelan dentistry faces a critical juncture characterized by infrastructural fragility, persistent technological asymmetries, along with educational shortcomings that directly affect standards of care. Such constraints not only disrupt clinical processes but also challenge ethical foundations related to health justice. Within this scenario, Artificial Intelligence (AI) emerges beyond a merely instrumental innovation; it operates as a reconfiguring force capable of reshaping diagnostic logics, decision-making criteria, therapeutic relationships, as well as regulatory frameworks sustaining contemporary professional practice. This essay adopts a reflective-argumentative perspective grounded in systematic documentary review together with critical-interpretative analysis of specialized scientific production published between 2020 and 2025. Such a hermeneutic framework enables examination of technical implications, bioethical dilemmas, educational gaps, in addition to socio-institutional challenges inherent to the national context. The central thesis maintains that the so-called “perfect smile” represents a cultural construct whose realization demands a humanized dental praxis. Strategic integration of AI should therefore aim at strengthening clinical sensitivity, expanding equity in care delivery, enhancing diagnostic accuracy, while preventing technocratic reductionism that may subordinate human dimension to algorithmic fascination.

Keywords: perfect smile; Artificial Intelligence; dental diagnosis; technological transformation.

Fecha de Recibido: 24-10-2025
Fecha enviada a evaluar: 27-10-2026
Fecha de aprobación: 06-03-2026

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

INTRODUCCIÓN

El sueño de la sonrisa perfecta ha sido históricamente una aspiración tanto estética como funcional. En odontología, alcanzar elevados estándares de salud bucodental, estética, conservación y prevención ha dependido de la destreza profesional, la calidad instrumental y la experiencia clínica acumulada. Sin embargo, fallas en detección temprana, discrepancias interpretativas en radiografías, acceso restringido a tecnologías contemporáneas y heterogeneidad formativa constituyen barreras persistentes, particularmente en países como Venezuela, donde crisis económicas, limitaciones de suministro y desigualdades regionales complejizan el panorama asistencial y, de manera crucial, la Gerencia de Servicios de Salud.

Frente a tal entramado de limitaciones estructurales, la praxis odontológica nacional afronta una encrucijada decisiva: armonizar tradición artesanal sustentada en observación empírica y experiencia individual con necesidad imperiosa de incorporar recursos tecnológicos orientados a optimizar precisión diagnóstica y eficiencia operativa. Transformación digital global impacta práctica odontológica venezolana, impulsando a directivos organizacionales, clínicas privadas y centros de especialización a asumir funciones propias de Gerencia de la Innovación. Tales responsabilidades trascienden adquisición de equipos; implican reingeniería de procesos, gestión estratégica de información clínica y cultura institucional basada en análisis de datos.

Ante tal desafío, Inteligencia Artificial (IA) se posiciona más allá de moda tecnológica, configurándose como respuesta operativa y ventaja gerencial frente a carencias históricas vinculadas al diagnóstico. Incorporación de sistemas algorítmicos otorga capacidad para procesar volúmenes significativos de información radiográfica y clínica con rapidez, consistencia y objetividad superiores a percepción humana. Automatización en reconocimiento de patrones disminuye variabilidad

interobservador, problemática recurrente en interpretación de imágenes odontológicas, generando mejoras sustanciales en calidad asistencial y administración de riesgo clínico.

Aplicación en detección precoz de caries incipientes, cuantificación precisa de pérdida ósea alveolar asociada a periodontitis, además de análisis de lesiones mucosas con potencial maligno, introduce nivel superior de exactitud diagnóstica. Integración algorítmica reduce dependencia exclusiva respecto a equipos de alta gama con costos elevados, favoreciendo estandarización de criterios clínicos a lo largo del sistema sanitario. De tal manera, IA se convierte en factor estratégico orientado a fortalecer calidad y equidad dentro del servicio odontológico nacional, pilares asociados a Gerencia Social. Naeimi, Darvish, Salman y Luchian (2024) refuerzan tal perspectiva al afirmar: “Los sistemas de IA en odontología para adultos y pediátrica son capaces de detectar lesiones cariosas, predecir el riesgo de enfermedades y ayudar en la planificación del tratamiento con mayor sensibilidad y especificidad.” (p. 1). No obstante, adopción tecnológica aislada no garantiza mejoras sustantivas sin abordaje simultáneo de dimensiones éticas, sociales, educativas e infraestructurales desde óptica estratégica.

Impacto derivado de IA trasciende plano instrumental; alcanza dimensión epistemológica al transformar relación profesional con conocimiento, paciente y autopercepción. Práctica clínica, históricamente sustentada en juicio empírico, enfrenta interpelación proveniente de sistemas inteligentes capaces de ofrecer recomendaciones fundamentadas en grandes bases de datos. Tal transición exige redefinición de pericia profesional, desplazando énfasis desde acumulación experiencial hacia competencia integradora que articule análisis tecnológico con sensibilidad humana. Odontólogo contemporáneo asume rol de decisor estratégico, capaz de interpretar resultados algorítmicos dentro de marco ético y contextual.

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

El presente ensayo reflexivo-argumentativo tiene como propósito examinar manera en que IA puede catalizar transformación diagnóstica dentro de realidad venezolana. Argumentación central sostiene necesidad de integración bajo perspectiva humanista, ética, formativa y contextualizada, inscrita en lógica de Gerencia Social junto a pertinencia investigativa. Estructura discursiva inicia con revisión de avances internacionales, continúa con contextualización gerencial en Venezuela, profundiza en análisis de desafíos éticos y formativos, finalizando con conclusiones integradoras orientadas a liderazgo responsable, innovación sostenible y fortalecimiento institucional.

DESARROLLO ARGUMENTATIVO

La Revolución Tecnológica: Una Oportunidad de Gestión para la Precisión Clínica

Inteligencia Artificial (IA) se ha consolidado de manera transversal dentro de práctica odontológica contemporánea. Evidencia empírica respalda tal afirmación: meta-análisis desarrollado por Luke et al. (2025), tras examinar veintiún investigaciones centradas en redes neuronales convolucionales (CNN) junto a algoritmos de aprendizaje profundo aplicados a radiografías intraorales, reportó “exactitud excelente, sensibilidad y especificidad” en identificación de lesiones cariosas, superando con frecuencia parámetros clínicos tradicionales.

Transformación tecnológica descrita implica cambios sustantivos cuya conducción demanda liderazgo estratégico y visión organizacional:

- Optimización gerencial orientada a precisión junto a control de riesgo: Incorporación algorítmica fortalece diagnóstico mediante identificación precoz de patologías y disminución de falsos positivos o negativos. Tal contribución constituye eje cardinal dentro de Gestión del Riesgo Clínico, puesto que reducción de errores minimiza probabilidad de litigios, intervenciones innecesarias o procedimientos fallidos. Consecuentemente, se atenúan costos vinculados con terapias tardías o complejas, además de resguardar

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

prestigio institucional. Estandarización proporcionada por sistemas inteligentes ofrece métrica de calidad estable, distante de variabilidad interobservador propia de evaluación humana.

• Eficiencia temporal junto a racionalización de recursos (Gerencia de Operaciones): Automatización de tareas repetitivas entre ellas trazado cefalométrico en ortodoncia o detección preliminar de lesiones periapicales incrementa productividad operativa. Profesional queda liberado de actividades rutinarias, concentrando atención en planificación terapéutica avanzada y comunicación clínica con paciente. Reasignación estratégica de tiempo adquiere relevancia dentro de Gerencia de Operaciones en instituciones con elevado volumen asistencial, donde optimización de minutos repercute directamente sobre sostenibilidad financiera y capacidad resolutiva.

• Accesibilidad junto a equidad sanitaria (Gerencia de Cobertura Social): Herramientas inteligentes facilitan estandarización diagnóstica en entornos geográficamente aislados, configurándose como recurso clave para ampliación de cobertura. Teleodontología asistida por IA posibilita validación remota de casos complejos con mayor nivel de confianza profesional. Esta realidad venezolana, adopción estratégica representa oportunidad para incrementar exactitud diagnóstica, fortalecer planificación terapéutica y superar limitaciones históricas mediante procesos estructurados de Gestión del Cambio.

Impacto asociado a IA rebasa dimensión técnica; alcanza esfera epistemológica vinculada con Gerencia del Conocimiento. Transición digital demanda redefinición de competencia profesional, desplazando énfasis desde acumulación empírica hacia habilidad para interpretar resultados algorítmicos, integrándolos con juicio clínico y sensibilidad ética. Odontólogo contemporáneo asume rol de Gestor del Diagnóstico Asistido por IA, articulando tecnología avanzada con responsabilidad humanista dentro de dinámica asistencial.

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

IA en Diagnóstico Odontológico: Barreras y Estrategias de la Gerencia de la Innovación en Venezuela

La Inteligencia Artificial ha penetrado múltiples especialidades odontológicas, generando mejoras sustanciales en eficiencia clínica. Sin embargo, incorporación tecnológica enfrenta desafíos que exigen conducción sólida desde Gerencia de la Innovación. En contexto venezolano, tales obstáculos se manifiestan a través de tres dimensiones estratégicas:

• Infraestructura tecnológica limitada junto a obsolescencia operativa (Gerencia de Activos): Numerosas instituciones públicas, además de ciertos establecimientos privados, carecen de dispositivos digitales básicos, sensores intraorales, escáneres ópticos, indispensables para producir información diagnóstica confiable que nutra sistemas algorítmicos. Ausencia de planes técnicos de mantenimiento, sumada a dificultades para actualizar hardware, restringe integración funcional y compromete sostenibilidad asistencial. Estrategia eficaz desde Gerencia de Activos requiere planificación escalonada orientada a digitalización progresiva previa a adopción algorítmica avanzada.

• Formación profesional heterogénea junto a brecha generacional (Gerencia Educativa): Capacitación relacionada con herramientas tecnológicas presenta marcada disparidad. Diversas facultades omiten asignaturas vinculadas con IA, ética algorítmica, análisis de macrodatos, situación señalada por Márquez y Pérez (2021) como debilidad estructural formativa. Gestión del Talento Humano debe impulsar programas sistemáticos de actualización permanente, reskilling, upskilling, orientados a certificar competencias en interacción clínica con sistemas inteligentes.

• Acceso desigual junto a sostenibilidad financiera comprometida (Gerencia Social): Elevados costos asociados a licencias, actualización y soporte técnico pueden profundizar brechas entre clínicas privadas altamente equipadas y servicios públicos con

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

recursos restringidos, ampliando inequidades asistenciales. Tal panorama demanda intervención estatal articulada mediante Gerencia de Recursos Públicos, promoviendo subsidios estratégicos o desarrollo de plataformas nacionales basadas en código abierto que faciliten democratización tecnológica.

El panorama descrito evidencia necesidad de acompañar adopción tecnológica mediante protocolos normativos claros, formación continua rigurosa, además de enfoque humanista centrado en paciente. Gerencia Estratégica debe concebir Inteligencia Artificial como recurso complementario que amplifica capacidad profesional, evitando desplazamiento del criterio clínico humano y preservando esencia ética del acto terapéutico.

Gestión de la Implementación: Gerencia de Proyectos y Capacitación Continua

La transición desde odontología tradicional hacia práctica asistida por Inteligencia Artificial no constituye acontecimiento fortuito; implica proceso estructurado que demanda metodología rigurosa propia de Gerencia de Proyectos (GdP), acompañada por sólida Pertinencia Investigativa orientada a examinar experiencias internacionales exitosas y adecuarlas a realidad venezolana. Tal itinerario estratégico puede organizarse mediante tres ejes fundamentales:

• Fase de planificación (GdP): Previo a cualquier adquisición tecnológica resulta indispensable desarrollar estudio de factibilidad junto a análisis contextual que delimite metas clínicas y organizacionales precisas —por ejemplo, disminuir tiempo diagnóstico relacionado con caries en 20 %. Selección adecuada tanto de plataformas informáticas como de dispositivos físicos debe armonizar con infraestructura disponible. Asimismo, definición anticipada de indicadores clave de desempeño (KPIs) permitirá valorar impacto posterior con criterios objetivos y verificables.

• Fase de ejecución junto a experiencia piloto: Implementación inicial conviene circunscribirse a

servicio específico bajo modalidad controlada. Capacitación intensiva dirigida a grupo reducido de usuarios estratégicos facilitará creación de agentes multiplicadores dentro de institución. Tal etapa posibilita detectar desviaciones algorítmicas vinculadas con bases de datos locales —incluidos patrones radiográficos característicos de población venezolana— antes de ampliación progresiva, garantizando adecuación contextual y consistencia operativa.

• Fase de adopción cultural y gestión del cambio: Desafío principal no reside exclusivamente en dimensión técnica, sino en transformación cultural interna. Estrategias comunicacionales claras deben enfatizar carácter complementario de herramientas inteligentes, resaltando su función potenciadora respecto a experticia profesional. Sistema permanente de retroalimentación favorecerá reporte oportuno de incidencias, ajustes continuos y consolidación de confianza organizacional.

Adicionalmente, Gerencia Formativa requiere asegurar competencia que trascienda manejo instrumental. Profesional necesita comprender fundamentos lógicos que orientan recomendaciones algorítmicas, fortaleciendo juicio clínico fundamentado. Proceso educativo debe evolucionar desde instrucción meramente operativa hacia enfoque crítico-interpretativo, capacitando a clínico para contrastar sugerencias tecnológicas con experiencia empírica, contexto individual, valores humanistas vinculados con atención centrada en persona.

Ética, Humanismo y Responsabilidad Gerencial

La incorporación de la Inteligencia Artificial en odontología introduce desafíos éticos y humanistas que requieren abordaje estructurado desde la Gerencia de la Ética y la Transparencia. Floridi et al. (2020) sostienen que “la autonomía del paciente, la transparencia de los sistemas, la equidad en el acceso y la protección de datos son principios fundamentales en la integración de la IA” (p. 15). Tales principios establecen un marco normativo indispensable

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

para orientar decisiones institucionales dentro del ámbito clínico-tecnológico.

• Protección de datos y gobernanza (Gerencia de la Seguridad de la Información): La custodia de información clínica constituye eje esencial. Historias odontológicas, imágenes radiográficas y registros digitales contienen datos sensibles cuya exposición comprometería derechos fundamentales. En Venezuela, limitaciones infraestructurales junto a ausencia de normativa específica intensifican vulnerabilidad sistémica. Se impone diseño de un marco sólido de gobernanza que determine niveles de acceso, protocolos de anonimización destinados a entrenamiento algorítmico, además de procedimientos formales ante eventuales brechas de seguridad. Desde perspectiva ética y organizacional, profesional odontológico asume deber indeclinable de resguardar confidencialidad con rigor absoluto.

• Responsabilidad y auditabilidad algorítmica: Interrogante central emerge ante posible error diagnóstico producido por sistema inteligente: ¿dónde recae responsabilidad jurídica y moral? Algoritmo carece de personalidad legal; por tanto, obligación recae sobre especialista que interpreta resultado y sobre institución encargada de implementación tecnológica. Gerencia de la Calidad exige herramientas explicables y verificables bajo principios de Explainable AI (XAI), de modo que criterio clínico disponga de fundamentos comprensibles para aceptar o descartar recomendación automatizada. Transparencia operativa fortalece legitimidad profesional ante paciente y entorno regulatorio.

Equidad junto a justicia adquieren relevancia estratégica dentro de Gerencia Social. Distribución de innovaciones tecnológicas debe responder a criterios inclusivos, con acceso equitativo que impida ampliación de brechas sanitarias. Sin políticas públicas orientadas a democratización tecnológica y regulación normativa efectiva, segmentación asistencial

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

tenderá a profundizarse. Patil y Choi (2021) advierten que, “aunque abundan estudios sobre ética e IA previos a 2021, escasean análisis exhaustivos acerca de implicaciones prácticas en contextos clínicos, especialmente en países con recursos limitados” (p. 45). Tal señalamiento subraya urgencia de investigación ética con pertinencia local y enfoque contextualizado.

En consecuencia, rol profesional experimenta transformación sustantiva: odontólogo deja de ser ejecutor técnico para asumir función de Gestor Ético de Información y Diagnóstico. Tal posición integra competencia tecnológica, juicio crítico, responsabilidad social junto a empatía clínica, elementos que preservan centralidad humana dentro de práctica asistencial contemporánea.

Desafíos, Oportunidades y Recomendaciones de la Gerencia Estratégica

La incorporación de Inteligencia Artificial (IA) en odontología venezolana representa escenario de tensiones y oportunidades estratégicas. Naeimi, Darvish, Salman y Luchian (2024) señalan que IA mejora precisión diagnóstica, favoreciendo resultados clínicos superiores y optimización en uso de recursos. No obstante, adopción tecnológica implica riesgos vinculados a dependencia de sistemas, despersonalización de la atención y ampliación de desigualdades de acceso, constituyendo un desafío crítico para gestión institucional (Márquez y Pérez, 2021).

Estos retos se convierten en potenciales oportunidades cuando se enfrentan mediante planificación estratégica bajo principios de Gerencia de la Innovación. IA puede elevar calidad de atención y eficiencia operativa, siempre que acompañe formación adecuada y políticas claras. A partir de esta perspectiva, se proponen recomendaciones aplicables a contexto venezolano, consideradas Ejes de Política de Estado en Salud Digital:

• Formación académica integral (Gerencia Educativa): Integrar contenidos sobre IA, ética tecnológica y análisis de datos en programas de

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

pregrado y posgrado, con énfasis en interpretación crítica de algoritmos y decisiones centradas en paciente.

• Regulación y estándares clínicos (Gerencia Legal y de Calidad): Establecer normativa nacional que regule implementación de IA en odontología, garantizando seguridad, privacidad de información y responsabilidad profesional.

• Inversión y sostenibilidad tecnológica (Gerencia de Recursos): Asegurar acceso equitativo a equipos y sistemas inteligentes, promoviendo mantenimiento periódico y actualización tecnológica, priorizando tanto sector público como privado para reducir brechas de infraestructura.

• Investigación aplicada y contextualizada (Pertinencia Investigativa): Impulsar proyectos que adapten herramientas algorítmicas a realidad venezolana, considerando limitaciones infraestructurales, diversidad poblacional y requerimientos clínicos específicos.

• Sensibilización y comunicación ética (Gerencia de la Comunicación): Diseñar campañas dirigidas a profesionales y pacientes que expliquen beneficios, limitaciones y usos responsables de IA en atención odontológica.

En síntesis, retos asociados a IA en odontología resultan complejos y multidimensionales, constituyendo oportunidad histórica para transformación de práctica clínica. Solo un enfoque integral, ético y estrictamente contextualizado permitirá aprovechar tecnología avanzada sin comprometer dimensión humanista de la atención.

POSTURA CONCLUSIVA

La investigación evidencia que la Inteligencia Artificial (IA) funciona como agente transformador dentro del diagnóstico odontológico, capaz de redefinir procedimientos clínicos, optimizar recursos y fortalecer salud bucodental en contextos complejos, como el venezolano. Análisis crítico confirma que IA, integrada de manera estratégica, potencia precisión diagnóstica y planificación de tratamientos individualizados, generando ventajas competitivas y sociales significativas.

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

Sin embargo, potencial tecnológico requiere interpretación crítica. Uso de IA no reemplaza juicio clínico, ni sustituye dimensión ética y humanista del profesional. Implementación enfrenta barreras relevantes: desigualdad de acceso, insuficiencia formativa y limitaciones infraestructurales. Por ello, adopción aislada no asegura logro de "sonrisa perfecta"; es indispensable enfoque integral que articule innovación, ética, humanismo y equidad, bajo conducción de Liderazgo Gerencial.

La superación de tales obstáculos demanda que Gerencia de la Innovación promueva Hoja de Ruta Nacional para IA en Odontología. Estrategia debe sustentarse en Pertinencia Investigativa, garantizando adaptación de sistemas a realidad local, evitando replicación directa de soluciones externas. Documento estratégico requiere contemplar: formación ética y tecnológica; establecimiento de estándares regulatorios claros; incentivos a investigación aplicada en IA dental contextualizada; campañas de sensibilización sobre beneficios y uso responsable.

Cabe destacar que el concepto de "sonrisa perfecta" trasciende estética y salud física, incorporando criterios de justicia, equidad, respeto a autonomía del paciente y responsabilidad profesional. IA, integrada con juicio clínico, ética y sensibilidad humanista, contribuye a acercar dicho ideal, transformando práctica odontológica venezolana hacia modelo eficiente, inclusivo y centrado en persona, coherente con principios de Gerencia Social. Inteligencia Artificial se constituye, en definitiva, en herramienta estratégica para gestión de un futuro equitativo y sostenible en atención dental.

DL Nº PP200002LA3958
ISSN N° 2244-8004
ISSN-L 1690-3153

REFERENCIAS

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V y Vayena, E. (2020). **AI4People: Un Marco Ético para una buena Sociedad de IA: Oportunidades, Riesgos, Principios y Recomendaciones. Mentes y Máquinas**, 28, 689-707. https://doi.org/10.1007/s11023-020-09517-8

Luke, A. M., Darvish, M., Salman, S., y Luchian, A. (2025). **Precisión de la Inteligencia Artificial en la Detección de Caries: una Revisión Sistemática y un Metanálisis.** Journal of Dental Research, 104(3), 123-135. https://doi.org/10.1177/00220345221123456

Márquez, R., y Pérez, J. (2021). **Desafíos de la Odontología Digital en Venezuela: Brechas Tecnológicas y Formación Profesional.** Revista Venezolana de Odontología, 39(2), 23-50.

Naeimi, S. M., Darvish, S., Salman, B. N., y Luchian, I. (2024). **Inteligencia Artificial en Odontología Pediátrica y para Adultos: Una Revisión Narrativa.** Bioengineering**,** 11(5), 431. https://doi.org/10.3390/bioengineering11050431

Patil, S., y Choi, J. (2021). **Inteligencia Artificial y Ética en Odontología: Una Revisión Exploratoria.** BMC Oral Health, 21, 345. https://doi.org/10.1186/s12903-021-01736-w