

Oximetría de pulso en enfermedades respiratorias: principios y avances

Pulse oximetry in respiratory diseases: fundamentals and advances

Juan José Bandera-Barros¹, Jorge Camilo Méndez-Hernández², Jorge Homero Wilches-Visbal³

Resumen

El pulsioxímetro es un dispositivo que utiliza principios de espectrofotometría y fotopleletismografía para la medición de la saturación de oxígeno arterial, así como el ciclo cardiaco y respiratorio, lo que resulta útil para monitorear pacientes con compromiso respiratorio. En este trabajo se realiza una revisión bibliográfica de los principios físicos del pulsioxímetro y sus avances más recientes en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), asma y COVID-19. Se encontró que la oximetría de pulso es una herramienta confiable y eficaz en el diagnóstico y la prevención de complicaciones en pacientes con estas enfermedades respiratorias.

Palabras claves: Oximetría, enfermedad pulmonar, asma, COVID-19, saturación, brote de los síntomas.

1. Estudiante de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2023-7227>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002021748

2. Estudiante de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4487-0433>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002021740

3. Ingeniero Físico, Doctor en Ciencias – Física Aplicada a la Medicina y Biología. Docente de Biofísica. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3649-5079>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001385203

Correspondencia: juanbanderajb@unimagdalena.edu.co

Abstract

Pulse oximeter is a device that uses the principles of spectrophotometry and photoplethysmography for the measurement of arterial oxygen saturation, as well as the cardiac and respiratory cycle, which is useful for monitoring patients with respiratory compromise. In this work, a bibliographic review of the physical principles of the pulse oximeter and its most recent advances in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), asthma and COVID-19 are carried out. Pulse oximetry was found to be a reliable and effective tool in the diagnosis and prevention of complications in patients with these respiratory diseases.

Keywords: Oximetry, pulmonary disease, chronic obstructive, asthma, COVID-19, saturation, symptom flare up.

Introducción

El oxímetro de pulso o pulsioxímetro es una herramienta de importancia clínica (1) al ser indicado en protocolos estándar de pacientes sometidos a procedimientos anestésicos y hospitalizaciones (2–6). Se usa principalmente para el monitoreo de saturación de oxígeno con el fin de prevenir niveles subóptimos de oxígeno arterial y complicaciones en pacientes con riesgo de hipoxia (7, 8).

Por lo anterior, el pulsioxímetro resulta especialmente útil en el control y evaluación rápida de la saturación de oxígeno arterial (SaO₂) (6, 9–13) en las exacerbaciones de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)(14, 15) y la reciente COVID-19, así como para la medición de la gravedad de crisis asmáticas utilizando la curva pletismográfica (PEP) (16–18).

El propósito de esta investigación es revisar el principio físico del pulsioxímetro, así como los avances más recientes de su aplicación en diversas enfermedades respiratorias.

Métodos

Se ejecutó una búsqueda de información científica del 9 al 27 de agosto de 2021, en PubMed y Google Scholar, mediante palabras clave (en inglés): *oximeter*, *pulse oximetry*, *asthma*, *CDPO*, *COVID-19* y *desaturation*. Se garantizó que al menos el 50% de los artículos hayan sido publicados en los últimos 5 años (2016–2020) y escritos en idioma inglés o español, únicamente. Al terminar la búsqueda se revisaron alrededor de 78 artículos, seleccionándose 35. Fueron excluidos aquellos que, posterior a su lectura, no se consideraron idóneos para la finalidad del trabajo o pertenecientes a tipologías no revisadas por pares.

Desarrollo

Generalidades y principio básico de funcionamiento

El pulsioxímetro es un dispositivo electrónico no invasivo que brinda un aproximado del porcentaje de moléculas de hemoglobina con oxígeno (oxihemoglobina), representado como nivel de saturación arterial (SaO_2). Cuando el valor es determinado mediante este dispositivo se le denomina SpO_2 . El sesgo entre el SpO_2 y SaO_2 (medida por gasometría) es cercano al 2% (19).

El pulsioxímetro suele utilizarse en la falange distal de los dedos, lóbulo de la oreja o labios. Permite la evaluación temprana de hipoxemia, demostrando ser útil en anestesiología al diagnosticar eventos hipoxémicos en pacientes sometidos a cirugías. Asimismo, permite ajustar la fracción de inspiración de oxígeno en pacientes con ventilación mecánica (19–21) y facilita la

medición del ritmo cardíaco a través de la fotopleletismografía (21, 22).

Principio físico

La oximetría, mediante la espectrofotometría (2, 23), utiliza la curva de absorbancia de la oxihemoglobina (O_2Hb) y desoxihemoglobina (HHb) en respuesta a las longitudes de onda de 660 y 940 nm (24, 25), para calcular un aproximado de la SaO_2 (19).

El pulsioxímetro se compone principalmente de fotodiodos y fotodetectores ubicados en puntos diametralmente opuestos al sitio de medición (26, 27). Los fotodiodos emiten rayos infrarrojos (940 nm), en su mayoría absorbidos por la oxihemoglobina sanguínea, y luz roja (660 nm) absorbida por la desoxihemoglobina (24). La parte de la radiación no absorbida llega hasta los fotodetectores (9, 28), como visto en la Fig. 1.

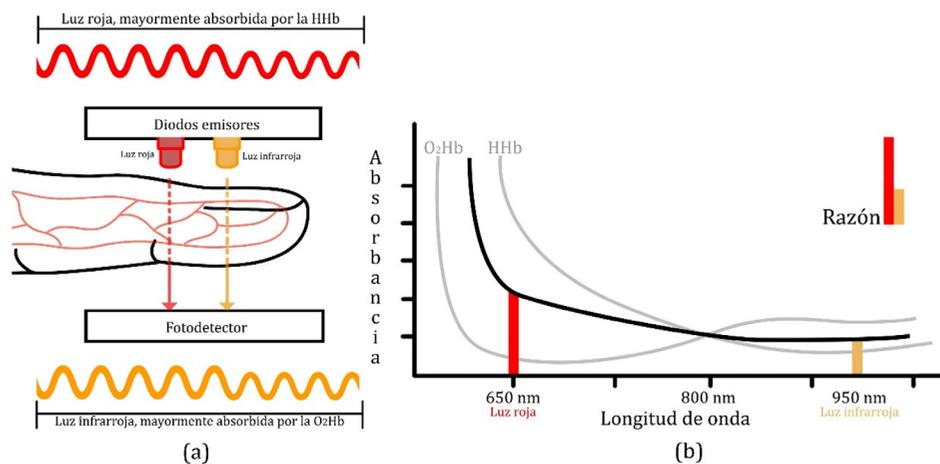


Figura 1. Principio físico de funcionamiento del pulsioxímetro. (a): atenuación de la radiación roja e infrarroja detectada debido a la absorción en HHb y O_2Hb ; (b): razón de intensidades de absorbancia de HHb y O_2Hb .

La razón de intensidades de absorbanza de HHb y O₂Hb (IR), corregida por otros tejidos, se calcula como (7),

$$RI(\%) = 100 * \left(\frac{\frac{A_{r,AC}}{A_{r,DC}}}{\frac{A_{ir,AC}}{A_{ir,DC}}} \right) \quad (1)$$

Donde, A_r y A_{ir} son las absorbancias de luz roja e infrarroja, respectivamente. AC y DC refiere al tipo de señal o pulso, siendo AC pulsos de sangre arterial y DC los provenientes de otros tejidos (sangre venosa, capilar y de tejidos estacionarios). Los valores de saturación arrojados son procesados mediante algoritmos calibrados por el fabricante y se consideran confiables entre 70 % y 100 % (9).

Adicionalmente el oxímetro de pulso cuenta con un fotopletismógrafo, dispositivo que mide la absorbanza de la O₂Hb a luz verde (500 – 600 nm) e infrarroja para cuantificar los cambios en el flujo sanguíneo durante la sístole y la diástole y para determinar el ritmo cardiaco y el ciclo respiratorio (21, 29).

Oximetría y EPOC

La EPOC es una enfermedad caracterizada por la inflamación de las vías respiratorias, el parénquima y la vasculatura pulmonar (30). Se considera la tercera causa de morbimortalidad en el mundo, con más de 170 millones de afectados y 3 millones de fallecimientos

anuales (31–33). Suele cursar con enfisema, debido al colapso de los alveolos pulmonares; y bronquitis crónica, por inflamación de los bronquios y aumento patológico de secreciones de esputo. La inflamación provoca una obstrucción que limita el flujo de aire y puede tener repercusiones sistémicas graves (compromiso cardiovascular, disfunción de los músculos esqueléticos, reflujo gastroesofágico, anemia, entre otros). La desaturación de oxígeno es un signo característico de las exacerbaciones de la enfermedad (34).

El oxímetro de pulso resulta útil para monitorear la SaO₂ en pacientes con EPOC (sobre todo en estadios graves) y detectar desaturaciones del oxígeno arterial producto de exacerbaciones. Además, En Reino Unido se realizó un estudio en 110 pacientes para predecir eventos críticos de EPOC utilizando el pulsioxímetro. Los resultados determinaron que, utilizando la SpO₂ es posible pronosticar las exacerbaciones de pacientes con EPOC con una sensibilidad del 62 % al 38 %, no obstante, se debe juzgar la presencia de empeoramiento de los síntomas (35).

Las complicaciones presentadas en pacientes con estadios graves de EPOC suelen ser la desaturación nocturna y la apnea del sueño. La oximetría puede utilizarse tanto para monitorearlas, como para distinguirlas. La desaturación nocturna corresponde a una SaO₂ < 90 % durante un 30 % o más del tiempo de monitoreo. La apnea del sueño se caracteriza por cambios cíclicos en la SaO₂ considerán-

dose sintomática cuando el paciente presenta 15 o más eventos de desaturación por hora de sueño. La desaturación nocturna puede presentarse con o sin apnea, siendo más crítica la primera (17, 36)

Además, es posible evaluar la necesidad de terapia con oxígeno suplementario en pacientes con EPOC mediante la medición de la SaO₂ en reposo, sobre todo en aquellos con valores de saturación < 89 % (37).

Oximetría y asma

El asma es una enfermedad caracterizada por la obstrucción episódica y reversible de las vías respiratorias inferiores en respuesta a factores ambientales (38, 39). Afecta a 300 millones de personas en el mundo, causando aproximadamente 2,5 millones de muertes anualmente, y es la enfermedad respiratoria crónica más común en niños (40, 41). Los episodios de asma son provocados por agentes exógenos (agentes infecciosos, alérgenos o irritantes) que generan una reacción inflamatoria que, al contraer los músculos presentes en las vías respiratorias, lleva a la obstrucción que compromete la respiración del paciente (42).

El oxímetro resulta útil para complementar medidores de flujo máximo que evalúan la gravedad de las crisis asmáticas y la respuesta al tratamiento (43). Asimismo, puede ayudar a identificar pacientes asmáticos propensos a sufrir falla respiratoria producto de un episodio agudo (42).

En un estudio realizado en el departamento de emergencia de Bagdad (Irak), se escogieron 100 pacientes asmáticos (46 varones y 54 mujeres) mayores de 14 años, con el objetivo de describir la correlación entre SaO₂ por pulsioxímetro y la probabilidad de falla respiratoria (definida como PaO₂ < 60 mmHg y PaCO₂ > 50 mmHg) en mediciones de gasometría arterial. Se concluyó que el oxímetro es capaz de proporcionar información útil para el cuidado de pacientes con asma, al establecerse que una SaO₂ menor al 92 % requiere gasometría arterial para un cuidado más riguroso y la prevención de fallas respiratorias (44).

La PEP del pulsioxímetro es útil para detectar factores que pueden resultar en un pulso paradójico (PP) en pacientes asmáticos, como exacerbaciones y la respuesta a los tratamientos. El PP se define como un cambio dinámico en el volumen sistólico del ventrículo izquierdo durante el ciclo respiratorio. Las estimaciones fueron realizadas con un estudio en 684 pacientes asmáticos, en el cual la PEP se asoció por medio de múltiples modelos de regresión lineal con parámetros de medición convencionales como %FEV₁ (volumen espiratorio forzado en 1 segundo) y AAIRS (Puntaje de investigación de intensidad del asma aguda), que sirven para medir las agudizaciones y la respuesta al tratamiento. Durante la realización de este estudio, se estableció que antes del tratamiento, un paciente con un valor PEP de 48,1 % tendría un %FEV₁ 12,1 % menor a

un paciente con un PEP de 34,4 %, después de un ajuste de edad, género y raza (16).

Oximetría en la COVID-19

La COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el SARS-CoV-2 (45), con manifestaciones similares a la gripe como fiebre, disnea y tos seca (46–48). Sin embargo, en Estados Unidos, entre el 14,2 % y 30 % de los casos han desarrollado complicaciones graves que requieren remisión a UCI para apoyo ventilatorio. Algunas de esas complicaciones son la neumonía y el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), que llevan a hipoxias de rápido progreso que pueden derivar en fallas respiratorias. La mortalidad de pacientes COVID-19 en UCI es de entre 13 % y 28 % en Estados Unidos y China (18,49).

El pulsioxímetro ha sido útil para determinar los valores SaO_2 relacionados con la probabilidad de remisión a UCI en pacientes con sintomatología leve, la definición de la razón correspondiente al SDRA y al riesgo de mortalidad en pacientes graves.

En un estudio realizado en Chicago con 77 casos positivos de COVID-19 se concluyó que a partir de valores de $SpO_2 < 92$ % los pacientes leves tienen riesgo de remisión a UCI en estadios futuros de la enfermedad, por lo cual requieren un monitoreo más estricto. Además, se determinó que la sintomatología

se ve agravada cuando la saturación cae por debajo de estos valores (50).

En un estudio reciente realizado en Perú, cuyo objetivo era describir las características clínicas e identificar los factores de pronóstico de la mortalidad hospitalaria en 369 adultos de 60 años hospitalizados por COVID-19, encontraron que al menos el 69 % reportó comorbilidades (obesidad, diabetes e hipertensión, las más comunes) y 7 días de duración de síntomas antes del ingreso al hospital. Además, por regresión Cox, observaron que pacientes con SpO_2 de 89–85 %, 84–80 % y menores que 80 % presentaron un riesgo de muerte 1,8, 4,4 y 7,7 veces mayor que aquellos con $SaO_2 \geq 90$ %, respectivamente. Concluyeron que $SpO_2 < 90$ % es un fuerte predictor de mortalidad hospitalaria por COVID-19, recomendando detección de hipoxemia e ingreso hospitalario temprano para reducir la mortalidad (18).

Conclusión

Las mediciones obtenidas con el pulsioxímetro demuestran gran utilidad en el diagnóstico clínico de exacerbaciones en enfermedades respiratorias y son eficaces como parámetros indicadores del riesgo de mortalidad. Por lo tanto, la oximetría de pulso podría considerarse como una herramienta clínica confiable en pacientes con compromiso respiratorio.

Referencias

1. Torre-Bouscoulet L, Chávez-Plascencia E, Vázquez-García JC, Pérez-Padilla R. Precisión y exactitud de un oxímetro de pulso «de bolsillo» en la ciudad de México. *Rev Investig Clin* [Internet]. 2006;58(1):28-33. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-83762006000100004#:~:text=Conclusiones, en la ciudad de México.
2. Sánchez-Pérez EA, Lozano-Nuevo JJ, Huerta-Ramírez S, Cerda-Téllez F, Mendoza-Portillo E. Validación de cinco pulsioxímetros. *Med Interna Mex* [Internet]. 2017;33(6):723-9. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-48662017000600723
3. Leon AR, Almaguer S, Martínez L. Anestesia regional y saturación de oxígeno posoperatorio en el paciente geriátrico. *Rev Cuba Cir* [Internet]. 2001;40(2):144-8. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932001000200010#:~:text=Este método anestésico en la, respiratoria%2C leves cambios mentales posoperatorios
4. Cannizzaro DCM, Paladino MA. Fisiología y fisiopatología de la adaptación neonatal. 2011;24(2):59-74. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/aar/v24n2/v24n2a04.pdf>
5. Meng L, Gelb AW. Oximetría cerebral: tres preguntas esenciales. *Rev Colomb Anestesiol* [Internet]. enero de 2015;43:52-6. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0120334714000963>
6. Bencomo S, Villazana S, Salas B. Design and construction of a pulse oximeter. *Rev Ing UC* [Internet]. 2016;23(2):162-71. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634007.pdf>
7. Torp K, Modi P, Simon L. Pulse Oximetry [Internet]. StatPearls Publishing; 2021. 8724 p. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29262014>
8. Botella De Maglia J, Real Soriano R, Compte Torrero L. Saturación arterial de oxígeno durante la ascensión a una montaña de más de 8.000 metros. *Med Intensiva* [Internet]. agosto de 2008;32(6):277-81. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0210569108709550>
9. Chan ED, Chan MM, Chan MM. Pulse oximetry: Understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations. *Respir Med* [Internet]. junio de 2013;107(6):789-99. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095461111300053X>
10. Mejía Salas H, Mayra Mejía Suárez S. Oximetría de pulso. *Rev la Soc Boliv Pediatría* [Internet]. 2012;51(2):149-55. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752012000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1024-06752012000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
11. Cano Rosales DJ, Torres-Duque CA. Medición de la saturación arterial de oxígeno en enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Médicas UIS* [Internet]. 30 de enero de 2020;32(3):19-25. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistamedicasuis/article/view/10243/10176>
12. Fariñas Fuentes G, Fuentes Alcalá ZM, Ortíz Arysmendys I, Beiruty Alayón YS, Cedeño Martínez JA. Evaluación de la saturación arterial de oxígeno durante procedimientos de cirugía bucal en pacientes fumadores. *Rev Española Cirugía Oral y Maxilofac* [Internet]. 2019; Disponible en: <http://gestorrecom.inspiranetwork.com/fichaArticulo.asp?iarf=457568184-647991766836>
13. Ascha M, Bhattacharyya A, Ramos JA, Tonelli AR. Pulse Oximetry and Arterial Oxygen Saturation during Cardiopulmonary Exercise Testing. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. octubre de 2018;50(10):1992-7. Disponible en: <https://journals.lww.com/00005768-201810000-00002>
14. JM. Marín Trigoa. Principales parámetros de función pulmonar en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). *Atención Primaria* [Internet]. 2003;32(3):169-76. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-principales-parametros-funcion-pulmonar-enfermedad-13049899>

15. Juan Céspedes G, Francisco Arancibia H. Oxígeno terapia y rehabilitación respiratoria en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Chil enfermedades Respir* [Internet]. 2011;27(2):124-7. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482011000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=e
16. Arnold D, Wang L, TV H. Pulse Oximeter Plethysmograph Estimate of Pulsus Paradoxus as a Measure of Acute Asthma Exacerbation Severity and Response to Treatment. *Acad Emerg Med* [Internet]. 2016;23(3):315-22. Disponible en: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L608761956%0Ahttp://dx.doi.org/10.1111/acem.12886>
17. Lacasse Y, Sériès F, Vujovic-Zotovic N, Goldstein R, Bourbeau J, Lecours R, et al. Evaluating nocturnal oxygen desaturation in COPD – revised. *Respir Med* [Internet]. septiembre de 2011;105(9):1331-7. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095461111001156>
18. Mejía F, Medina C, Cornejo E, Morello E, Vásquez S, Alave J, et al. Oxygen saturation as a predictor of mortality in hospitalized adult patients with COVID-19 in a public hospital in Lima, Peru. Taniyama Y, editor. *PLoS One* [Internet]. 28 de diciembre de 2020;15(12):e0244171. Disponible en: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0244171>
19. Jubran A. Pulse oximetry. *Crit Care* [Internet]. 1 de diciembre de 2015;19(1):272. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-015-0984-8>
20. Alian AA, Shelley KH. Photoplethysmography. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. diciembre de 2014;28(4):395-406. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1521689614000755>
21. Tamura T. Current progress of photoplethysmography and SPO2 for health monitoring. *Biomed Eng Lett* [Internet]. 18 de febrero de 2019;9(1):21-36. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s13534-019-00097-w>
22. Lampier L, Coelho Y, Caldeira E, Bastos T. Un enfoque de aprendizaje profundo para estimar la frecuencia respiratoria del fotopleletismograma. *Ingenius Rev Cienc y Tecnol* [Internet]. 2022;(27):1-14. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2022000100096
23. Shimoya-bittencourt W, Alberto C, Pereira DC. La interferencia del esmalte de uñas en la saturación periférica de oxígeno en pacientes con neumopatía en el ejercicio. *Rev Latino-Am Enferm* [Internet]. 2012;20(6):1-7. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/NJRtS4t43JhzWqJGSXybHMy/abstract/?lang=es>
24. Morales OS, Camargo JR, Gaona EE. Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y Zigbee. *Rev Tecnura* [Internet]. 2015;19:97-111. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/issue/view/650%5Cnhttp://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.3.a08>
25. Yossef Hay O, Cohen M, Nitzan I, Kasirer Y, Shahroorkarni S, Yitzhaky Y, et al. Pulse Oximetry with Two Infrared Wavelengths without Calibration in Extracted Arterial Blood. *Sensors* [Internet]. 15 de octubre de 2018;18(10):3457. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/10/3457>
26. Pérez R, Pérez J, Betancur M, Bustamante J. Método Alternativo De Control De Intensidad Lumínica Para Pulsioximetría En Tiempo Real. *Rev Ing Biomédica* [Internet]. 2015;9(17):35-43. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622015000100003
27. Gómez CA, Velasco J. Sistema de pulsioximetría y capnografía para dispositivos móviles Android. *Rev Ing Biomédica* [Internet]. 2014;8(15):36-44. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781845694364500287>
28. González-Barajas JE, Velandia CC, Lyma-Guaqueta J, Ospina-Fuentes P. Análisis espectral a través de bancos de filtros aplicado al pre-procesamiento para la umbralización de señales de pulso oximetría. *Tecnológicas* [Internet]. 30 de julio de 2016;19(37):29. Disponible en: <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/48>

29. Prinable J, Jones P, Boland D, McEwan A, Thamrin C. Derivation of Respiratory Metrics in Health and Asthma. *Sensors* [Internet]. 12 de diciembre de 2020;20(24):7134. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/24/7134>
30. Pérez-Chavira M del R, Vargas-Camaño ME, Martínez-Aguilar NE, Hernández-Pliego RR, Chaia-Semerena GM. Inmunopatología de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Alerg México* [Internet]. 2018;64(3):327. Disponible en: <http://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/263>
31. Agarwal AK, Raja A, Brandon B. *Chronic Obstructive Pulmonary Disease* [Internet]. Treasure Island (FL), editor. StatPearls Publishing; 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32644707/>
32. Briceño-Souza E, Falcón-Solís E, Vázquez-Madariaga C, Vidal-Rosado E, Méndez-Domínguez N. Análisis epidemiológico de la mortalidad por enfermedad pulmonar obstructiva crónica en el estado de Yucatán en 2017. *NCT Neumol y Cirugía Tórax* [Internet]. 2020;79(1):31-6. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=93427>
33. Salabert I, Alfonso JC, Alfonso D, Alfonso I, Toledo T, Celestrin M. La enfermedad pulmonar obstructiva crónica es un problema de salud. *Rev Médica Electrónica* [Internet]. 2019;41(6):1471-86. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242019000601471
34. Barnes P, Celli B. Systemic manifestations and comorbidities of COPD. *Eur Respir J* [Internet]. 2009;33(5):1165-85. Disponible en: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L354698367%5Cnhttp://erj.ersjournals.com/cgi/reprint/33/5/1165%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1183/09031936.00128008%5Cnhttp://sfx.library.uu.nl/utrecht?sid=EMBASE&cissn=09031936&iid=doi:10.1183%2F090>
35. Shah SA, Velardo C, Farmer A, Tarassenko L. Exacerbations in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Identification and Prediction Using a Digital Health System. *J Med Internet Res* [Internet]. 7 de marzo de 2017;19(3):e69. Disponible en: <http://www.jmir.org/2017/3/e69/>
36. Dzierzewski JM, Dautovich ND, Rybarczyk B, Taylor SA. Night-to-night fluctuations in sleep apnea severity: diagnostic and treatment implications. *J Clin Sleep Med* [Internet]. 15 de abril de 2020;16(4):539-44. Disponible en: <http://jcs.m.aasm.org/doi/10.5664/jcs.m.8272>
37. Group L-TOTTR. A Randomized Trial of Long-Term Oxygen for COPD with Moderate Desaturation. *N Engl J Med* [Internet]. 2016;375(17):1617-27. Disponible en: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1604344%0Apapers3://publication/doi/10.1056/NEJMoa1604344>
38. Mims JW. Asthma: definitions and pathophysiology. *Int Forum Allergy Rhinol* [Internet]. septiembre de 2015;5(S1):S2-6. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/alr.21609>
39. McCracken J, Veeranki S, Ameredes B, Calhoun W. Diagnosis and management of asthma in adults a review. *J Am Med Assoc* [Internet]. 2017;318(3):279-90. Disponible en: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L617517846%0Ahttp://dx.doi.org/10.1001/jama.2017.8372>
40. Rehman A, Amin F, Sadeeqa S. Prevalence of asthma and its management: A review. *J Pak Med Assoc* [Internet]. 2018;68(12):1824-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30504949/>
41. Betancourt-Peña J, Olaya-Tamayo RA, Giraldo-Mosquera MC, Arredondo-Florez EJ, Carrillo HA, Ávila-Valencia JC. Factores de riesgo y síntomas de asma infantil en estudiantes de dos colegios de Cali. *Univ y Salud* [Internet]. 30 de abril de 2021;23(2):85-91. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/4893>
42. Patel S, Teach S. Asthma. *Pediatr Rev* [Internet]. 2019;40(1):549-67. Disponible en: <https://publications.aap.org/pediatricsinreview/article-abstract/40/11/549/35239/Asthma?redirectedFrom=fulltext>
43. Zafra Anta MA, Medino Muñoz J, Navas Martín L, Hernando López de la Manzanara P. Pulsioxímetro dactilar: ¿una nueva herramienta para el autocontrol en asma? *Pediatría Atención Primaria* [Internet]. diciembre de 2014;16(64):317-20. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322014000500007&lng=en&nrm=iso&tlng=en

44. Mustafa Mahmood E. The Reliability of Oxygen Saturation Compared with Arterial Blood Gas Analysis in the Assessment of Respiratory Failure in Acute Asthma. *Int J Crit Care Emerg Med* [Internet]. 19 de marzo de 2020;6(2). Disponible en: <https://clinmedjournals.org/articles/ijccem/international-journal-of-critical-care-and-emergency-medicine-ijccem-6-101.php?jid=ijccem>
45. Asociación Española de Pediatría (AEP). Documento de manejo clínico del paciente pediátrico con infección por SARS-CoV2 [Internet]. Manejo clínico del Ministerio de Sanidad Español. Madrid, España; 2020. Disponible en: <https://www.aeped.es/noticias/documento-manejo-clinico-paciente-pediatrico-y-pacientes-riesgo-con-infeccion-por-sars-cov2>
46. Castillo-Pedraza MC, Serpa-Romero XZ, Wilches-Visbal JH. La odontología frente a la pandemia por Covid-19: medidas y prácticas a implementar. *Rev Esp Salud Publica*. 2020;94:1-4.
47. Wilches Visbal JH, Castillo Pedraza MC, Serpa Romero XZ. Inactivación potencial del coronavirus SARS-CoV2: ¿qué agentes germicidas se proponen? *Rev Cuid* [Internet]. 13 de noviembre de 2020;12(1):e1273. Disponible en: <https://revistas.udes.edu.co/cuidarte/article/view/1273>
48. Wilches Visbal J, Castillo Pedraza M. Aproximación matemática del modelo epidemiológico SIR para la comprensión de las medidas de contención contra la COVID-19. *Rev Esp Salud Publica* [Internet]. 2020;94:e1-11. Disponible en: https://www.msbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL94/C_ESPECIALES/RS94C_202009109.pdf
49. Pinheiro DS, Santos RS, Veiga Jardim PCB, Silva EG, Reis AAS, Pedrino GR, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet* [Internet]. 2020;395(2):94-103. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32007143/>
50. Shah S, Majmudar K, Stein A, Gupta N, Suppes S, Karamanis M, et al. Novel Use of Home Pulse Oximetry Monitoring in COVID-19 Patients Discharged From the Emergency Department Identifies Need for Hospitalization. *Acad Emerg Med* [Internet]. 2020;27(8):681-92. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/acem.14053>