

REVISIÓN

Influencia del esmalte de uñas en los valores de saturación de oxígeno en pacientes sometidos a pulsioximetría: una revisión sistemática

Sendoa Ballesteros-Peña^{1,3}, Irrintzi Fernández-Aedo¹, Artzai Picón², Sergio Lorrio-Palomino³

Tradicionalmente se ha considerado que el esmalte de uñas puede absorber luz emitida por los pulsioxímetros e interferir en la detección y medida de la hemoglobina oxigenada. Mediante la realización de una revisión sistemática se ha pretendido evaluar la influencia del esmalte de uñas en los valores de saturación de oxígeno (SpO₂) en pacientes sometidos a pulsioximetría. Se elaboró un protocolo de búsqueda para ser utilizado en seis bases de datos (Medline, Embase, WOS, Scopus, CINAHL e IBECs), y se consideraron ensayos clínicos o estudios observacionales publicados entre enero de 1999 y febrero de 2014. Fueron incluidos 12 ensayos clínicos no aleatorizados realizados en voluntarios sanos, salvo en dos estudios: uno empleó pacientes críticos sometidos a ventilación mecánica y otro utilizó personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) estables. Además, con excepción de un ensayo que recreó condiciones de hipoxia leve en altitud, el resto de trabajos se realizó en condiciones de normoxia. Se observaron diferencias en función del modelo de pulsioxímetro y del tipo de cosmético utilizado. Excepto en dos estudios, el esmalte de uñas produjo una reducción estadísticamente significativa de la SpO₂ en al menos un color. Sin embargo, estas variaciones se presentaron dentro del rango de error estándar de los pulsioxímetros ($\pm 2,0\%$). Existe consenso entre los autores de los estudios en que, aunque la laca de uñas puede producir una alteración estadísticamente significativa de los valores de saturación de oxígeno, estas variaciones carecen de relevancia clínica.

Palabras clave: Oximetría. Productos para uñas y cutículas. Monitoreo de gas sanguíneo transcutáneo. Errores diagnósticos.

Filiación de los autores:

¹Departamento de Enfermería I, Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa, España.

²Tecnalia, Bilbao, España.

³Hospital universitario de Basurto, Bilbao, España.

Autor para correspondencia:

Sendoa Ballesteros-Peña
Departamento de Enfermería.
Universidad del País Vasco/
Euskal Herriko Unibertsitatea.
B° Sarriena, s/n.
48940 Leioa, España.

Correo electrónico:

sendoa.ballesteros@ehu.es

Información del artículo:

Recibido: 21-5-2014

Aceptado: 25-6-2014

Online: 1-9-2015

Influence of nail polish on pulse oximeter readings of oxygen saturation: a systematic review

Nail polish has traditionally been assumed to absorb light emitted by pulse oximeters and to interfere with the detection and measurement of oxygenated hemoglobin. In a systematic review of the literature we aimed to assess the influence of nail polish on the measurement of oxygen saturation by pulse oximetry (SpO₂). A search protocol for online databases (MEDLINE, Embase, Web of Science, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature, and IBECs [the Spanish health sciences index]) was established to find clinical trials or observational studies published between 1999 and February 2014. Twelve nonrandomized clinical trials were found. Ten were in healthy volunteers. One of the remaining 2 studies was in critical patients undergoing mechanical ventilation, and the other was in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. One study recreated the low oxygen level of high altitudes, while the others were done in normal atmospheric conditions. Differences between pulse oximeters and type of nail polish were found. Nail polish was associated with a statistically significant decrease in SpO₂ for at least 1 color in all but 2 studies. However, the differences were within the standard error ($\pm 2.0\%$) of the pulse oximeters used. The authors of the studies all concluded that although nail polish might change SpO₂ readings significantly, the variations are not clinically significant.

Keywords: Oximetry. Nail and cuticle products. Blood gas monitoring, transcutaneous. Diagnostic error.

Introducción

Los oxímetros son dispositivos ópticos (espectrofotómetros) que permiten conocer la saturación de oxígeno (SpO₂) de la hemoglobina en la sangre de forma no invasiva. Fueron desarrollados durante la II Guerra Mundial, donde eran útiles en la monitorización del nivel de oxigenación de los pilotos durante el vuelo¹.

La cuantificación del nivel de SpO₂ por métodos ópticos se basa en la aplicación de la ley de Beer-Lambert: si una luz de longitud de onda conocida atravie-

sa una disolución transparente, la cantidad de luz absorbida por esta dependerá de la concentración de soluto en dicha disolución, del coeficiente de absorción de esta sustancia (que es dependiente de la longitud de onda) y de la distancia recorrida por la luz. En otras palabras, existe una relación lineal entre la cantidad de luz absorbida por la sustancia y la concentración, de forma que mayores concentraciones implican una mayor absorción de luz.

En el caso de disoluciones con varios compuestos, la absorción observada de la luz se corresponde a una

absorción ponderada de las absorciones de los diferentes compuestos presentes. Las concentraciones de varios elementos se obtienen realizando mediciones a diferentes longitudes de onda y resolviendo el sistema de ecuaciones obtenido.

Los oxímetros desarrollados hasta mediados de los años 70 utilizaban esta metodología¹. Esto implicaba conocer los coeficientes de absorción de cada uno de los componentes presentes con precisión, lo que, debido a la variabilidad biológica de los sujetos, resultaban mediciones poco precisas y dispositivos ópticamente complejos. El desarrollo del oxímetro de pulso o pulsioxímetro permitió eliminar la complejidad, inestabilidad y dificultad de uso de los oxímetros tradicionales. Como ventaja fundamental, el pulsioxímetro es capaz de detectar la SpO₂ en la sangre arterial mediante el análisis de la diferencia en la absorción lumínica durante la sístole y la diástole.

Un pulsioxímetro genérico dispone de dos tipos de emisores LED, a 660 nm (rojo) y a 940 nm (infrarrojo), y de uno o varios sensores que permiten recoger la intensidad lumínica a estas longitudes de onda. El principio de funcionamiento del pulsioxímetro radica en las diferencias en la absorción de la luz de la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina en distintas longitudes de onda: la oxihemoglobina presenta una menor absorción lumínica en 660 nm que la desoxihemoglobina, mientras que en la longitud de onda de 940 nm el efecto es el contrario. Así, una mayor SpO₂ implica una menor absorción en el rojo y una mayor absorción en el infrarrojo de la intensidad lumínica transmitida. Para establecer una correlación entre los niveles de absorción percibidos y la SpO₂, el pulsioxímetro analiza el ratio de absorción de la señal en las dos longitudes de onda. Además, de cara a corregir la no linealidad en las mediciones, se realiza una calibración entre el ratio de absorción obtenido y un conjunto de pacientes con niveles de SpO₂ entre 70 y 100%. Esta calibración implica, por diseño, valores no válidos ni fiables para SpO₂ menores de 70%.

En la actualidad, gracias al carácter no invasivo, a la alta fiabilidad y a la disponibilidad de los pulsioxímetros, la SpO₂ constituye junto a otros signos vitales (como la frecuencia cardíaca y respiratoria, la presión arterial o la temperatura) un parámetro esencial en la evaluación clínica del paciente².

Puesto que las sondas del pulsioxímetro se colocan con mayor frecuencia sobre las uñas de los dedos, tradicionalmente se ha sostenido que el esmalte de uñas puede absorber luz emitida por los aparatos e interferir en la detección y medida de la hemoglobina oxigenada. Y por ello, durante el examen clínico del paciente en el ámbito de las urgencias y emergencias, el esmalte de uñas se elimina de forma rutinaria para la valoración de la SpO₂. Este proceso requiere disponer de líquidos disolventes adecuados y de algunos segundos para su ejecución. Además, previamente puede ser necesario obtener el consentimiento del paciente, pudiendo llegar a existir posibles enfrentamientos con los pacientes que se niegan a eliminar el esmalte.

El objetivo de esta revisión se centra en evaluar la influencia del esmalte de uñas en los valores de SpO₂ en pacientes sometidos a pulsioximetría.

Método

Se realizaron búsquedas en las bases de datos Medline (a través de PubMed), Web of Science (WOS), Scopus, EMBASE (a través de OVIDSP), CINAHL (a través de EBSCO Publishing) e Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS).

Se diseñaron estrategias de búsqueda adaptadas a las distintas bases de datos utilizadas, combinando vocabulario controlado y términos de texto libre (Tabla 1). Se estableció como periodo de búsqueda el comprendido entre enero de 1999 y febrero de 2014, teniendo en cuenta que la validez, precisión y fiabilidad de los pulsioxímetros actuales podía diferir de los más antiguos. Como estrategia secundaria se revisaron las referencias bibliográficas de los artículos localizados para identificar posibles estudios relevantes no recuperados en las bases de datos electrónicas.

Fueron seleccionados ensayos clínicos o estudios observacionales con disponibilidad de acceso a texto completo que estudiaban la influencia del esmalte de uñas sobre las mediciones de la SpO₂ en sangre capilar mediante pulsioximetría. Asimismo, se excluyeron las revisiones bibliográficas o sistemáticas, los metanálisis y los artículos de opinión, y aquellos trabajos publicados en idiomas distintos al español, francés, inglés, alemán, italiano y portugués.

Dos revisores seleccionaron de forma independiente los artículos potencialmente relevantes obtenidos a partir de la estrategia de búsqueda mediante la lectura del título y resumen. Posteriormente se evaluaron los textos completos de todas las referencias para comprobar que se adecuaban a los criterios de selección. Los desacuerdos se resolvieron por consenso entre ambos, llegando a solicitar la opinión de un tercero en caso de persistir dudas.

Una vez efectuada la búsqueda y selección de estudios, se utilizó una plantilla de extracción de datos para cada artículo, diseñada acorde a la estructura PICO. La

Tabla 1. Estrategias de búsqueda empleadas

Base de datos	Estrategia de búsqueda
Medline	("oximetry"[MeSH Terms] OR "oximetry"[All Fields]) AND ("nails"[MeSH Terms] OR "nails"[All Fields] OR "nails"[All Fields]) AND polish[All Fields] AND ("1999/01/01"[PDAT]: "2014/03/31"[PDAT])
Web of Science	Topic=("oximetry") AND Topic=("nails") AND Topic=("polish") Timespan=1999-2014. Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, CPCI-S.
Scopus	(TITLE-ABS-KEY(oximetry) AND TITLE-ABS-KEY(nails) AND TITLE-ABS-KEY(polish)) AND PUBYEAR > 1998
EMBASE (1996 to 2014 Week 11)	(oximetry AND nails AND polish).ab.
CINAHL	oximetry AND nails AND polish
IBECS	oximetry [Palabras] AND nails [Palabras] AND polish [Palabras]

extracción la llevó a cabo un revisor y fue comprobada por un segundo. El nivel de la evidencia científica y la calidad metodológica de los estudios seleccionados se clasificaron en base a los criterios propuestos por la Agència d'Avaluació de Tecnologia Mèdica de Catalunya³.

Resultados

La búsqueda en las seis bases de datos electrónicas de bibliografía biomédica dio como resultado la identificación de 56 referencias, que quedaron en 24 al eliminar las entradas duplicadas. De ellas, 10 fueron excluidas tras la lectura de sus títulos o resúmenes, por su ausencia de relación con la pregunta de investigación. Al ampliar la búsqueda utilizando las reseñas bibliográficas de las publicaciones, se localizaron 2 nuevos resúmenes que podían cumplir los criterios de inclusión. Tras la lectura crítica a texto completo del total de artículos seleccionados fueron excluidos 4 trabajos: 2 por tratarse de cartas de opinión y 2 revisiones bibliográficas (Figura 1).

Finalmente, el estudio se realizó sobre 12 referencias⁴⁻¹⁵, todos ellos ensayos clínicos no aleatorizados, con tamaños de muestra comprendidos entre 5 y 80 participantes y catalogados con niveles de evidencia V

(calidad regular). Las características principales de los estudios incluidos se muestran en la Tabla 2.

Descripción de los estudios incluidos

La metodología de los estudios se fundamentó en el examen de las diferencias en los valores de SpO₂ obtenidos mediante pulsioximetría antes y después de pintar las uñas de varios dedos con distintos colores de esmalte^{8,14,15} o bien comparando las mediciones de SpO₂ captadas en los dedos con las uñas pintadas con una^{4,6,7,11,12} o varias^{5,9,10,13} uñas sin pintar a modo de controles. Como norma general, se aplicaron 2 capas de esmalte de uñas, aunque en un ensayo⁴ se añadió una tercera y en otro¹⁵ se consideró suficiente con una única aplicación. En dos estudios^{5,14} no se contempla este aspecto en la metodología.

En cinco experimentos^{8,9,11,12,14} se emplearon varios modelos de pulsioxímetro para valorar la precisión y fiabilidad de los modelos, y en tres ensayos^{5,7,8} se valoró la diferencia de valores obtenidos en función de si el sensor del pulsioxímetro era colocado de la manera tradicional (perpendicular a la uña) o en posición lateral (tras una rotación del sensor de 90°). Los ensayos fueron realizados sobre voluntarios sanos salvo en dos estudios: Hinkelbein *et al.*⁷ realizaron las mediciones sobre pacientes críticos sometidos a ventilación mecánica y

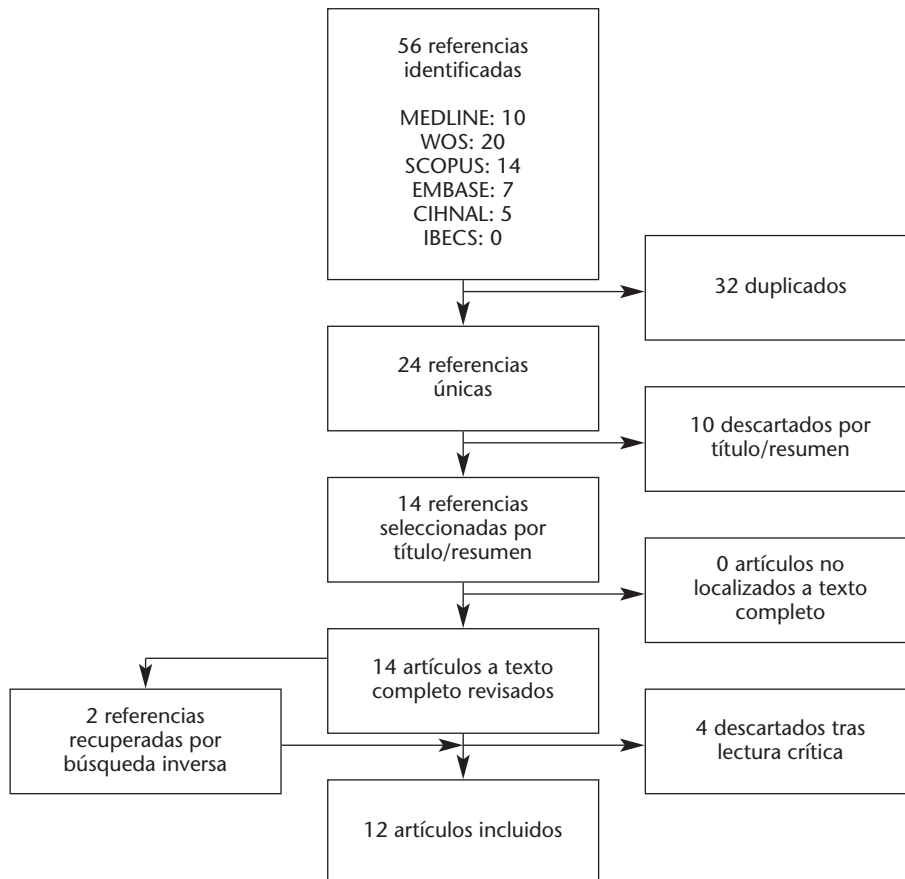


Figura 1. Proceso de selección de estudios.

Tabla 2. Características principales de los estudios incluidos

Primer autor. Año, país [tipo de estudio]	Población/instrumento	Intervención/comparación	Resultados	Conclusiones
Brand <i>et al.</i> ⁴ 2002, EEUU [ECnA]	12 voluntarios sanos, a nivel del mar (edad: 28-47; 1 raza negra; 2 fumadores). Modelo pulsioxímetro: Nellcor N209A	Se analizaron 3 colores de esmalte de uñas: azul, verde y verde-lima. Se pintaron las uñas de los dedos 2º, 3º y 4º de una mano de cada sujeto y se contrastaron las lecturas de SpO ₂ obtenidas con la del 2º dedo con la uña sin pintar de la mano opuesta.	No se observaron diferencias entre las mediciones obtenidas de los dedos con uñas pintadas y los dedos control ($p = 0,67$).	El esmalte de uñas no afectó a la precisión de los valores de pulsioximetría.
Chan <i>et al.</i> ⁵ 2003, Italia [ECnA]	7 voluntarios sanos. Modelo pulsioxímetro: Ohmeda Biox 3740	Se analizaron 10 colores de esmalte de uñas: rojo, amarillo, azul oscuro, azul claro, blanco, fucsia, púrpura, marrón, negro, rojo y verde. Se compararon los valores de SpO ₂ tomadas en los dedos con las uñas pintadas (cada una con un esmalte) de una mano con los dedos de la otra con las uñas sin esmalte. Las operaciones se realizaron colocando el sensor del oxímetro tanto en posición perpendicular como lateral.	Se apreció una disminución de aproximadamente el 2% de la SpO ₂ en las uñas pintadas de marrón o negro con el sensor en la posición perpendicular. Sin embargo, cuando el sensor se colocó en la posición lateral, no se observaron diferencias significativas entre las uñas pintadas y sin pintar.	El esmalte de uñas marrón y negro produjo una pequeña disminución en la medición de la SpO ₂ . Las interferencias del esmalte de uñas en la medición de la SpO ₂ pudo evitarse colocando el sensor en una posición lateral.
Miyake <i>et al.</i> ⁶ 2003, Brasil [ECnA]	61 voluntarias sanas (edad: 18-32). Modelo pulsioxímetro: Dixtal DX-2405	Se analizaron 4 colores de esmalte de uñas: base, rojo, rosa claro y rosa claro brillante. Se pintaron 4 uñas de la mano izquierda (una con cada esmalte), y se contrastaron las lecturas de SpO ₂ obtenidas con la del 2º dedo con la uña sin pintar.	Las mediciones de SpO ₂ realizadas sobre uñas pintadas con colores base, rosa claro y rosa claro brillante no presentaron diferencias significativas respecto al dedo control. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) cuando las pruebas se realizaron sobre el esmalte rojo, pero tan solo en 3 pruebas el error fue $> 2\%$.	Salvo en el esmalte rojo, las lecturas del pulsioxímetro no se vieron afectadas de manera significativa por el esmalte de uñas.
Hinkelbein <i>et al.</i> ⁷ 2007, Alemania [ECnA]	50 pacientes críticos con ventilación mecánica (edad > 18 ; caucásicos; carboxiHb y metaHb $< 4\%$; TAS > 80 mmHg). Modelo pulsioxímetro: Siemens SC1281 y Nellcor DS-100A	Se analizaron 9 colores de esmalte de uñas: amarillo, azul oscuro, azul claro, negro, púrpura, verde oscuro, verde claro, rojo y transparente. A cada participante se le pintaron 9 uñas y se contrastaron las lecturas de SpO ₂ obtenida con la de un dedo con la uña sin pintar. Se registraron los valores de SpO ₂ colocando el sensor del oxímetro tanto en posición perpendicular como lateral.	Salvo en el color verde claro, se observó un descenso significativo ($p < 0,05$) de los valores de SpO ₂ en las uñas con esmalte, especialmente en los colores azul oscuro, negro y púrpura. El error medio en la medida del SpO ₂ para todos los colores estaba dentro del rango de $\pm 2\%$ determinado por el fabricante del oxímetro.	El esmalte de uñas en pacientes con ventilación mecánica produjo alteraciones significativas de los valores de SpO ₂ , pero sin relevancia clínica. La colocación lateral del sensor no eliminó errores en la medición.
Rodden <i>et al.</i> ⁸ 2007, EEUU [ECnA]	27 voluntarios sanos (edad: 27- 57; 24 caucásicos; 1 fumador). Modelo pulsioxímetro: Nellcor N20 y N595	Se analizaron 10 colores de esmalte de uñas: amarillo, azul, blanco, marrón, naranja, negro, púrpura, rojo, rosa y verde. Para cada participante, se tomaron mediciones de SpO ₂ con dos oxímetros en cada dedo antes y después de ser pintado, colocando el sensor del oxímetro tanto en posición perpendicular como lateral.	Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las lecturas sobre esmalte azul y marrón, pero no fueron clínicamente relevantes (diferencias $< 1\%$). En el esmalte rojo, la posición lateral del sensor del N20 produjo una alteración significativa de la SpO ₂ ($p = 0,016$) pero clínicamente irrelevante ($< 1\%$).	El esmalte de uñas o la posición lateral del sensor del pulsioxímetro causaron alteraciones en los valores de SpO ₂ , pero sin relevancia clínica.
Yamamoto <i>et al.</i> ⁹ 2008, EEUU [ECnA]	5 voluntarios sanos (edad: 15-50) sometidos a hipoxia leve por altitud (3048 m). Modelos pulsioxímetro: Massimo RDS1 y Nellcor N20 (y sondas pediátrica y de adulto).	Se analizaron 9 colores de esmalte de uñas: azul, blanco, marrón, naranja, negro, púrpura, rojo, rosa y verde. Se compararon los valores de SpO ₂ tomadas en los dedos con las uñas pintadas (cada una con un esmalte) de una mano con los dedos de la otra mano con las uñas sin esmalte. Las mediciones se realizaron en reposo y tras un esfuerzo moderado.	Se tomaron 210 medidas pareadas de SpO ₂ . La media global de SpO ₂ obtenida sobre las uñas con esmalte fue de $91,4 \pm 4,1\%$ y de $91,2 \pm 3,5\%$ en las uñas sin esmalte ($p = 0,35$). No se observaron diferencias significativas entre los controles y ningún color de esmalte, pero sí entre las mediciones realizadas en reposo y tras esfuerzo con el oxímetro Massimo ($p = 0,001$).	El esmalte de uñas no produjo variaciones significativas en los valores de SpO ₂ en pacientes sanos con hipoxia leve, tanto en reposo como después del ejercicio. Tampoco hubo diferencias en función del pulsioxímetro o sonda utilizada.

(Continúa)

Tabla 2. Características principales de los estudios incluidos (Continuación)

Primer autor. Año, país [tipo de estudio]	Población/instrumento	Intervención/comparación	Resultados	Conclusiones
Diccini <i>et al.</i> ¹⁰ 2011, Brasil [ECnA]	80 voluntarias sanas (edad: 17-30). Modelo pulsioxímetro: Dixal DX 2405.	Se analizaron 5 colores de esmalte de uñas: café, café con leche, chocolate, rojo y metálico. Se compararon los valores de SpO ₂ tomadas en los dedos con las uñas pintadas (cada una con un esmalte) de una mano con los dedos de la otra mano con las uñas sin esmalte.	Los colores café y rojo mostraron valores de SpO ₂ significativamente inferiores con respecto a los controles (diferencias medias: 0,22 ± 0,09%; p = 0,024 y 0,19 ± 0,09%; p = 0,047 respectivamente). El resto de esmaltes no ofrecieron cambios significativos en las lecturas de SpO ₂ .	Los colores café y rojo causaron una reducción en la medida del SpO ₂ , pero carecía de relevancia clínica, pues los valores permanecieron dentro del rango normal de precisión.
Sütçü Çiçek <i>et al.</i> ¹¹ 2011, Turquía [ECnA]	33 voluntarias sanas (edad media: 19 ± 1). Modelos pulsioxímetro: Rapido Portable; Petas KMA 275 y Novamatrix 515	Se analizaron 13 colores de esmalte de uñas: amarillo, azul oscuro, azul claro, beige, blanco, marrón, negro, púrpura, rosa, rojo, verde, verde claro y transparente. A cada participante se le pintaron 12 uñas (realizando inicialmente unas mediciones con unos colores y repitiendo la operación tras eliminar el esmalte) y se contrastaron las lecturas de SpO ₂ obtenidas con la de un dedo con la uña sin pintar.	Las lecturas de SpO ₂ obtenidas con los colores azul oscuro, beige, blanco y púrpura fueron significativamente inferiores que las obtenidas en el control (diferencias medias < 2%). Las lecturas obtenidas con el pulsioxímetro Petas KMA 275 fueron significativamente superiores que las obtenidas con los otros dos (diferencias medias < 2%) en todos los colores de esmalte.	Los esmaltes de uñas de color azul, beige, púrpura y blanco produjeron lecturas incorrectas de la SpO ₂ . Existió variabilidad de los efectos del esmalte de uñas en la lectura de la SpO ₂ en función del pulsioxímetro utilizado.
Jakpor ¹² 2011, EEUU [ECnA]	23 voluntarios. Modelo pulsioxímetro: Nonin Onyx y Nellcor N395	Se analizaron 6 colores de esmalte de uñas: azul, blanco, rojo, rojo vino, rosa y transparente. A cada participante se le pintaron 6 uñas y se contrastaron las lecturas de SpO ₂ obtenidas con la de un dedo con la uña sin pintar.	Las lecturas obtenidas con el pulsioxímetro Nonin fueron inferiores (p < 0,05) que las obtenidas en el control con los colores azul, blanco y rosa (diferencias medias < 2%). No se observaron diferencias cuando se utilizó el modelo Nellcor.	Los esmaltes azul, blanco y rosa produjeron ligeras alteraciones en las lecturas de SpO ₂ en el modelo de pulsioxímetro más sencillo (Nonin), pero estas variaciones carecían de relevancia clínica.
Shimoya-Bittencourt <i>et al.</i> ¹³ 2012, Brasil [ECnA]	42 pacientes con EPOC estable, no fumadores actuales (edad media: 62,9 ± 8,7). Modelo pulsioxímetro: MicroCo meter-Micro Medical Ltd	Se analizaron 4 colores de esmalte de uñas: base, marrón, rojo y rosa claro. Se compararon los valores de SpO ₂ tomadas en los dedos con las uñas pintadas (cada una con un esmalte) de una mano con los dedos de la otra mano con las uñas sin esmalte. Las mediciones se realizaron en reposo y tras ejercicio moderado.	Los colores base, rosa claro y rojo no afectaron a la lectura de la SpO ₂ . El color marrón produjo una disminución de la lectura de la SpO ₂ en reposo (93,8 ± 2,3% vs 95,0 ± 1,8%) y durante el ejercicio (92,5 ± 3,8% vs 95,0 ± 1,8%; p < 0,001) y el rojo solo durante el ejercicio (93,5 ± 3,3% vs 95,0 ± 1,8%; p = 0,047).	Los colores marrón y rojo causaron alteraciones significativas en los valores de SpO ₂ en pacientes con EPOC, pero carecían de relevancia clínica.
Sompradeekul <i>et al.</i> ¹⁴ 2013, Tailandia [ECnA]	60 voluntarios sanos. Modelos pulsioxímetro: Oxiwatch; Mini-Torr Plus y Mindray PM7000/Massimo	Se analizaron 11 colores de esmalte de uñas: amarillo, azul, blanco, marrón, naranja, negro, plata, púrpura, rojo, rosa y verde. Se tomaron mediciones de SpO ₂ en cada dedo antes y después de ser pintado.	Salvo en los colores naranja, rojo y rosa, se observó un descenso significativo de los valores de SpO ₂ en las uñas con esmalte cuando se usaron los modelos Oxiwatch y Mini-Torr Plus.	Los esmaltes de uñas más comunes (rosa, naranja y rojo) no afectaron a los valores de SpO ₂ . Algunos modelos de pulsioxímetro se vieron afectados por el esmalte de uñas.
Hakverdio lu <i>et al.</i> ¹⁵ 2014, Turquía [ECnA]	40 voluntarias sanas (edad media: 19,1 ± 0,9). Modelo pulsioxímetro: MD300C1	Se analizaron 10 colores de esmalte de uñas: amarillo, azul oscuro, blanco, plata, púrpura, marrón, negro, rojo, rosa y verde. Se tomaron mediciones de SpO ₂ en cada dedo antes y después de ser pintado.	Salvo en el color rojo (p = 0,163), se observó un descenso significativo (media aprox. 1%) de los valores de SpO ₂ en las uñas con esmalte.	Algunos esmaltes de uñas causaron alteraciones significativas en los valores de SpO ₂ en personas sanas.

ECnA: ensayo clínico no aleatorizado; Hb: hemoglobina; máx: máximo; PAS: presión arterial sistólica; SpO₂: saturación de oxígeno; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Shimoya-Bittencourt *et al.*¹³ utilizaron pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) estables. Además, con excepción del ensayo de Yamamoto *et al.*⁹, que recreó condiciones de hipoxia leve en altitud, el resto de autores realizaron las mediciones en

condiciones de normoxia, en personas con SpO₂ basales superiores a 95%. Además de en condiciones de reposo, en los ensayos de Yamamoto *et al.*⁹ y Shimoya-Bittencourt *et al.*¹³ también se realizaron mediciones tras un esfuerzo físico moderado.

Descripción de los resultados de los estudios

Excepto en dos trabajos^{4,9}, el esmalte de uñas produjo una reducción estadísticamente significativa de la SpO₂ en al menos un color en pacientes en reposo. Sin embargo, y salvo escasas excepciones en mediciones puntuales, las diferencias detectadas fueron siempre inferiores al 2%, es decir, dentro de los márgenes de error de los pulsioxímetros empleados y, según los autores de los estudios, sin relevancia para la práctica clínica.

Si bien se observó una tendencia generalizada de los colores oscuros (negro, marrón, azul y púrpura) a distorsionar el valor de SpO₂, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los colores de cosmético ni en función de las capas de esmalte aplicadas. Por otro lado, se apreciaron diferencias en las lecturas según el modelo de pulsioxímetro empleado^{8,9,11,12,14}: los aparatos más sencillos o más antiguos presentaron con mayor frecuencia diferencias significativas entre las mediciones realizadas en dedos con uñas con y sin esmalte. No obstante, esas diferencias fueron siempre también inferiores al 2%.

La rotación lateral del sensor del pulsioxímetro como estrategia para eliminar el artefacto producido por el esmalte de uñas no ofreció resultados homogéneos: mientras en un ensayo pudieron eliminarse las alteraciones producidas por el esmalte⁵, en otro no se observaron diferencias con respecto a la posición estándar⁷ y en el tercero, se lograron eliminar errores de medición cuando se emplearon determinados colores de esmalte, pero se observaron variaciones significativas inferiores al 1% en los dedos con las uñas pintadas de color rojo cuando se utilizó un modelo de pulsioxímetro antiguo⁸.

Discusión

El esmalte de uñas ha sido considerado tradicionalmente como uno de los principales factores que pueden alterar la lectura de la SpO₂ de los pacientes sometidos a pulsioximetría. Sin embargo, esta afirmación ha sido tratada por numerosos investigadores desde hace tres décadas con escaso consenso entre resultados: mientras algunos estudios concluyeron que la presencia de esmalte de uñas disminuía los valores de SpO₂^{16,17}, otros no encontraron tales diferencias¹⁸.

Durante los años siguientes se replicaron los experimentos con resultados divergentes, en parte tal vez explicables por las diferencias metodológicas existentes entre los ensayos, situación que dificulta la comparación entre ellos. Las discretas muestras utilizadas, el método no aleatorio de selección de los participantes en los estudios, el limitado número de tipos y colores de esmalte de uñas y, especialmente, los diversos modelos de pulsioxímetros empleados suponen limitaciones importantes que merman la validez externa de los resultados obtenidos.

La evolución tecnológica de los pulsioxímetros ha podido influir de manera razonable en la disparidad de

resultados, una situación que ha sido objetivada en algunos de los ensayos en los que se realizaron simultáneamente mediciones con diferentes pulsioxímetros^{9,11,12,14} y en los que se constataron diferencias entre los modelos. Los avances logrados en la tecnología LED y sensorica han mejorado la validez y fiabilidad de las mediciones con respecto a los modelos más arcaicos, con menor intensidad y capacidad de detección lumínica.

A diferencia de los antiguos oxímetros, y con el objeto de solamente medir la absorción de iluminación relativa a la sangre arterial, el pulsioxímetro analiza la señal de absorción de la luz a lo largo de todo el ciclo cardiaco. De esta forma, en diástole, la absorción es debida a los tejidos estacionarios, la sangre capilar y venosa y a la sangre arterial, mientras que en sístole, la sangre arterial aumenta de volumen relativo lo que hace aumentar el nivel de absorción. O dicho de otro modo, la absorbancia percibida por el pulsioxímetro tiene un componente continuo debido a la absorción de los tejidos estáticos, la sangre venosa y capilar y parte de la sangre arterial, mientras que existe una componente alterna (que representa solo un 5% de la intensidad de la señal) que se debe a la sangre arterial pulsátil. La eliminación de este componente continuo mediante una substracción del componente alterno por parte del pulsioxímetro mediante los filtros digitales adecuados permite obtener una señal en la que la absorción depende solamente a la composición de la sangre arterial pulsante.

Conocido el funcionamiento teórico de los actuales pulsioxímetros, es sencillo realizar un análisis del comportamiento que debería presentar un pulsioxímetro ante diversos fenómenos, como es el esmalte de uñas. Suponiendo que el esmalte de uñas presenta un coeficiente de absorción determinado a diferentes longitudes de onda, la señal percibida por el sensor se vería disminuida proporcionalmente a este coeficiente. Por lo tanto, en condiciones teóricas, la utilización de esmalte de uñas no afecta al cálculo de ratio de absorción utilizado para calcular el grado de SpO₂ de la oxihemoglobina.

Sin embargo, es preciso tener en cuenta que el coeficiente de absorción del esmalte, sobre todo en colores oscuros, puede disminuir la intensidad de la señal varios órdenes de magnitud y afectar al rendimiento del pulsioxímetro. Este hecho, unido a que el componente alterno de la señal ya representa en condiciones normales solamente un 5% de la señal, hace que los componentes alternos de la señal presenten valores cercanos a cero y un ruido elevado capaz de inestabilizar el cálculo matemático mediante algoritmos. Por este mismo motivo, también sería razonable pensar que a mayor número de capas de esmalte aplicadas (aumentando así la opacidad) mayor sería el riesgo de error del pulsioxímetro.

Así, a pesar de las pequeñas diferencias obtenidas en los estudios analizados en este trabajo, ha sido posible observar cierto consenso en que las discretas alteraciones de las mediciones registradas a causa del esmalte

de uñas, pese a ser estadísticamente significativas, no resultan lo suficientemente grandes como para ser consideradas clínicamente relevantes. De hecho, el rango de variación con respecto a los controles se ha mantenido dentro del $\pm 2\%$ de error máximo de precisión que ofrecen la mayor parte de los pulsioxímetros empleados.

En esta línea, otros estudios dirigidos a explorar la influencia de las uñas postizas sobre las mediciones de la SpO₂ mediante pulsioximetría, también se han posicionado en el mismo sentido¹⁹. No obstante, sí se han observado variaciones muy notables en las mediciones de SpO₂ antes y después de la administración de algunos contrastes o pigmentos intravenosos, como el azul de metileno²⁰, con una absorción máxima a 680 nm y con capacidad para alterar el color de la sangre arterial.

La limitación más evidente de este estudio, derivada de la metodología aplicada, es la posibilidad de un sesgo de selección en la elección de las bases bibliográficas utilizadas, la estrategia de búsqueda y la exclusión de los trabajos publicados en lenguas distintas a las seleccionadas. Este posible sesgo se intentó minimizar utilizando 6 de las bases de datos más importantes en Ciencias de la Salud, aplicando una estrategia de búsqueda poco restrictiva y considerando los estudios publicados en las 6 principales lenguas de divulgación.

Finalmente, y a tenor de los resultados desprendidos de los estudios revisados, cabría concluir que existe variabilidad de los efectos del esmalte de uñas en la lectura de la SpO₂ en función del modelo pulsioxímetro utilizado y de las características propias del cosmético utilizado. Sin embargo, a pesar de que el esmalte de uñas puede producir una sutil alteración de los valores de SpO₂, estas variaciones no resultan clínicamente relevantes y se presentan dentro del rango de error estándar de precisión de los pulsioxímetros actuales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación al presente artículo.

Bibliografía

- Severinghaus JW, Astrup PB. History of blood gas analysis. VI. Oximetry. *J Clin Monit*. 1986;2:270-88.
- Tozzetti C, Adembri C, Modesti PA. Pulse oximeter, the fifth vital sign: a safety belt or a prison of the mind? *Intern Emerg Med*. 2009;4:331-2.
- Jovell AJ, Navarro Rubio MD. Evaluación de la evidencia científica. *Med Clin (Barc)*. 1995;105:740-3.
- Brand TM, Brand ME, Jay GD. Enamel nail polish does not interfere with pulse oximetry among normoxic volunteers. *J Clin Monit Comput*. 2002;17:93-6.
- Chan MM, Chan MM, Chan ED. What is the effect of fingernail polish on pulse oximetry? *Chest*. 2003;123:2163-4.
- Miyake MH, Diccini S, Bettencourt ARC. Interference of nail polish colors and time on pulse oximetry in healthy volunteers. *J Pneumol*. 2003;29:386-90.
- Hinkelbein J, Genzwuerker HV, Sogl R, Fiedler F. Effect of nail polish on oxygen saturation determined by pulse oximetry in critically ill patients. *Resuscitation*. 2007;72:82-91.
- Rodden AM, Spicer L, Diaz VA, Steyer TE. Does fingernail polish affect pulse oximeter readings. *Intensive Crit Care Nurs*. 2006;23:1-5.
- Yamamoto LG, Yamamoto JA, Yamamoto JB, Yamamoto BE, Yamamoto PP. Nail polish does not significantly affect pulse oximetry measurements in mildly hypoxic subjects. *Respir Care*. 2008;53:1470-4.
- Diccini S, Mitsue E, Yoo S, Yamaguti L, Cássia AR. Evaluation of pulse oximetry measurements in healthy subjects with nail polish. *Acta Paul Enferm* 2011;24:784-8.
- Sütçü Çiçek H, Gümüş S, Deniz Ö, Yıldız S, Açikel CH, Çakir E, et al. Effect of nail polish and henna on oxygen saturation determined by pulse oximetry in healthy young adult females. *Emerg Med J*. 2011;28:783-5.
- Jakpor O. Do artificial nails and nail polish interfere with the accurate measurement of oxygen saturation by pulse oximetry? *Young Scientists J*. 2011;9:33-7.
- Shimoya-Bittencourt W, Pereira CA, Diccini S, Bettencourt AR. Interference of nail polish on the peripheral oxygen saturation in patients with lung problems during exercise. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2012;20:1169-75.
- Sompradeekul S, Na-Ayuthaya TP. Effect of nail polish and artificial acrylic nails on oxygen saturation determined by pulse oximetry in normoxic adults. *Respirology*. 2013;18(Supl. 4):25.
- Hakverdioğlu Yönt G, Akin Korhan E, Dizer B. The effect of nail polish on pulse oximetry readings. *Intensive Crit Care Nurs*. 2014;30:111-5.
- Coté CJ, Goldstein EA, Fuchsman WH, Hoaglin DC. The effect of nail polish on pulse oximetry. *Anesth Analg*. 1988;67:683-6.
- Rubin AS. Nail polish color can affect pulse oximeter saturation. *Anesthesiology*. 1988;68:825.
- Kataria BK, Lampkins R. Nail polish does not affect pulse oximeter saturation. *Anesth Analg*. 1986;65:824.
- Hinkelbein J, Koehler H, Genzwuerker HV, Fiedler F. Artificial acrylic finger nails may alter pulse oximetry measurement. *Resuscitation*. 2007;74:75-82.
- Scheller MS, Unger RJ, Kelner MJ. Effects of intravenously administered dyes on pulse oximetry readings. *Anesthesiology*. 1986;65:550e2.