

CONTENIDO / CONTENTS

Editorial / Editorial

Resiliencia y nuevas oportunidades en el campo médico y científico en una época post-pandemia
Resilience and new opportunities in the medical and scientific field in a post-pandemic era

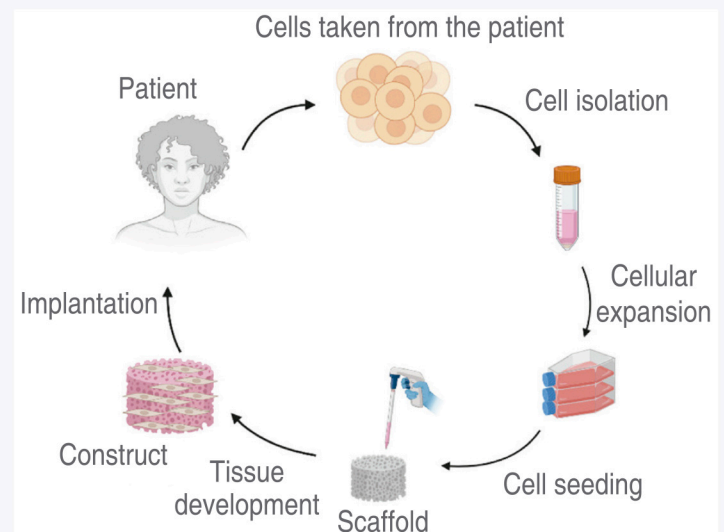
Artículos originales / Original articles

Factores de riesgo asociados al trastorno de procesamiento auditivo central
Risk factors associated with central auditory processing disorder

Metodología para obtener la técnica de kayak utilizando un sistema de análisis de movimiento
Methodology for obtaining kayak technique using a motion analysis system

Artículo de revisión / Review article

La ingeniería de tejidos en la regeneración ósea
Tissue engineering in bone regeneration



COMITÉ EDITORIAL

Editor en Jefe: Jonathan Javier Magaña Aguirre Ph.D. (INR-LGII)

Co-Editor: Alberto Gabriel López Reyes Ph.D. (INR-LGII)

Investigación Básica

Oscar Hernández Hernández Ph.D. (INR-LGII)
Editor Asociado Investigación Básica

Bulmaro Cisneros Vega Ph.D. (CINVESTAV)
Biología Molecular

Ramón M. Coral Vázquez Ph.D. (ESM-IPN)
Biología Molecular

Francisco García Sierra Ph.D. (CINVESTAV)
Biología Celular

Luis Enrique Gómez Quiroz Ph.D. (UAM-I)
Biología Celular

Gerardo Leyva Gómez Ph.D. (UNAM)
Nanotecnología

Edna Ayerim Mandujano Tinoco Ph.D. (INR-LGII)
Biología Molecular

Gabriela A. Martínez Nava Ph.D. (INR-LGII)
Genómica

Fernando E. Navarro García Ph.D. (CINVESTAV)
Biología Celular

David Quintanar Guerrero Ph.D. (UNAM)
Nanotecnología

José Manuel Rodríguez Pérez Ph.D. (INC-ICH)
Genómica

Roberto Sánchez Sánchez Ph.D. (INR-LGII)
Medicina Regenerativa

Gilberto Vargas Alarcón Ph.D. (INC-ICH)
Genómica

Investigación Clínica

Paul Carrillo Mora MD., Ph.D. (INR-LGII)
Editor Asociado Investigación Clínica

María de la Luz Arenas Sordo MD., Ph.D. (INR-LGII)
Enfermería

Adolfo Chávez Negrete MD., Ph.D. (IMSS)
Hematología

Roberto Coronado Zarco MD., M.Sc. (INR-LGII)
Rehabilitación

Victoria Del Castillo Ruíz MD. (INP)
Genética Clínica

Juan Fernández Ruíz Ph.D. (UNAM)
Neurociencias

Rafael Franco Cendejas MD., M.Sc. (INR-LGII)
Infectología

Marwin Gutiérrez Riveros MD. (INR-LGII)
Reumatología

Alberto Hidalgo Bravo MD., Ph.D. (INR-LGII)
Genética Clínica

Vicente Madrid Marina MD., Ph.D. (INSP)
Salud Pública

Anell Olivos Meza MD., Ph.D. (INR-LGII)
Ortopedia

Jimena Quinzanos Fresnedo MD., M.Sc. (INR-LGII)
Neurorrehabilitación

Adriana Solís Vivanco MD., Ph.D. (INR-LGII)
Oftalmología

Investigación Tecnológica

Josefina Gutiérrez Martínez Ph.D. (INR-LGII)
Editor Asociado Investigación en Ingeniería Biomédica

Enrique Chong Quero Ph.D. (ITESM)
Mecatrónica

Lorenzo Leija Salas Ph.D. (CINVESTAV)
Bioinstrumentación

Arturo Vera Hernández Ph.D. (CINVESTAV)
Bioinstrumentación

Gerardo Rodríguez Reyes Ph.D. (INR-LGII)
Ingeniería Biomédica

Investigación Sociomédica

Hugo Sandoval Zamora M.Sc. (INR-LGII)
Editor Asociado Investigación Sociomédica

Anabella Barragán Solís Ph.D. (INAH)
Antropología Social

Filiberto Toledano Toledano Ph.D. (INR-LGII)
Trabajo Social

Comité Internacional

Francisco J. Blanco MD., Ph.D.
(Hospital Universitario de A Coruña-ESP)

Wagner Coelho de Albuquerque Pereira Ph.D.
(Universidade Federal do Rio de Janeiro, BRA)

Fernando Morales Montero Ph.D.
(Universidad de Costa Rica-CR)

Carlos Negreira Ph.D.
(Universidad de la República, URU)

Anthony Reginato MD., Ph.D.
(Rhode Island Hospital-USA)

Álvaro Rendón Ph.D.
(INSERM-U592-FRA)

Luis Velázquez Pérez MD., Ph.D.
(Academia de Ciencias-CUB)

Steve J. Winder Ph.D.
(University of Sheffield-UK)

Didier Wolf Ph.D.
(Centre de Recherche en Automatique de Nancy Université de Lorraine, FRA)

Antonio Ramos Ph.D.
(Instituto de Física de la Información, ESP)

Catherine Disselhorst-Klug Ph.D.
(RWTH AACHEN, GER)

Asesores

Asesores Médicos y Tecnológicos

Luis Fernando Alcocer Díaz MD., M.Sc. (Atlas FC)
Medicina del Deporte

Annel Gómez Coello MD., M.Sc. (INR-LGII)
Foniatría

Elsa Carolina Laredo Sánchez MD. (INR-LGII)
Anestesiología

Marlene Alejandra Rodríguez Barragán MD., M.Sc. (INR-LGII)
Rehabilitación

Ofelia Natsuko Taniyama López MD., M.Sc. (INR-LGII)
Otorrinolaringología

Martín de Jesús Sánchez Zúñiga MD.
Medicina Crítica

Ivett Quiñones Urióstegui Ph.D.
Ingeniería de Rehabilitación

Oscar Yáñez Suárez M.Sc.
Procesamiento y análisis de Información Cerebral

Oficina Editorial

Araceli Guerra Grajeda Ph.D. (INR-LGII)
Coordinación de la Oficina Editorial

Marco Antonio Núñez Gaona M.Sc. (INR-LGII)
Coordinación de Diseño y Desarrollo Web

Heriberto Aguirre Meneses M.Sc. (INR-LGII)
Diseño y Desarrollo Multimedia



CUERPO DIRECTIVO

Dr. Jorge Carlos Alcocer Varela
Secretaría de Salud

Dr. Gustavo Reyes Terán
Comisión Coordinadora de Institutos Nacionales
de Salud y Hospitales de Alta Especialidad

Dr. Carlos Pineda Villaseñor
Dirección General INR-LGII

Dra. Josefina Gutiérrez Martínez
Dirección de Investigación INR-LGII

Dr. Juan Antonio Madinaveitia Villanueva
Dirección Quirúrgica INR-LGII

Dra. Matilde Loreto Enríquez Sandoval
Dirección de Educación en Salud INR-LGII

Lic. Humberto Moheño Diez
Dirección de Administración INR-LGII

CONSEJO EDITORIAL

María Lucinda Aguirre Cruz MD. Ph.D. (INNN-MVS)
Juan Manuel Alvarado Orozco Ph.D. (CIDESI)
Teresa Corona Vázquez MD. Ph.D. (INNN-MVS)
Julio Granados Arriola MD., Ph.D. (INNCM-SZ)
Enrique Graue Wiechers MD., Ph.D. (UNAM)
Rosalinda Guevara Guzmán MD., Ph.D. (UNAM)
Luis Javier Jara Quezada MD. Ph.D. (INR-LGII)
Alberto Lifshitz Guinzberg MD. (IMSS)
Jaime Mas Oliva MD. Ph.D. (UNAM)
Verónica Medina Bañuelos Ph.D. (UAM-I)
Horacio Merchant Larios MD. Ph.D. (UNAM)
Manuel Ruíz de Chávez MD. M,Sc. (UNAM)

Investigación en Discapacidad. Año 8, Número 2, Mayo-Agosto 2022. Es una publicación cuatrimestral editada y distribuida por el Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra», Calzada México-Xochimilco 289. Col. Arenal de Guadalupe. CP. 14389. Alcaldía Tlalpan. México, CDMX. **Editor responsable:** Dr. Jonathan Javier Magaña Aguirre. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo N° 04-2021-112319585200-102. ISSN en trámite. Ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitación de Título y Contenido en trámite. Otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Diseñada, producida e impresa por Graphimedic, SA de CV, Coquimbo 936, Col. Lindavista, CP. 07300, Alcaldía Gustavo A. Madero, México, CDMX. Tels. 55 8589 8527 al 32. Este número se terminó de imprimir el 1 de junio de 2022 con un tiraje de 1,000 ejemplares. El contenido de los artículos, así como las fotografías son responsabilidad exclusiva de los autores. La reproducción parcial o total sólo podrá hacerse previa autorización del editor de la revista. Toda correspondencia debe ser dirigida al Editor responsable a los correos electrónicos: indiscap@inr.gob.mx; indiscap@gmail.com

Imagen de la portada: *Fundamental principle of tissue engineering.*

EDITORIAL

49 Resiliencia y nuevas oportunidades en el campo médico y científico en una época post-pandemia

Alberto López-Reyes,
Jonathan J Magaña

ARTÍCULOS ORIGINALES

51 Factores de riesgo asociados al trastorno de procesamiento auditivo central

Sergio Díaz Leines,
Elva Carolina Esquivel García,
Guillermo Buenrostro Márquez,
María del Consuelo Martínez-Wbaldo

62 Metodología para obtener la técnica de kayak utilizando un sistema de análisis de movimiento

Virginia Bueyes-Roiz,
Ivett Quiñones-Urióstegui

ARTÍCULO DE REVISIÓN

67 La ingeniería de tejidos en la regeneración ósea

Erika Karina Ruvalcaba-Paredes,
Ana Brena-Molina,
Lenin Tamay de Dios,
Maykel González-Torres



EDITORIAL

49 Resilience and new opportunities in the medical and scientific field in a post-pandemic era

Alberto López-Reyes,
Jonathan J Magaña

ORIGINAL ARTICLES

51 Risk factors associated with central auditory processing disorder

Sergio Díaz Leines,
Elva Carolina Esquivel García,
Guillermo Buenrostro Márquez,
María del Consuelo Martínez-Wbaldo

62 Methodology for obtaining kayak technique using a motion analysis system

Virginia Bueyes-Roiz,
Ivett Quiñones-Urióstegui

REVIEW ARTICLE

67 Tissue engineering in bone regeneration

Erika Karina Ruvalcaba-Paredes,
Ana Brena-Molina,
Lenin Tamay de Dios,
Maykel González-Torres



Resiliencia y nuevas oportunidades en el campo médico y científico en una época post-pandemia

Resilience and new opportunities in the medical and scientific field in a post-pandemic era

Alberto López-Reyes,* Jonathan J Magaña†

Hoy en día nos enfrentamos al mayor desafío que la humanidad ha vivido en el presente siglo. La pandemia originada en China en noviembre de 2019 a causa de la COVID-19 ha cobrado la vida de más de 6'000,000 de individuos y ha dejado secuelas en un alto porcentaje de los más de 500'000,000 de individuos infectados por el virus SARS-CoV-2.

Desde el comienzo de la pandemia de COVID-19, todos hemos sido testigos de cómo los sistemas de salud y proveedores de servicios sanitarios en todo el mundo estuvieron expuestos a un desgaste y tensión extrema. La población en general, los profesionales de la salud, los pacientes e incluso los científicos han tenido que adaptarse repentina y dramáticamente a esta amenaza para la salud pública, al mismo tiempo que intentan mantener su integridad física y asegurar la calidad, fiabilidad e integridad de los servicios que ofrecen.

En estos días, la resiliencia, la capacidad de adaptarse así como de responder a los desafíos y a los cambios en diferentes niveles de atención en salud han sido fundamentales para que los servicios y la atención médica mantengan funciones cruciales y puedan brindar servicios de atención de alta calidad en diferentes condiciones, lo que se conoce como «resiliencia del sistema de salud».

De manera paralela, el científico y el investigador han tenido que adaptarse a estos cambios, tomando como una nueva área de oportunidad el estudio de una patología emergente y su impacto a diferentes niveles, analizando sus implicaciones, incluso en temas tan específicos que al parecer no tienen asociación. La creatividad científica incentivada por la pandemia ha motivado a los investigadores a explorar fronteras que jamás habían pensado estudiar. Incluso la obtención y ministración de recursos y proyectos subvencionados ha sido un reto mayúsculo para seguir ejerciendo las actividades científicas en el ámbito de la salud.

Si escuchamos las pláticas en pasillos, consultorios y laboratorios, aun si observamos las redes sociales de las personas que trabajan en los servicios de atención médica, encontraremos una gran variedad de impactos post-pandemia en los servidores de salud; sin embargo, no todos los comentarios son negativos. Los profesionales de la salud han descrito grandes adaptaciones en la prestación de servicios y el impacto que han tenido a nivel profesional y personal. Pero el conjunto de acciones nos lleva a pensar cómo estas adaptaciones funcionaron o qué barreras o desafíos encontramos, así como a identificar los efectos

* Co-Editor.

† Editor en Jefe.

Revista de Investigación en Discapacidad, Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra». Ciudad de México, México.

Correspondencia:

Jonathan J Magaña, PhD

E-mail: indiscap@gmail.com



Citar como: López-Reyes A, Magaña JJ. Resiliencia y nuevas oportunidades en el campo médico y científico en una época post-pandemia. Invest Discapacidad. 2022; 8 (2): 49-50. <https://dx.doi.org/10.35366/105477>



secundarios de las adaptaciones que impactaron e impactarán en los servicios de salud, los pacientes y el personal. Por último, será importante conocer cómo han contribuido los pacientes, las familias y el público a la resiliencia de los servicios de salud en esta «nueva normalidad».

El rendimiento resiliente se logra a través de la adopción, adaptación y transformación para continuar las operaciones cuando éstas se enfrentan a interrupciones o a grandes transformaciones, tales como las vividas durante la pandemia. Si bien las interrupciones ocasionadas por la pandemia han sido catastróficas, con resultados negativos a corto y mediano plazo, es importante reflexionar y analizar las áreas de oportunidad que nos depara la pandemia, ya que es posible desarrollar y aplicar innovaciones científico-tecnológicas que mejoren las operaciones laborales y de investigación.

Hoy más que nunca, sabemos que la innovación y el aprendizaje colaborativo son clave para la resiliencia. Desafortunadamente, aún no contamos con evidencia suficiente que detalle cómo y por qué dichos procesos tienen éxito o no.

Hoy en día, el mundo ha cambiado y se ha adaptado de manera rápida ante los desafíos sociales de las enfermedades emergentes y su potencial pandémico, ya que las presiones económicas, los eventos adversos presentes en 10% de las admisiones hospitalarias están alentando a la comunidad internacional, sistemas de salud y organizaciones a buscar nuevos enfoques de atención integral. En pocas palabras, hay un número significativo de esfuerzos desde dentro de la comunidad de atención médica, así como de políticas de salud y prestación de servicios para lograr la seguridad médica y científica de manera diferente. Adoptar una orientación de resiliencia ante estos desafíos nos brinda una nueva visión. Hoy más que nunca, el cambio es evidente desde las unidades médicas de primer nivel hasta los sistemas de salud en su totalidad en conjunto con los sistemas de investigación, lo que

impacta invariablemente en las acciones tomadas a nivel de políticas en la escena internacional.

Actualmente hay estudios de la atención médica resiliente que se han centrado en cómo se brinda atención médica en el «extremo afilado» y cómo los profesionales de la atención médica de primera línea se adaptan, «trabajan» o permiten que las cosas fluyan, a pesar de un entorno complejo que se acentúa día con día. La resiliencia de los sistemas de salud como perspectiva ya se utiliza en gran medida para resolver las crisis de salud internacionales, desde un punto de vista multisectorial y multinivel. De hecho, la Organización Mundial de la Salud la utiliza en ciertas iniciativas que buscan representarlas como indicadores operativos destinados a desarrollar la resiliencia.

No cabe duda de que tenemos la oportunidad de romper paradigmas, buscar nuevas oportunidades y fomentar una amplia comprensión de la resiliencia y la capacidad de respuesta para contribuir a la planificación y la preparación para futuros desastres y para adaptarse a diversos tipos de estrés del sistema. La experiencia en los últimos años nos ha dejado claro que la integración y el trabajo colaborativo es fundamental para poder dar respuesta oportuna ante las dificultades, por lo que la multidisciplina nos da la pauta para seguir desarrollando estrategias en el área de la salud y nuevas oportunidades de investigación y desarrollo tecnológico.

Ante esta realidad, la Revista de *Investigación en Discapacidad* será un foro con amplia apertura para mostrar nuevas investigaciones con impacto clínico, biomédico y tecnológico, ya que nos interesa conocer y observar las repercusiones en el cambio de la atención médica y de investigación en una época resiliente. Sabemos de antemano que nuestra comunidad médica y científica se ha enfrentado a un cambio de paradigma, que seguramente se verá reflejado en innovaciones e investigación creativa en los próximos años, lo que en lugar de ser un obstáculo será un trampolín para desarrollar una nueva visión científica y médica.

www.medigraphic.org.mx

Factores de riesgo asociados al trastorno de procesamiento auditivo central

Risk factors associated with central auditory processing disorder

Sergio Díaz Leines,* Elva Carolina Esquivel García,*
 Guillermo Buenrostro Márquez,* María del Consuelo Martínez-Wbaldo[‡]

Palabras clave:

Trastorno del procesamiento auditivo central, factores de riesgo perinatal, factores de riesgo sociofamiliares.

Keywords:

Central auditory process disorder, perinatal risk factors, socio-family risk factors.

Resumen

Introducción: Existen diversos factores de riesgo neurológico, sensorial auditivo y visual, así como sociofamiliares que pueden estar presentes antes, durante y después de la gestación del niño y que pueden producir alteraciones en su neurodesarrollo; sin embargo, hay pocos reportes de estos riesgos asociados al trastorno del procesamiento auditivo central (TPAC). El objetivo del presente estudio fue describir y comparar la frecuencia de estos factores en escolares con y sin TPAC. **Material y métodos:** Estudio observacional, comparativo, de corte transversal, no experimental, que consistió en estudiar una muestra voluntaria de madres de escolares agrupados con y sin TPAC entre marzo y noviembre de 2019, para describir los riesgos biológicos y sociofamiliares antes, durante y después de la gestación, comparándolos en niños con y sin TPAC, utilizando χ^2 de homogeneidad (comparación), χ^2 de independencia (asociación) y fuerza de asociación kappa de Cohen. Previa firma de consentimiento informado, se realizó una entrevista estructurada a los padres y se aplicó una batería de pruebas psicoacústicas para evaluar procesos auditivos centrales a los niños. **Resultados:** Se estudió un grupo de 44 casos y otro de 40 controles, se identificaron cinco factores de riesgo prenatales, ocho perinatales y siete sociofamiliares. Estuvieron asociados al TPAC la amenaza de aborto, la preeclampsia y eclampsia, la hiperbilirrubinemia, el embarazo no planeado y la violencia intrafamiliar. **Conclusiones:** Aun cuando hay evidencia de factores de riesgo asociados al TPAC, los aquí identificados deberán tomarse en cuenta como antecedente en escolares con manifestaciones clínicas compatibles con este trastorno.

Abstract

Introduction: There are neurological, auditory and visual sensory risk factors as well as socio-family risk factors that may be present before pregnancy, during pregnancy, and after the child's gestation that can produce alterations in their neurodevelopment, however there are few. Reports of these risks associated with central auditory processing disorder (CAPD). The objective of this study was to describe and compare the frequency of these factors in schoolchildren with and without CAPD. **Material and methods:** Observational, comparative, non-experimental cross-sectional study that consisted of studying a voluntary sample of mothers of schoolchildren grouped with and without CAPD between March and November 2019, to describe the biological and socio-family risks before, during and after pregnancy. Comparing them in children with and without CAPD, using χ^2 of homogeneity (comparison), χ^2 of independence (association) and Cohen's kappa strength of association. After signing informed consent, a structured interview conducted with the parents and a battery of psychoacoustic tests applied to evaluate central auditory processes in the children. **Results:** A

* Servicio de Procesos Centrales de la Audición.
[‡] Unidad de Investigación Sociomédica.

Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra». Ciudad de México, México.

Correspondencia:

Dra. en C. María del Consuelo Martínez-Wbaldo

E-mail: mmartinez@inr.gob.mx; sociomedica56@yahoo.com.mx

Recibido: 4 de Enero de 2022
 Aceptado: 11 de Marzo de 2022



Citar como: Díaz LS, Esquivel GEC, Buenrostro MG, Martínez-Wbaldo MC. Factores de riesgo asociados al trastorno de procesamiento auditivo central. Invest Discapacidad. 2022; 8 (2): 51-61. <https://dx.doi.org/10.35366/105478>



*group of 44 cases and another of 40 controls were studied, five prenatal, eight perinatal and seven socio-family risk factors were identified. Associated with CAPD, threatened abortion, pre-eclampsia and eclampsia, hyperbilirubinemia, unplanned pregnancy and domestic violence. **Conclusions:** Even when there is evidence of risk factors associated with CAPD, those identified here be taken into account as a history in schoolchildren with clinical manifestations compatible with this disorder.*

INTRODUCCIÓN

En términos generales, el procesamiento auditivo central (CAP, por sus siglas en inglés) se refiere a la eficiencia y eficacia en la que el sistema nervioso central (SNC) utiliza la información auditiva en el procesamiento perceptivo de la misma y la actividad neurobiológica del procesamiento que da origen a los potenciales auditivos electrofisiológicos, además incluye habilidades o destrezas como localización y lateralización del sonido; discriminación auditiva; reconocimiento de patrones auditivos; aspectos temporales de la audición, incluyendo integración temporal, discriminación temporal (por ejemplo, detección de brecha temporal), ordenamiento y enmascaramiento temporal; desempeño auditivo en competencias de señales acústicas (incluida la escucha dicótica) y rendimiento auditivo con señales acústicas degradadas.

Algunos autores lo definen como el procesamiento serial y paralelo del sistema auditivo responsable de la atención auditiva, detección e identificación de señales auditivas, decodificación del mensaje neural, como así también el almacenamiento y recuperación de la información relativa a la audición.

Es importante tener presente que existen otras habilidades asociadas o dependientes de una función auditiva intacta como la conciencia fonológica; atención y memoria para la información auditiva; síntesis auditiva; comprensión e interpretación de la información presentada auditivamente, las cuales, se considera, pertenecen a las de tipo cognitivo-comunicativo superior y/o a funciones relacionadas con el lenguaje que no se incluyen en el CAP.¹ Estos mecanismos y procesos se aplican tanto a las señales auditivas verbales como a las no verbales en diversas áreas de función, entre ellas la del lenguaje hablado.²

A las fallas en estos mecanismos se les conoce como trastorno del procesamiento auditivo central (TPAC), también denominado desorden del procesamiento auditivo central, por sus siglas en inglés *central auditory processing disorder* (CAPD), que se caracteriza por presentar dificultades para entender el lenguaje hablado aun cuando no se tienen alteraciones en los umbrales auditivos o cuando éstas no se correlacionan con el grado de discapacidad que los aqueja en caso

de presentarlas. Este trastorno es definido por la *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA) como «las dificultades en el procesamiento perceptual de información auditiva en el sistema nervioso central y en la actividad neurobiológica que subyace a ese procesamiento».³

Un TPAC puede o no coexistir con otra disfunción que afecte el desempeño del procesamiento auditivo central, como aquellas producidas por lesiones del SNC (afasias, enfermedades neurodegenerativas o traumatismos craneofaciales, eventos vasculares cerebrales, epilepsia), así como el retraso en la maduración del mismo, ocasionando retrasos del lenguaje, dislexias, dificultades de aprendizaje y trastornos por déficit de atención, entre otros, incluyendo las otitis medias crónicas recurrentes sufridas a temprana edad.^{4,5}

El diagnóstico del TPAC puede realizarse previo a una historia clínica amplia, un examen físico de oído y una evaluación auditiva completa (audiometría tonal, impedanciometría y reflejo estapedial ipsilateral) y en seguida por medio de pruebas conductuales y/o electrofisiológicas, las primeras permiten identificar o descartar las alteraciones de los procesos afectados en el sitio de la lesión (topo diagnóstico), haciendo uso de varias pruebas verbales y no verbales, agrupadas en relación con el proceso auditivo a evaluar, dependiendo si las dificultades en la percepción auditiva se relacionan con el córtex auditivo de ambos hemisferios cerebrales o con la señal auditiva interhemisférica, lo que da origen a tres perfiles que pueden ser identificados en la evaluación:⁶

1. **Déficit de decodificación auditiva.** Caracterizado por un patrón de déficit auditivo en corteza primaria auditiva izquierda, manifestando:
 - a. Déficit bilateral o del oído derecho en el test de escucha dicótica.
 - b. Bajo rendimiento en tareas de cierre auditivo.
 - c. Dificultad en la discriminación de fonemas.
 - d. Dificultad en las habilidades de resolución temporal.

Asociadas con alteraciones de descodificación fonológica y problemas de comprensión de lenguaje en un entorno ruidoso.

2. Déficit prosódico. Con un patrón de déficits auditivos de la corteza auditiva derecha que incluye:

- a. Déficit del oído izquierdo en los resultados del test de escucha dicótica.
- b. Pobre rendimiento en pruebas de resolución temporal.
- c. Dificultades en la discriminación auditiva de las frecuencias.

Asociadas a dificultades en la lectura de palabras, en la percepción de la prosodia, con pobres habilidades pragmáticas en la secuenciación, visoespaciales y en el cálculo matemático.

3. Déficit de integración. En el que se incluyen dificultades en la transferencia interhemisférica, observándose:

- a. Déficit de oído izquierdo en los resultados de las tareas de escucha dicótica y déficits en el rendimiento en tareas de evaluación del patrón temporal de los sonidos.
- b. Además, de un pobre rendimiento en tareas visuales o multimodales, dificultades de asociación entre un símbolo y su sonido, en la localización del sonido en ambiente ruidoso, así como dificultades leves en tareas interhemisféricas (uso de las dos manos o los dos pies) lo que no supone dificultades en la integración sensorial.⁷

En general, los trastornos del desarrollo y los problemas de conducta pueden tener de una forma u otra algún síntoma del TPAC, por lo que un diagnóstico diferencial adecuado se considera un proceso complejo, pero necesario, por lo que se recomienda incluir pruebas de atención, memoria, lenguaje y funciones ejecutivas al realizarlo.⁸

Otros autores recomiendan además de una evaluación psicofísica, psicométrica y conductual, realizar una evaluación electrofisiológica, utilizando pruebas como potenciales evocados auditivos de tronco cerebral (PEATC), el *binaural interaction component* (BIC), potenciales evocados auditivos de latencia media (PEALM), el P300 y la *mismatch negativity* (MMN) en aquellos casos en que las pruebas conductuales no se puedan realizar o arrojen resultados inconclusos.⁹

Las nuevas líneas de investigación proponen que el diagnóstico de este trastorno se obtiene cuando los resultados en más de dos pruebas utilizadas en su evaluación se encuentren alteradas.^{10,11}

En los niños es común que los padres o los maestros detecten dificultades en la adquisición del lenguaje, lectoescritura, aprendizaje y/o incompetencia en actividades escolares o sociales, las manifestaciones

conductuales y síntomas más comunes durante la entrevista incluyen, pero no se limitan, a las siguientes dificultades:¹²

1. Comprender o escuchar en ambientes competitivos (ruidosos, reverberantes).
2. Localización de la señal auditiva.
3. Seguir conversaciones largas.
4. Entender y mantener conversaciones por teléfono.
5. Aprender un idioma o nuevo vocabulario.
6. Recordar información hablada (déficit de memoria auditiva).
7. Tomar notas, dictados.
8. Entender habla rápida.
9. Inhabilidad para detectar cambios sutiles en la prosodia o para entender humor o sarcasmo.
10. Mantener la atención en una actividad cuando hay otros ruidos.
11. Inhabilidades organizacionales (ejemplo: mantener el orden).
12. Adquisición de lenguaje y la lectoescritura.
13. Procesamiento de señales no verbales (ejemplo: música).

La evaluación instrumentada para determinar si hay un trastorno de procesamiento auditivo central requiere previa determinación del umbral auditivo en la frecuencia de 1,000 Hz de ambos oídos, realizar las pruebas psicoacústicas (binaurales, monoaurales de baja redundancia y pruebas de hemisferio derecho: música y sonidos ambientales). Así como aplicar los criterios de la Asociación Americana de Lenguaje, Habla y Audición (ASHA, por sus siglas en inglés), estableciendo su confiabilidad a partir de los siete años,¹ criterios aplicados en el presente estudio.

Este trastorno tiene una prevalencia estimada en los niños entre 2 y 3%, predominando en el sexo masculino con una relación de 2:1. En los Estados Unidos de América la prevalencia reportada está entre 3 y 7% en la población general,¹³ mientras que en el adulto mayor de 60 años la prevalencia es de 10-20%, incrementándose con la edad.¹⁴

Un TPAC puede presentarse como parte de una condición neurológica (tumores, eventos vasculares cerebrales, traumatismos, epilepsia), retraso en la maduración del sistema nervioso central y cualquier factor interno o externo que altere el adecuado desarrollo del sistema nervioso central.¹⁵ El daño cerebral infantil se estima entre 2-5% de los nacidos vivos¹⁶ asociado a una serie de factores de riesgo prenatales, perinatales, postnatales y sociales.

Con respecto al concepto de recién nacido de riesgo neurológico, éste surge en Inglaterra en 1960, haciendo alusión a los niños cuyos antecedentes de riesgo biológico pregestacional, gestacional y perinatal, así como los sociofamiliares tienen más riesgo de originar problemas en su desarrollo durante los primeros años de vida, ya sean cognitivos, motores, sensoriales o de comportamiento, los cuales pueden ser transitorios o definitivos.¹⁷ Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), de todos los embarazos, de 3 a 5% son de alto riesgo y 12% de riesgo moderado, de éstos entre 10 y 12% requieren atención en la Unidad de Cuidados Intensivos y sólo de 3-5% son de riesgo neurológico.¹⁸ Las secuelas graves y moderadas que llegan a presentar se detectan antes de los seis meses, las cuales continúan hasta los seis años, muy frecuentemente algunos niños a los dos años considerados normales presentan secuelas tardías, por lo que hay que seguirlos hasta los seis o siete años.

En España desde 1982 se realiza un seguimiento protocolizado del recién nacido de riesgo psiconeurosensorial y sociofamiliar, así como de seguimiento madurativo, recomendado por el Comité de Perinatología del Plan Nacional de Prevención de la subnormalidad y modificado por la sección de perinatología de la Asociación Española de Pediatría, publicado recientemente en el *Libro Blanco de la Atención Temprana*.^{19,20}

Aun cuando se tienen documentados los riesgos biológicos para el déficit auditivo y visual, así como el daño neurológico, se recomienda evaluar siempre el riesgo sociofamiliar, ya que son las variables de riesgo que más repercuten en la mortalidad perinatal aguda y la morbilidad a largo plazo;²¹ el riesgo ambiental puede estar presente en los periodos pregestacional, gestacional y perinatal, además de presentarse a lo largo del crecimiento del niño, pues los problemas biológicos precoces favorecen la vulnerabilidad del niño ante un ambiente adverso.

Los criterios de riesgo sociofamiliar²² más frecuentes son:

1. Carencia económica.
2. Embarazo accidental traumatizante.
3. Convivencia conflictiva en el núcleo familiar.
4. Padres con bajo CI/entorno no estimulante.
5. Enfermedades graves/*exitus*.
6. Alcoholismo/drogadicción.
7. Prostitución.
8. Delincuencia/encarcelamiento.
9. Madres adolescentes.
10. Sospecha de malos tratos.

11. Niños acogidos en hogares infantiles.
12. Familias que no cumplimentan los controles de salud repetidamente.

Y los riesgos sensoriales auditivos más reportados son:

1. Hiperbilirrubinemia que precisa exanguinotransfusión.
2. Gran prematuridad.
3. Recién nacido (RN) con peso < 1,500 kg.
4. Infecciones congénitas del sistema nervioso central.
5. Ingesta de aminoglucósidos durante un periodo prolongado o con niveles plasmáticos elevados durante el embarazo.
6. Síndromes malformativos con compromiso de la audición.
7. Antecedentes familiares de hipoacusia.
8. Infecciones postnatales del sistema nervioso central.
9. Asfixia severa.

No obstante, a pesar del adecuado desarrollo de guías sobre los factores de riesgo para hipoacusia según el *Joint Committee on Infant Hearing*,²³⁻²⁵ poco se ha escrito sobre los factores sociofamiliares relacionados con la madre y el ambiente familiar involucrados en el riesgo neurológico y/o la pérdida sensorial tardía en los niños y su asociación con el trastorno de procesamiento auditivo central; hay que considerar que su cerebro se encuentra aún en desarrollo, lo cual los vuelve vulnerables a sufrir alteraciones debido a factores tanto externos como internos y debido a que la sintomatología del TPAC es más evidente y coincide con su ingreso al ambiente escolar, no se busca la asociación, se recomienda evidenciarla al momento de la evaluación diagnóstica.²⁶

El objetivo del presente estudio es identificar y comparar factores adversos pre-, perinatales y sociofamiliares que puedan estar asociados a un TPAC en niños con y sin el trastorno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio de tipo descriptivo, comparativo, de corte transversal, con diseño no experimental, de nivel investigativo relacional donde se obtuvo una muestra voluntaria de madres de niños que son llevados a consulta al Servicio de Procesamiento Auditivo Central de una institución de tercer nivel de atención médica,

durante el periodo de marzo a noviembre de 2019, los cuales presentaron sintomatología probablemente compatible con TPAC, quienes después de los resultados de las pruebas psicoacústicas conformaron dos grupos, cada uno con 44 escolares; sin embargo, cuatro infantes del grupo control no completaron su estudio, por lo que, de acuerdo con los criterios de eliminación, no se incluyeron, quedando al final 44 casos y 40 controles.

Los criterios de inclusión para los casos fueron: escolares de ambos sexos, edad entre siete y 13 años, estudio audiológico (audiometría tonal, impedanciometría y reflejo estapedial ipsi- y bilateral con resultados dentro de parámetros normales, otoscopia con conducto externo libre e integridad de membranas timpánicas, sin trastorno de déficit de atención e hiperactividad, coeficiente intelectual \geq de 75, con habilidades neuropsicológicas de acuerdo con su edad, con y sin dislexia y con alteraciones en las pruebas psicoacústicas [pruebas monoaurales, binaurales y pruebas de hemisferio derecho: música y sonidos ambientales]). Se determinaron los casos según los criterios establecidos por la Asociación Americana de Lenguaje, Habla y Audición (ASHA).

Los criterios de inclusión para los controles: escolares de ambos sexos, edad entre siete y 13 años, estudio audiológico (audiometría tonal, impedanciometría y reflejo estapedial ipsilaterales con resultados dentro de parámetros normales, otoscopia con conducto externo libre e integridad de membranas timpánicas, sin trastorno de déficit de atención e hiperactividad, coeficiente intelectual \geq de 75, con habilidades neuropsicológicas de acuerdo con su edad y sin alteraciones en las pruebas psicoacústicas [pruebas monoaurales, binaurales y pruebas de hemisferio derecho: música y sonidos ambientales]).

Los criterios de eliminación para ambos grupos fueron no completar sus pruebas.

Los criterios de exclusión para ambos grupos fueron presentar otras comorbilidades neurológicas y psiquiátricas.

Las evaluaciones de los criterios de inclusión y exclusión las realizaron personal médico especialista de la institución en los servicios de Audiología, Lenguaje, Psiquiatría y Psicología; el diagnóstico de trastorno de procesamiento auditivo central (TPAC) lo realizó personal médico especialista del Servicio de Procesamiento Auditivo Central por medio de pruebas psicoacústicas, cuyos resultados permitieron seleccionar a los niños para conformar dos grupos de escolares con y sin TPAC, por medio de una eva-

luación instrumentada que requirió la determinación del umbral auditivo en la frecuencia de 1,000 Hz de ambos oídos antes de realizar las siguientes pruebas psicoacústicas:

1. Pruebas binaurales: fusión binaural y dígitos dicóticos, donde el estímulo se presentó a una intensidad 50 dB por arriba del umbral auditivo en la frecuencia de 1,000 Hz del peor oído.
2. Pruebas monoaurales de baja redundancia: palabra filtrada, palabra comprimida y palabra en ruido, música y sonidos ambientales, en las dos primeras el estímulo al oído testado se realizó a una intensidad de 50 dB más que el umbral auditivo en la frecuencia de 1,000 Hz, en el peor oído y en el oído no testado se presenta un enmascaramiento consistente en ruido blanco a una intensidad de 30 dB menos con respecto al estímulo presentado al oído testado. En la prueba de palabra en ruido el enmascaramiento presentado al oído no testado fue a una intensidad de 10 dB menos con respecto al estímulo presentado al oído testado.
3. Pruebas de hemisferio derecho: música y sonidos ambientales.

Para considerar cada caso se aplicaron los criterios establecidos por la Asociación Americana de Lenguaje, Habla y Audición (ASHA), que refiere falla en una sola prueba 3 desviación estándar por debajo de lo esperado para la edad o falla en dos o más pruebas 2 desviación estándar por debajo de los valores esperados para la edad del paciente, esta asociación también establece que las pruebas son confiables en niños a partir de los siete años,¹ criterios que fueron aplicados en el presente estudio.

Asimismo, y previa firma de consentimiento informado, se realizó una entrevista estructurada a las madres para obtener la información sobre factores de riesgo neurobiológicos, sensoriales auditivos y socio-familiares (propuestos y publicados en el *Libro Blanco de la Atención Temprana* de España) antes y durante la gestación y después del nacimiento a lo largo del crecimiento del niño. Los datos fueron confirmados en las hojas de egreso hospitalario y resumen diagnóstico que presentaron las madres, el cual les fue entregado posterior al nacimiento y entrega de sus neonatos.

El análisis se realizó con estadística descriptiva para todas las variables, las asociaciones se analizaron con χ^2 de independencia para las variables categóricas, y para las numéricas, la correlación. La fuerza de asociación se midió utilizando el índice

de kappa de Cohen en las variables categóricas y para las numéricas el coeficiente de correlación r de Pearson. El nivel de significancia fue < 0.05 . El análisis estadístico se realizó con el *software* estadístico SPSS V. 19.

RESULTADOS

El grupo de casos estuvo conformado por 44 niños con TPAC y el de control por 40 niños sin TPAC, sus edades fueron entre siete y 13 años con un promedio para los primeros de 8 ± 1.24 (5.570; 10.430) y para los

segundos de 9 ± 1.74 (5.590; 12.410), en ambos grupos predominó el sexo masculino 30 (68.2%), con una relación 2:1. Ambos grupos se encontraban cursando el nivel primario en escuelas públicas, predominando primero y segundo grado para los casos, y segundo y tercero para los controles. Ambos grupos tuvieron resultados de estudio auditivo periférico normal, coeficiente intelectual > 75 , con dislexia para todos los del grupo de casos y con un perfil de trastorno de procesamiento auditivo predominante de déficit de integración en 25 (56.8%), seguido por déficit de codificación en 13 (29.5%) y mixto en 6 (13.6%).

Tabla 1: Comparación de factores sociofamiliares adversos entre escolares con y sin trastorno del procesamiento auditivo central.

Variable	Casos n (%)	Controles n (%)	p
Edad			
Materna	25.91 \pm 6.15 (13.856; 37.964)	29.18 \pm 7.35 (14.774; 43.586)	0.030*
Paterna	28.89 \pm 8.1 (13.014; 44.766)	31 \pm 8.6 (14.144; 47.856)	0.251
Escolaridad materna			
Primaria	3 (6.8)	1 (2.5)	0.396
Secundaria	13 (29.5)	12 (30.0)	
Bachillerato	16 (36.4)	17 (42.5)	
Licenciatura	6 (13.6)	7 (17.5)	
Postgrado	4 (9.1)	0 (0.0)	
NR	2 (4.5)	3 (7.5)	
Escolaridad paterna			
Primaria	3 (6.8)	1 (2.5)	0.819
Secundaria	8 (18.2)	11 (27.5)	
Bachillerato	14 (31.8)	10 (25.0)	
Licenciatura	5 (11.4)	6 (15.0)	
Postgrado	1 (2.3)	1 (2.5)	
NR	13 (29.5)	11 (27.5)	
Nivel socioeconómico familiar			
1: muy bajo	13 (29.5)	15 (37.5)	0.614
2: bajo	24 (54.5)	17 (42.5)	
3: medio	6 (13.6)	6 (15.0)	
4: alto	1 (2.3)	1 (2.5)	
5: muy alto	0 (0.0)	1 (2.5)	
Embarazo no planeado			
Sí	24 (54.5)	13 (32.5)	0.042*
No	20 (45.5)	27 (67.5)	
Embarazo adolescente			
Sí	8 (18.2)	4 (10.0)	0.285
No	36 (81.8)	36 (90.0)	
Violencia intrafamiliar			
Sí	13 (29.5)	3 (7.5)	0.010*
No	31 (70.5)	37 (92.5)	

NR = No respondió.

* Diferencia significativa con un valor < 0.05 .

Tabla 2: Comparación de factores prenatales maternos adversos entre escolares con y sin trastorno del procesamiento auditivo central.

Factor de riesgo	Casos n (%)	Controles n (%)	p
Toxicomanías			
Sí	5 (11.4)	1 (2.5)	0.115
No	39 (88.6)	39 (100.0)	
Amenaza de aborto			
Sí	16 (36.4)	6 (15.0)	0.026*
No	28 (63.6)	34 (85.0)	
Diabetes gestacional			
Sí	4 (9.1)	1 (2.5)	0.202
No	40 (90.9)	39 (97.5)	
Preeclampsia/eclampsia			
Sí	10 (22.7)	2 (5.0)	0.020*
No	34 (7.3)	38 (95.0)	
Semanas de gestación			
37 a 41	38 (86.4)	37 (92.5)	0.364
Menos de 37	6 (13.6)	3 (7.5)	

* p ≤ 0.05.

Los resultados de los factores sociofamiliares fueron: edad materna entre 15 a 38 años, con un promedio de 25.9 ± 6.15 años (13.856; 37.964) para los casos y para los controles entre 16 a 42 años, con un promedio de 29.18 ± 7.35 años (14.774; 43.586); edad menor de las madres con respecto a los padres; escolaridad predominante a nivel de bachillerato en ambos cónyuges y en ambos grupos. Los factores de nivel socioeconómico bajo, embarazo no planeado, embarazo adolescente y violencia intrafamiliar predominaron en el grupo de casos (Tabla 1).

Se identificaron cinco factores de riesgo prenatales que fueron: antecedente de toxicomanías, amenaza de aborto, diabetes gestacional, preeclampsia/eclampsia y embarazo de menos de 37 semanas de gestación, siendo más frecuentes todos en el grupo de los casos, con una diferencia significativa en la amenaza de aborto y haber sufrido preeclampsia/eclampsia (Tabla 2).

Los resultados en factores adversos perinatales mostraron a la cesárea como vía de nacimiento más frecuente en el grupo de controles en 26 (65%); productos con un peso menor a 2,500 gr al nacer, prematuridad, hiperbilirrubinemia tratada con helioterapia y la entubación endotraqueal, esta última fue más frecuente en el grupo de casos. El ingreso a la UCI y el uso de oxígeno suplementario fue de cinco y seis

casos en cada grupo, respectivamente. La hiperbilirrubinemia presentó diferencia significativa (Tabla 3).

Con respecto a la asociación de factores de riesgo para el TPAC, los sociofamiliares fueron: el embarazo no planeado y la violencia intrafamiliar; de los prenatales: la amenaza de aborto y la eclampsia/preeclampsia; y para los perinatales: la hiperbilirrubinemia (Tabla 4).

La magnitud del efecto o fuerza de asociación fue pequeña para el embarazo no planeado, la amenaza de aborto y la hiperbilirrubinemia; y moderada para la violencia intrafamiliar y la preeclampsia/eclampsia (Tabla 5).

Tabla 3: Comparación de factores perinatales adversos entre escolares con y sin trastorno del procesamiento auditivo central.

Factores adversos	Casos n (%)	Controles n (%)	p
Vía de nacimiento			
Cesárea	25 (56.8)	26 (65.0)	0.294
Vaginal	19 (43.2)	14 (35.0)	
Peso al nacer			
Sin datos	4 (9.1)	3 (7.5)	0.728
Normal: 2,500 gr y más	36 (81.8)	35 (87.5)	
Bajo: menos de 2,500 gr	4 (9.1)	2 (5.0)	
Producto prematuro			
Sí	6 (13.6)	3 (7.5)	0.364
No	38 (86.4)	37 (92.5)	
Ingreso a la UCI			
Sí	5 (11.4)	5 (12.5)	0.872
No	39 (88.6)	35 (87.5)	
Hiperbilirrubinemia			
Sí	14 (31.8)	5 (12.5)	0.035*
No	30 (68.2)	3 (87.5)	
Tratamiento para hiperbilirrubinemia			
Ninguno	30 (68.2)	35 (87.5)	0.119
Helioterapia	10 (22.7)	3 (7.5)	
Fototerapia	3 (6.8)	2 (5.0)	
Exanguinotransfusión	1 (2.3)	0 (0.0)	
Entubación endotraqueal			
Sí	2 (4.5)	0 (0.0)	0.172
No	42 (95.5)	40 (100.0)	
Recibió oxígeno suplementario			
Sí	6 (13.6)	6 (15.0)	0.858
No	38 (86.4)	34 (85.0)	

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos.
* p ≤ 0.05

DISCUSIÓN

Los factores de riesgo pre-, perinatales y sociofamiliares reportados en la literatura han sido identificados en estudios relacionados con la prematuridad, los embarazos adolescentes y aquellas condiciones que afectan el neurodesarrollo infantil.²⁷ Los mencionados con más frecuencia como prenatales se relacionan directamente con las condiciones clínicas y hábitos de la embarazada: su edad, problemas de salud, nutrición, consumo de tabaco, alcohol o drogas, preeclampsia y parto pretérmino;^{17,28} también están involucradas

la baja escolaridad de los padres, violencia familiar,²⁹ pobreza, marginalidad y disfunción familiar;³⁰ en el embarazo adolescente predomina: la eclampsia, prematuridad, bajo peso al nacer y cesáreas por desproporción cefalopélvica.^{31,32}

En relación con el TPAC se han reportado como asociados: la prematuridad, el bajo peso y el consumo de alcohol en el embarazo.³³ En el presente estudio sólo se identificaron seis niños (13.6%) con antecedente de prematuridad en el grupo de casos y tres (7.5%) en los controles, por lo que no hubo diferencias significativas ni asociaciones; sin embargo,

Tabla 4: Factores de riesgo asociados al trastorno del procesamiento auditivo central de acuerdo con los antecedentes sociofamiliares, prenatales y postnatales del grupo de casos estudiados.

Tipo de factor	Factores adversos	Casos n (%)	Controles n (%)	p
Sociofamiliares	Embarazo no planeado			
	Sí	24 (54.5)	13 (32.5)	0.042*
	No	20 (45.5)	27 (67.5)	
	Violencia intrafamiliar			
Sí	13 (29.5)	3 (7.5)	0.010*	
	No	31 (70.5)	37 (92.5)	
Prenatales	Toxicomanías			
	Sí	5 (11.4)	1 (2.5)	0.115
	No	39 (88.6)	40 (100.0)	
	Amenaza de aborto			
	Sí	16 (36.4)	6 (15.0)	0.026*
	No	28 (63.6)	34 (85.0)	
Preeclampsia/eclampsia				
Sí	10 (22.7)	2 (5.0)	0.020*	
No	34 (7.3)	38 (95.0)		
Perineonatales	Hiperbilirrubinemia			
	Sí	14 (31.8)	5 (12.5)	0.035*
	No	30 (68.2)	3 (87.5)	

* $p \leq 0.05$.

Tabla 5: Magnitud del efecto de los factores adversos asociados al trastorno del procesamiento auditivo central.

Tipo de factores	Factores adversos	Con TPCA	Sin TPCA	Odds ratio	IC 95%	Magnitud del efecto
Sociofamiliar	Embarazo no planeado	24 (54.5)	13 (32.5)	2.492	1.025-6.062	Pequeña
	Violencia intrafamiliar	13 (29.5)	3 (7.5)	5.172	1.320-19.812	Moderada
Prenatal	Amenaza de aborto	16 (36.4)	6 (15.0)	3.238	1.118-9.377	Pequeña
	Preeclampsia/eclampsia	10 (22.7)	2 (5.0)	5.588	1.143-27.324	Moderada
Perineonatal	Hiperbilirrubinemia	14 (31.8)	5 (12.5)	3.267	1.054-10.129	Pequeña

TPCA = trastorno del procesamiento auditivo central.

recomendamos ampliar la muestra para revalorarlo, pues este factor está considerado un problema de salud pública debido a que cada año nacen cinco millones de prematuros, las tasas de prevalencia van de 5-18% de los que sobreviven, muchos presentan complicaciones y discapacidad relacionada con aprendizaje, retraso psicomotor y problemas visuales y auditivos.³⁴ Con respecto al consumo de alcohol incluido en el antecedente de toxicomanías, en este estudio no resultó asociado al TPAC debido a que sólo estuvo presente en una participante del grupo control, se recomienda ampliar el tamaño de la muestra para buscar su asociación, ya que existe evidencia de que los niños con este antecedente muestran anomalías en las pruebas de proceso auditivo central.³⁵

La amenaza de aborto y la preeclampsia/eclampsia son factores que se encuentran presentes en los embarazos de riesgo con predominio en el embarazo adolescente;²⁵ en el presente estudio resultaron comparativamente con significancia estadística y asociados al TPAC. No encontramos reportes en la literatura que los mencionen de manera específica, pero se consideran factores de alto riesgo en estas embarazadas. De igual manera, la hiperbilirrubinemia tiene una alta incidencia³⁶ y está referida como causante de discapacidad auditiva periférica, pero no está exenta de estar involucrada también con el TPAC; en el presente estudio se mostró una diferencia significativa y una asociación con este trastorno, así como una fuerza de asociación pequeña.

Por último, el embarazo no planeado y la violencia intrafamiliar entre otros son factores de riesgo sociofamiliares que generalmente no se interrogan, pero que se han identificado en las alteraciones en el neurodesarrollo y la prematuridad; en el presente estudio estos factores presentaron diferencia significativa entre los grupos estudiados y una asociación con el TPAC, la fuerza de asociación fue pequeña para el primero y moderada para el segundo.

La ASHA desde 1996 recomienda que al evaluar a los niños para diagnosticar un TPAC deberá interrogarse sobre sus antecedentes prenatales, familiares, grado de escolaridad y desarrollo psicomotor, social, cultural y lingüístico para lograr una evaluación integral sobre factores de riesgo para problemas de neurodesarrollo; en el presente estudio se incluyeron estas variables, además de una evaluación de la función auditiva periférica y la batería diagnóstica básica para identificar o descartar un trastorno del procesamiento auditivo central.

Limitaciones del estudio: en los últimos meses de registro de participantes la asistencia fue muy irregular debido a la pandemia.

Imprecisiones y sesgos del estudio: en cuanto a la información brindada por parte de las madres debe considerarse el sesgo de memoria, pues han transcurrido entre siete y 13 años del nacimiento de sus hijos y pudieron olvidar algunos datos o no precisarlos. El tamaño de la muestra es pequeño y algunos factores de riesgo ya publicados no pudieron asociarse al trastorno estudiado.

CONCLUSIONES

Aun cuando la prematuridad, el bajo peso del recién nacido, el consumo de alcohol durante el embarazo y la hiperbilirrubinemia en el neonato ya presentan evidencia publicada de estar asociados al TPAC, los factores de riesgo medidos en el presente estudio nos permiten visualizar que hay otras condiciones adversas en el entorno del periodo pre- y perinatal del niño, así como en el entorno sociofamiliar igualmente asociadas, estos factores deberán tomarse en cuenta como antecedente en escolares con manifestaciones clínicas compatibles con este trastorno, ya que en la actualidad no se interrogan.

Referencias

1. Working Group on Auditory Processing Disorders. (Central) Auditory Processing Disorders. American Speech-Language-Hearing Association. Available in: <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>
2. Schow RL, Chermak G. Implications from factor analysis for central auditory processing disorders. *Am J Audiol.* 1999; 8: 137-142. Available in: [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(1999\)012](https://doi.org/10.1044/1059-0889(1999)012)
3. DeBonis DA, Moncrieff D. Auditory processing disorders: an update for speech-language pathologists. *Am J Speech Lang Pathol.* 2008; 17: 4-18. doi: 10.1044/1058-0360(2008/002).
4. Musiek FE, Gollegly KM, Lamb LE, Lamb P. Selected issues in screening for central auditory processing dysfunction. *Semin Hear.* 1990; 11: 372-384.
5. Zenker Castro F, Barajas del Prat JJ. Central auditory function. *Auditio.* 2021; 2 (2): 31-34. Available in: <https://doi.org/10.51445/sja.auditio.vol2.2003.0025>
6. Bellis TJ, Ferre JM. Multidimensional approach to the differential diagnosis of central auditory processing disorders in children. *J Am Acad Audiol.* 1999; 10: 319-328.
7. Bellis TJ, Bellis JD. Central auditory processing disorders in children and adults. *Handb Clin Neurol.* 2015; 129: 537-556. doi: 10.1016/B978-0-444-62630-1.00030-5.

8. Bartlett K, Kelley E, Purdy J, Stein MT. Auditory processing disorder: what does it mean and what can be done? *J Dev Behav Pediatr.* 2017; 38 (5): 349-351. doi: 10.1097/DBP.0000000000000450.
9. Micallé LA. Auditory processing disorder (APD): progress in diagnostics so far. A mini-review on imaging techniques. *J Int Adv Otol.* 2015; 11 (3): 257-2561. doi: 10.5152/iao.2015.1009.
10. McCormick R, Atcherson SR, Findlen UM, Wakefield S, Benafiel NJ. (Central) auditory processing disorder grand rounds: multiple cases, multiple causes, multiple outcomes. *Am J Audiol.* 2017; 26 (3): 202-225. Available in: https://doi.org/10.1044/2017_AJA-16-0074
11. Mehta Z, Arizona M. The clinical challenge of diagnosing and managing (central) auditory processing disorders. 2017. [Recuperado en noviembre de 2020] Available in: https://www.asha.org/documents/2017_con/Handouts/S##_Mehta_Handout.pdf
12. Bellis TJ. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting from science to practice. Canada: Publisher Delmar Learning; 20011.
13. Witton C. Childhood auditory processing disorder as a developmental disorder: the case for a multi-professional approach to diagnosis and management. *Int J Audiol.* 2010; 49 (2): 83-87.
14. Chermak GD. Deciphering auditory processing disorders in children. *Otolaryngol Clin North Am.* 2002; 35 (4): 733-749. doi: 10.1016/s0030-6665(02)00056-7.
15. Musiek FE, Jane AB. The auditory system: Anatomy, physiology, and clinical correlates. Plural Publishing, 2018
16. Ferriero D. Neonatal brain injury. *N Engl J Med.* 2005; 351 (19): 1985-1995.
17. Alarcón Prieto MF, Gallo García DF, Rincón Lozada CF. Prenatal, perinatal and neonatal risks associated with soft neurological signs. *Rev Cubana Pediatr [Internet].* 2020; 92 (1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312020000100003&lng=es
18. Zamarrigo J, Arizcun J. Introducción al Simposium Internacional sobre experiencias y resultados en Programas de Prevención de la Subnormalidad. Madrid: Libro de Actas; 1981. pp. 20-41.
19. Sección de Perinatología de la Asociación Española de Pediatría. Atención neonatal. Recomendaciones y bases para una adecuada asistencia. *An Esp Pediatr.* 1988; 28: 335-344.
20. Grupo de Atención Temprana. Libro Blanco de la Atención Temprana. Madrid: Ed. Real Patronato de Prevención y Atención a Personas con Minusvalía. Documentos 55/2000; 2000.
21. Bauer CR. Nuevas perspectivas en la evolución de los recién nacidos de muy bajo peso. En: IV Curso Internacional de Medicina Perinatal. Pamplona; 1987. pp. 117-126.
22. Poo P, Campistol J, Iriondo M. Recién nacido de riesgo neurológico en el año 2000. Recomendaciones para el seguimiento, incorporación de nuevos instrumentos. *Rev Neurol.* 2000; 31: 645-652.
23. American Academy of Pediatrics, Joint Committee on Infant Hearing. Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics.* 2007; 120 (4): 898-921. doi: 10.1542/peds.2007-2333.
24. Joint Committee on Infant Hearing Year 2019 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *J Early Hear Detect Interv.* 2019; 4 (2): 1-44. Available in: <https://doi.org/10.15142/fptk-b748>
25. Connolly JL, Carron JD, Roark SD. Universal newborn hearing screening: are we achieving the Joint Committee on Infant Hearing (JCIH) objectives? *Laryngoscope.* 2005; 115 (2): 232-236.
26. Hartley DE, Hill PR, Moore DR. The auditory basis of language impairments: temporal processing versus processing efficiency hypotheses. *International Congress Series.* 2003; 1254: 215-223. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0531-5131\(03\)01057-4](https://doi.org/10.1016/S0531-5131(03)01057-4)
27. Ramos Sánchez I. Detección y diagnóstico precoz de los trastornos del desarrollo psicomotor. *Vox Pediatr.* 2007; 15 (1): 36-43.
28. Abou Zahr C, Wardlaw TM, Choi Y. Maternal mortality in 2000: estimates developed by WHO, UNICEF and UNFPA. Geneva: WHO; 2004.
29. Roméu BS, Saéz Z, Roméu EM. Factores de riesgo asociados a trastornos en el aprendizaje escolar: un problema sociomédico. *MediSur.* 2010; 8 (4): 30-39 Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2010000400006&lng=es.
30. Roksa J, Kinsley P. The role of family support in facilitating academic success of low-income students. *Res High Educ.* 2019; 60 (4): 415-436. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11162-018-9517-z>
31. Bojanini JF, Gómez JG. Resultados obstétricos y perinatales en adolescentes. *Rev Colomb Obstet Ginecol.* 2004; 55 (2): 114-121. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74342004000200003&lng=en
32. Torres I, Aguilar CE, Flores EJ et al. Embarazo en adolescentes, riesgos obstétricos durante el parto y puerperio inmediato, en el Hospital Leonardo Martínez Valenzuela. *Rev Esp Cienc Salud.* 2015; 18 (2): 29-34.
33. Ruiz Restrepo IJ, Castro Medina JR. Desórdenes del procesamiento auditivo. *Iatreia.* 2006; 19 (4): 369-376.
34. Liu L, Oza S, Hogan D, Chu Y, Perin J, Zhu J et al. Global, regional, and national causes of under-5 mortality in 2000–15: an updated systematic analysis with implications for the Sustainable

Development Goals. Lancet. 2016; 388 (10063): 3027-3035. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61698-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61698-6)

35. Church MW, Kaltenbach JA. Hearing, speech, language, and vestibular disorders in the fetal alcohol syndrome: a literature review. Alcohol Clin Exp Res. 1997; 21 (3): 495-512. Available in: <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.1997.tb03796.x>
36. Núñez-Batalla F, Carro-Fernández P, Antuña-León ME, González-Trelles T. Incidencia de hipoacusia secundaria a hiperbilirrubinemia en un programa de cribado auditivo neonatal universal basado en otoemisiones acústicas y potenciales evocados

auditivos. Acta Otorrinolaringol Esp. 2008; 59 (3): 108-113. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0001-6519\(08\)73276-X](https://doi.org/10.1016/S0001-6519(08)73276-X)

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen intereses económicos en competencia o relaciones personales conocidas que puedan haber influido en el trabajo informado en este documento.

Financiamiento: La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

www.medigraphic.org.mx

Methodology for obtaining kayak technique using a motion analysis system

Metodología para obtener la técnica de kayak utilizando un sistema de análisis de movimiento

Virginia Bueyes-Roiz,* Ivett Quiñones-Urióstegui*

Keywords:

Biomechanics, kinematics, sEMG, sports analysis, technique analysis.

Palabras clave:

Biomecánica, cinemática, sEMG, análisis deportivo, análisis de la técnica.

Abstract

Movement analysis is known as the qualitative assessment of the musculoskeletal system during the execution of a motor task. This kind of analysis allows to define the technique of sports motor tasks. In this study we used a stereophotogrammetry camera system and surface electromyography on a healthy novice subject to describe her kayak paddling technique. We placed 14 mm reflective markers, and sEMG on six muscles of the upper body, and performed a manual muscle testing for each muscle before the trial. The subject performed the kayak paddle technique on a kayak ergometer, we recorded 45 seconds in the middle of a 10-minute dynamic trial. The data processing for the kinematic data consisted in: reconstructing the biomechanical model; filling the gaps of the trajectory; defining events of the motor task; calculating the range of motion of the joints. While the processing of the sEMG data consisted of obtaining the envelope and the definition of «on» and «off» of each muscle. The results show the paddle trajectory, the definition of muscle activation based on the on/off, the percentage of muscle activation, the range of motion for the joints. As the results show we were able to determine the kayak paddling technique and compare it to what has been previously published, i.e., the subject measured showed a shoulder rotation that is different to what has previously been reported in novice subjects, on the other hand the muscle activation of the dorsal and upper trapezius is similar to what has previously been reported.

Resumen

El análisis de movimiento es un método cuantitativo que evalúa el sistema musculoesquelético mientras realiza una actividad motora. Este tipo de análisis permite definir técnicas deportivas. Dentro de este estudio se utilizó un sistema de cámaras de estereofotogrametría y electromiografía de superficie en un sujeto sano para describir la técnica de paleo mientras realiza kayak. Al sujeto se le colocaron marcadores reflectivos de 14 mm, y electromiografía de superficie en seis músculos del miembro superior, previo a comenzar la prueba se realizó un manual muscular para obtener la fuerza isométrica máxima voluntaria de los músculos de interés. El sujeto realizó la técnica de kayak estando sobre un ergómetro durante 10 minutos, a la mitad de la prueba se grabaron 45 segundos. El procesamiento para los datos cinemáticos consistió en: reconstrucción del modelo biomecánico, rellenar los espacios e interpolar las trayectorias, definir los eventos dentro del gesto motor, calcular el rango articular. Por otro lado, el procesamiento de la señal de electromiografía consistió en obtener la envolvente y definir los momentos de «prendido» y «apagado» de los músculos. Los resultados muestran la trayectoria de los músculos, el porcentaje de activación de los músculos y el rango articular, los cuales se pudieron comparar con resultados previamente publicados, por ejemplo, nuestros resultados muestran una rotación en el hombro al momento de realizar el gesto motor, la cual no se encuentra en estudios previos, mientras que para la activación muscular el patrón para el dorsal y trapecio superior es similar.

* Motion Analysis Laboratory, National Institute of Rehabilitation «Luis Guillermo Ibarra Ibarra». Mexico.

Correspondence:

Virginia Bueyes-Roiz

E-mail: vbueyes@hotmail.com

Received: February 9, 2022

Accepted: April 26, 2022



How to cite: Bueyes-Roiz V, Quiñones-Urióstegui I. Methodology for obtaining kayak technique using a motion analysis system. Invest Discapacidad. 2022; 8 (2): 62-66. <https://dx.doi.org/10.35366/105479>



INTRODUCTION

Movement analysis is the assessment of an individual motion, whose objective is to gather quantitative information about the mechanics of the musculoskeletal system during the execution of a motor task; to fulfill this, it combines biomechanics principles, evaluation of kinematics and kinetics, and also it could use physiological variables such as surface electromyography (sEMG), electrocardiogram (EGC), VO₂ exchange, and calorimetry among others. Kinematics is defined as the analysis of movement which involves measures of position, velocity, acceleration, and range of motion (RoM), the equipment use to perform this kind of analysis usually involves stereophotogrammetry cameras or Inertial Measurement Units (IMU's).^{1,2}

The results obtained in a human motion analysis study helps to plan or assess the efficacy of a treatment in different types of patients such as cerebral palsy; spinal cord injury; stroke; knee osteoarthritis; among others. Specifically, in sports medicine, it can help in performance enhancement; injury prevention; and the definition or study of techniques.^{1,3}

Technique definition for subjects without any experience in specific sports can be useful to determine the key differences between professionals and amateurs or novice players; also based on the technique of the subjects recommend specific exercises to help the subjects fulfill their capabilities i.e., kayak for postural control.

To analyze any technique, the first step is to define key events that would differentiate between phases, i.e., heel strike, foot off, kick, water-in, contact, etc. each phase will have a purpose according to the overall objective.

The aim of this paper is to apply a movement analysis methodology that will help determine the kayak technique in healthy novice subjects, this with the objective of using this methodology in subjects with spinal cord injury, since there has been done research in which subject's trunk control are trained using a kayak ergometer,⁴ in the future the methodology created on this paper, will help to determine the technique, assess the subject abilities and help measure the differences that exist before and after therapy.

MATERIAL AND METHODS

Measurements were taken at the Movement Analysis Laboratory in the *Instituto Nacional de Rehabilitación*

«Luis Guillermo Ibarra Ibarra». The subject gave her written informed consent.

We recruited a healthy 30-year-old woman, with a height of 1.62 m and a weight of 57.6 kg. First, we placed on the subject sEMG sensors (Delsys IM, Massachusetts, USA) in shoulder and trunk muscles, for this study the evaluated muscles were: upper, middle, and lower trapezius; medium deltoid; erector spinae; mayor pectoralis; and external obliques. All muscles were placed bilaterally, for the trapezius and middle deltoid muscles we follow the guidelines provided by the Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment Muscles (SENIAM),⁵ for the erector spinae and external obliques muscles we followed the methodology from Southwell et al.,⁶ finally, for the major pectoralis muscle we followed the methodology from Creveaux et al.⁷ Once the sEMG was placed a manual muscle test for each instrumented muscle was performed to obtain the maximum voluntary contraction (MVC) and be able to normalize the sEMG. To obtain kinematic information we placed on the subject 14 mm reflective markers following the guidelines and recommendations of the Plug-in Gait Full Body biomechanical model,⁸ also we placed markers on each end of the paddle and middle to follow its trajectory.

Once the subject had the markers and sEMG placed, she was put on a kayak ergometer (SpeedStroke, KayakPro, Florida, USA), we place the paddle on the subject with 90° shoulder abduction and 90° elbow flexion, next the ideal movement and range of motion was explained, the subject had time to practice and in case there was a visible error in the movement it was corrected, once the subject felt comfortable with it, we recorded 45 seconds at the 5-minute mark of the movement in a 10-minute trial. All data was recorded using Nexus 12.2 (Vicon, Oxford, UK), for the kinematic data we used 6 Vantage and 8 Vero cameras connected to the system, the sEMG was synchronized using a LockLab from Vicon. The recording rate was set to 150 Hz, while the sEMG data was recorded at 2,000 Hz, Vicon does the synchronizing and signals interpolation and decimation.

After the trial ended the data post processing started in Nexus which consisted of labeling each marker placed on the subject, filling gaps with the different options provided by the software such as: spline filling, linear filling, cyclic filling, and pattern filling. A Woltring filter⁹ was used to smooth the signal noise created by the markers, after that, PiG Dynamic pipeline was run to obtain each joint angle through the trial, after this, the data was exported to Visual3D (C-Motion, Maryland, USA).

In Visual3D the events for «water-in» and «water-out» were defined for each side based on the position of the markers placed on each end of the paddle. Once the events were defined, we calculated each joint range of motion and the cycle time. For all the files with sEMG (dynamic trial and each muscle MVC) we calculated for each channel the average and subtracted it from the original signal to remove any offset, after a high pass filter with cutoff frequency of 50 Hz, a Butterworth low-pass cutoff frequency of 500 Hz was removed, finally a moving RMS filter of 201 Window was performed.

Next for each MVC file (one per muscle) we obtained the maximum value; this value was used to normalize all sEMG data on the dynamic trial. After this, the methodology from De Luca¹⁰ was followed, once the RMS was obtained the average was calculated to obtain the rest value (muscle-off), when the signal went above 15% the average value, we determined that the muscle went on, and when it went down that value the muscle went off.

RESULTS

The RoM calculated for each joint is shown in *Table 1*. With the defined events, we were able to obtain the cycle time (measure from «water-in» to «water-in» events) for the left side was 1.71 s, while for the right side was 1.70 s, also we could determine that the push phase (measured from «water-in» to «water-out»

events) for the left side was of 0.86 s (50.30% of the cycle) and for the right side it was of 0.86 s (50.59% of the cycle).

In *Figure 1* we can see the trajectory of the end of the paddle on both sides made through the whole dynamic trial, and how the upper body and trunk move to create that trajectory, showing the joints and planes with more RoM, as we can see the trajectory followed by both sides tends to be oval for the left side and more circular to the right side, even there exists difference in trajectories, the only notable difference in the goniometry is found on the external-internal rotation of the shoulder, as it can be seen in *Figure 1F*.

For the muscle activation with the method used, we could determine the on-off of each muscle measured during the dynamic trial, this could be seen in *Figure 2*, in which we can see that the upper trapezius stays active the whole trial, the lower trapezius is active at 10% of the push phase through the half of the recovery phase, something similar happens to the trunk erectors, while the dorsal is only active in the push phase, the pectoral goes off only at the end of the push phase, and the external oblique is only active on the recovery phase. Finally, in *Table 2* we show the mean values of the muscles when they are in the “on phase” and the maximum value on this phase.

DISCUSSION

With the quantitative information obtained from the human movement analysis equipment, we can describe the technique of a novice subject on a kayak ergometer.

The paddle trajectory that the subject had on the trial was an oval and circular form, with some rotation to the right, compared to the results presented by novice subjects in the work of Limonta et al.¹¹ and Fleming et al.,¹² we can see that there is indeed a difference, the results they showed had an oval form without the rotation that our subject presented. With this in mind, the trajectory on the left side for our subject was closer to the novice subjects that presented Limonta and Fleming, even though the subject is placed on a kayak ergometer with the paddle fixed to a pulley system the trajectories were not similar for both sides, and explain the differences in RoM internal-external rotation of the shoulder, shoulder rotation allows the paddle to go farther and create a more oval trajectory, which was the case for the left side (*Figure 1*). For the RoM the average elbow flexion/extension is of $97.97^\circ \pm 1.72$, which is similar to the intermediate subjects of

Table 1: Body range of motion when performing kayak on an ergometer.

	Bilateral parameters (°)	
	Left	Right
Shoulder Flex-Ext	69.51	75.03
Shoulder Abd-Add	86.68	83.95
Elbow Flex-Ext	96.25	99.69
Wrist Flex-Ext	51.52	59.50
Hip Flex-Ext	2.08	4.35
Knee Flex-Ext	1.75	3.87
Ankle Flex-Ext	1.31	2.11
Axial parameters (°)		
Head rotation	11.88	
Spine Flex-Ext	6.12	
Spine rotation	33.07	

Flex-Ext = flexion-extension; Abd-Add = abduction-adduction.

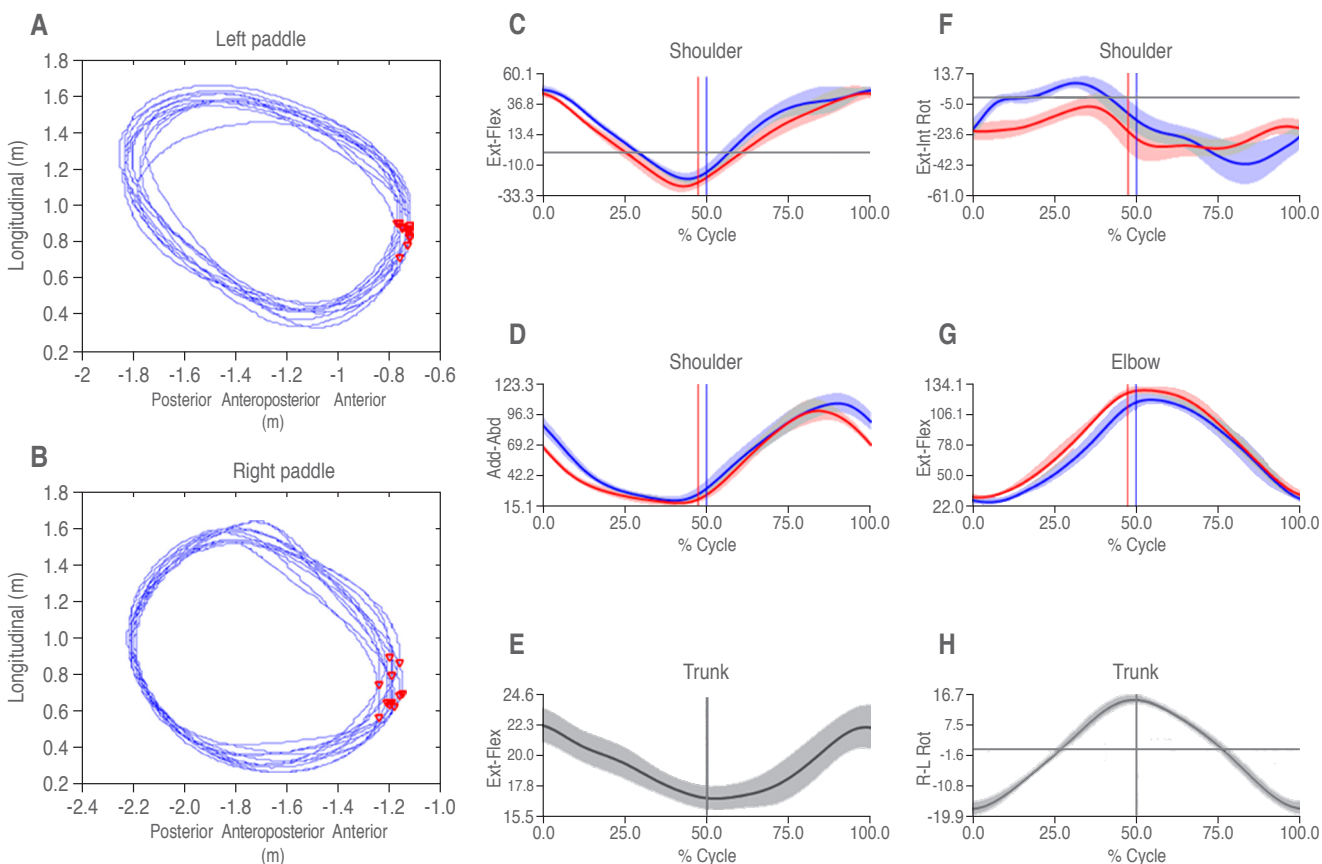


Figure 1: Upper body joint angles and paddle trajectory when performing kayak. Joint angle trajectories are shown in mean and standard deviation through a cycle from water-in to water-in events. For images **A** and **B**) is the sagittal plane for each side of the paddle, the red arrows show each «water-in» event in the dynamic trial; for images **C** through **H**) the vertical line indicates the «water-out» event, color blue is left, color red is right, black is appendicular body. Abbreviations: Ext-Flex = extension-flexion; Ext-Int Rot = external-internal rotation; Add-Abd = adduction-abduction; R-L Rot = right-left rotation. **A)** Left end of the paddle; **B)** right end of the paddle; **C)** shoulder extension-flexion; **D)** shoulder adduction-abduction; **E)** trunk extension-flexion; **F)** shoulder external rotation-internal rotation; **G)** elbow extension-flexion; **H)** trunk right-left rotation.

Figure 2:

Average muscle activation through the dynamic trial, bars in white show muscle off while bars in blue indicate muscle on, the vertical line at 50.86% of the cycle show the change from push phase (water-in to water-out events) to recovery phase (water-out to water-in events). Abbreviations: T = trapezius.

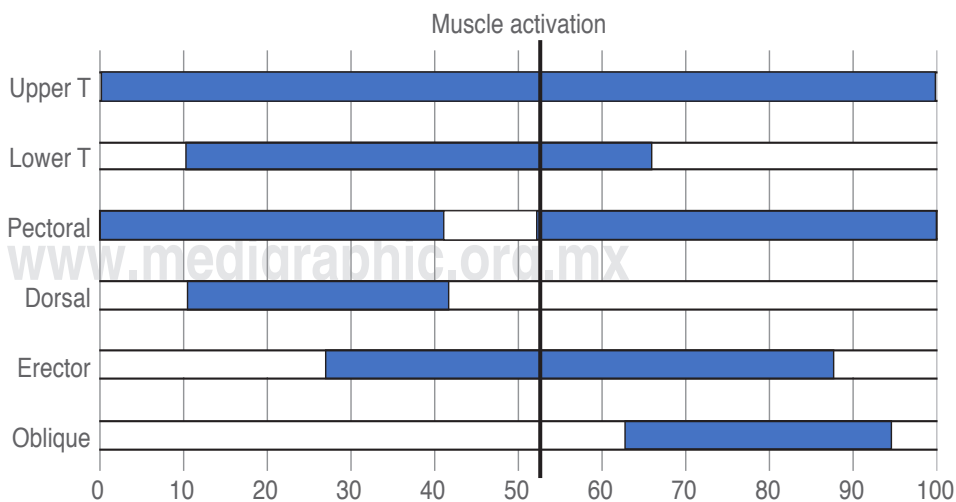


Table 2: Muscle values normalized to MVC.

	Muscle activation (%)	
	Mean	Max
Dorsal	16.08 ± 1.85	24.82 ± 5.00
Erector	16.25 ± 6.69	30.35 ± 7.31
External oblique	9.34 ± 2.87	62.47 ± 13.77
Pectoral	71.5 ± 20.61	105.24 ± 15.14
Upper trapezius	123.61 ± 10.66	200.41 ± 0.00
Lower trapezius	27.33 ± 4.15	46.68 ± 10.34

MVC = maximum voluntary contraction.

Limonta, overall the RoM showed on the whole cycle is similar to the novice subjects on the same study, which is expected since our subject learned that day the proper technique, in this study the knee RoM is also reported which for the novice subjects was of $24^\circ \pm 6$, a value that is far from the one we obtained of $2.81^\circ \pm 1.06$, it may seem that kayak is a gesture that uses only the upper body, but as it is reported by Limonta there exist movement at the knee which based on the subject position helps to move the pelvis which results in more upper body rotation. These results show that our subject is between a novice and intermediate kayak athlete, only taking into consideration the information provided by the kinematic equipment. With this information we could also obtain the asymmetry between sides, which could be useful for treatment or rehabilitation follow-up.

For the sEMG with the methodology used we were able to determine the moments the muscle goes from «off» to «on» and vice versa, and also what is the % of the MVC. Compared to the results presented by Brown et al,¹³ we can see that our subject had a lower muscle activation based on the %MVC, the muscles that are presented in both works are dorsal and external oblique. Based on the graphs presented by Trevithick et al.,¹⁴ we could see that the pattern activation for the dorsal and upper trapezius is the same as the one that we are reporting, this means that the muscles are being activated accordingly to perform the movement, which is why the trajectories and RoM are similar to what has been previously been reported.

CONCLUSION

With this work, we could demonstrate that with the proper kinematic movement analysis equipment, and

the correct biomechanical models, muscle selection, and procedures we were able to describe the kayak technique of a healthy novice without training and compare it to the technique previously reported in the scientific literature.

References

1. Lu TW, Chang CF. Biomechanics of human movement and its clinical applications. *Kaohsiung J Med Sci.* 2012; 28 (2 Suppl): S13-S25.
2. Barris S, Button C. A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Med.* 2008; 38 (12): 1025-1043.
3. Preatoni E, Hamill J, Harrison AJ, Hayes K, Van Emmerik RE, Wilson C et al. Movement variability and skills monitoring in sports. *Sports Biomech.* 2013; 12 (2): 69-92.
4. Grigorenko A, Bjerkefors A, Rosdahl H, Hultling C, Alm M, Thorstensson A. Sitting balance and effects of kayak training in paraplegics. *J Rehabil Med.* 2004; 36 (3): 110-116.
5. Hermens HJ, Freriks B. The SENIAM Project. [Accessed: 11th August 2020] Available in: <http://seniam.org/>
6. Southwell DJ, Hills NF, McLean L, Graham RB. The acute effects of targeted abdominal muscle activation training on spine stability and neuromuscular control. *J Neuroeng Rehabil.* 2016; 13: 19.
7. Creveaux T, Dumas R, Hautier C, Macé P, Chèze L, Rogowski I. Joint Kinetics to assess the influence of the racket on a tennis player's shoulder. *J Sports Sci Med.* 2013; 12 (2): 259-266.
8. Vicon. Plug-in gait reference guide. 2021. Available in: <https://docs.vicon.com/display/Nexus212/Plug-in+Gait+Reference+Guide>
9. Woltring HJ. A Fortran package for generalized, cross-validatory spline smoothing and differentiation. *Adv Eng Software.* 1986; 8: 104-113.
10. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997; 13: 135-163.
11. Limonta E, Squadrone R, Rodano R, Marzegan A, Veicsteinas A, Merati G et al. Tridimensional kinematic analysis on a kayaking simulator: key factors to successful performance. *Sport Sci Health.* 2010; 6: 27-34.
12. Fleming N, Donne B, Fletcher D. Effect of kayak ergometer elastic tension on upper limb EMG activity and 3D kinematics. *J Sports Sci Med.* 2012; 11 (3): 430-437.
13. Brown MB, Lauder M, Dyson R. Activation and contribution of trunk and leg musculature to force production during on-water sprint kayak performance. In: *Proceedings of the 28th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports.* Marquette, MI, USA: 2010.
14. Trevithick BA, Ginn KA, Halaki M, Balnave R. Shoulder muscle recruitment patterns during a kayak stroke performed on a paddling ergometer. *J Electromyogr Kinesiol.* 2007; 17 (1): 74-79.

Tissue engineering in bone regeneration

La ingeniería de tejidos en la regeneración ósea

Erika Karina Ruvalcaba-Paredes,* Ana Brena-Molina,*
 Lenin Tamay de Dios,* Maykel González-Torres*

Keywords:

Bone regeneration, bone tissue engineering, bone.

Palabras clave:

Regeneración ósea, ingeniería de tejidos ósea, hueso.

Abstract

The objective of regenerative medicine is to repair and replace damaged tissues or lost, initiating the process of natural regeneration, and using technologies such as tissue engineering. Bone tissue engineering requires a scaffold, a source of cells and growth factors, alone or in combination, to initiate the process of tissue regeneration. Several studies have developed safe and effective scaffolds for clinical use; some biomaterials used for bone reconstruction include ceramics, demineralized bone matrix, metals, and natural or synthetic biopolymers. The cells are an integral part of the strategy of Tissue Engineering, isolation, expansion efficiency, stability of the osteoblast phenotype, the ability of bone formation in vivo, as well as long-term security are essential requirements that must be met by any osteogenic cell type for successful clinical application in tissue engineering concepts. Growth factors are essential in tissue engineering because they function as signaling molecules that promote or prevent cell adhesion, proliferation, migration, and differentiation. This draft will mention each compound using tissue engineering strategy to repair and regenerate bone lesions and their clinical applications.

Resumen

El principal objetivo de la medicina regenerativa es reparar y reemplazar los tejidos dañados o perdidos, iniciando el proceso de regeneración natural y usando tecnologías como la ingeniería de tejidos, la cual requiere de un andamio, una fuente de células y factores de crecimiento, solos o combinados, para iniciar el proceso de regeneración de tejidos. Se han realizado diversas investigaciones para desarrollar andamios seguros y eficaces para el uso clínico, algunos de los biomateriales utilizados para la reconstrucción ósea son cerámicas, matriz ósea desmineralizada, metales y biopolímeros naturales o sintéticos. Las células son una parte integral en la estrategia de la ingeniería de tejidos, el aislamiento, la eficiencia de expansión, la estabilidad del fenotipo osteoblástico, la capacidad de formación ósea in vivo, así como la seguridad a largo plazo, son requisitos esenciales que deben ser cumplidos por cualquier tipo celular osteogénico, para el éxito de la aplicación clínica en los conceptos de ingeniería de tejidos. Los factores de crecimiento juegan un papel importante en la ingeniería de tejidos debido a que funcionan como moléculas de señalización. Ellos promueven o previenen la adhesión celular, proliferación, migración y diferenciación. En este artículo se mencionarán los elementos que utiliza la estrategia de ingeniería de tejidos para reparar y regenerar las lesiones óseas, así como sus aplicaciones en la clínica.

* Biotechnology Unit, National Center for Research and Burn Care (CENIAQ), National Rehabilitation Institute. Ministry of Health. Mexico City, Mexico.

Correspondence:

Erika Karina Ruvalcaba-Paredes

E-mail: eruvalcaba@inr.gob.mx

Received: February 15, 2022

Accepted: March 28, 2022



www.medigraphic.org.mx

How to cite: Ruvalcaba-Paredes EK, Brena-Molina A, Tamay de Dios L, González-Torres M. Tissue engineering in bone regeneration. Invest Discapacidad. 2022; 8 (2): 67-74. <https://dx.doi.org/10.35366/105480>



INTRODUCTION

Bone is a dynamic, vascularized, hard tissue with many vital functions in vertebrates. As the main component of the skeletal system, bone supports the body's weight, enables locomotion, and protects vital organs. Bone can heal naturally in response to injury; however, there are occasions when healing must be augmented, such as spinal fusion, to treat fractures or skeletal deformities caused by infection, trauma, or tumor resection. Especially if the bone lesions are of a critical size because they prevent the bone from repairing itself.^{1,2}

Various methods can restore bone deficiency, including allografts, xenografts, and autografts. Although autologous bone is considered the gold standard for reconstruction of bone defects, its application is limited, as the process of obtaining autologous bone is associated with insufficient supplies, surgical morbidity, donor site pain, the possibility of infection, and the inability to react to physiologic conditions. In addition, other bone substitutes cannot promote bone formation satisfactorily because of the lack of osteoinductivity. It persists even though these biomaterials' biocompatibility and osteoconductive effect are proven. Therefore, we need bone regeneration methods to overcome these limitations and search for alternative solutions. One of these alternatives is regenerative medicine, which aims to repair and replace damaged or lost tissues, initiating the process of natural regeneration, combining several technologies, including molecular and cell biology, gene therapy, materials science, stem cell transplantation, tissue engineering, among others.²⁻⁸

Tissue engineering has been defined as the application of scientific principles to the design, construction, modification, and growth of living tissues using cells, inductive factors, and the synthesis of new biomaterials adapting structural, physical, and chemical properties to simulate natural physiological aspects, these compounds can be used in combination or alone (Figure 1). While bone tissue engineering requires a scaffold conducive to cell adhesion and maintenance of cellular functions, together with osteoprogenitor cells in combination with osteoinductive growth factors, thus forming osteogenic constructs, it also requires a rich source of osteoprogenitor cells in combination with osteoinductive growth factors.^{3,9,10} In this draft, mention will be made of each compound used by tissue engineering for bone regeneration and repair strategies.

BIOMATERIALS USED IN BONE TISSUE ENGINEERING

Ideally, the designed scaffold is directed to reproduce all macro, micro, and nanoscale signals corresponding to the tissue, cell, and molecular scales in a specific tissue to promote cell adhesion, proliferation, and desired differentiation towards specific cell phenotypes. It must also be easy to handle, biocompatible, osteoinductive (material capable of inducing the transformation of undifferentiated cells into osteoblasts or chondroblasts), and osteoconductive (bone growth from and on the existing bone). In this context, several factors must be considered, such as the chemical nature of the scaffold material, the physical structures at various size scales, and the fabrication method.^{7,11,12}

Several kinds of research have been carried out to develop safe and effective scaffolds for clinical use. Some biomaterials used for bone reconstruction are ceramics, demineralized bone matrix, metals, and natural or synthetic biopolymers.¹³ Some of them will be briefly described below.

Calcium phosphate ceramics. The most used calcium phosphate (CaP) ceramics are hydroxyapatite (HA), tricalcium phosphate (TCP), and biphasic calcium phosphate (BCP), often combined with biodegradable polymers to produce better structures, that exhibits chemical and mineralogical similarity to the inorganic component of bones. It is recognized as the better implantable materials in bone surgery due to its biocompatible, osteoinductive, non-inflammatory and bioresorbable nature. Calcium phosphates have excellent tissue compatibility and are osteoactive, radiolucent, and readily available.¹⁴ These biomaterials

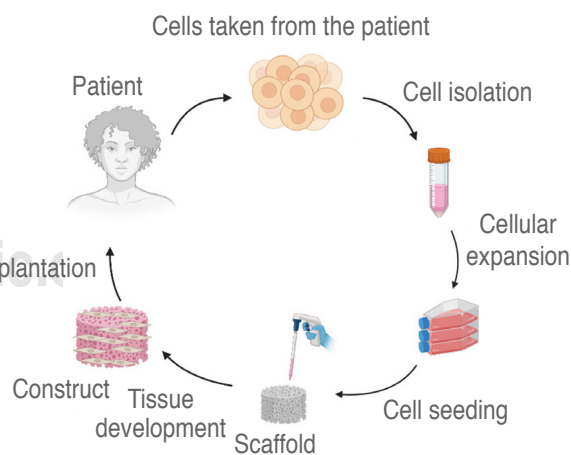


Figure 1: Fundamental principle of tissue engineering.

have excellent properties, as they support adhesion osteoblast proliferation and bind strongly to tissue, thus improving the fixation of implants.¹⁵

As a significant component of bone, HA [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] is one of the most common forms of calcium phosphate in clinical use.^{1,14} It is widely used for bone repair applications because of its similarity to the mineral phase of the original tissue. We can find it in powder form, which has been used as a filling material to complement the injured part of the bones.¹⁶

HA derivatives have been used in the ceramic form to repair craniofacial bone defects since the 1970s. Friedman *et al.* have also reviewed several clinical applications in which they report excellent results using HA cement paste for craniofacial reconstruction. In 1994 HA was approved by the US FDA (Food and Drug Administration) for clinical use. In addition, it has been successfully used to repair cerebral spinal fluid leaks and has recently been used in otologic surgery in the form of a hybrid implant (HA-titanium).^{14,17,18}

Although various calcium phosphate ceramic materials have been used clinically for more than two decades, these biomaterials are limited due to their insufficient mechanical properties. Therefore, calcium phosphate ceramics are mainly used in non-load bearing applications (e.g., middle ear implants) and bone filler material.¹

Demineralized bone matrix. Demineralized bone matrix (DBM) is the approved medical device used in bone defects. Commercially available as injectable gels, putty, paste, sheets, and flexible strips, all of which lack structural strength but possess osteoconductive and osteoconductive agents.^{1,7} DBM is an acid-extracted organic matrix, allowing the organic and protein components originating from bone to be retained, with small amounts of calcium-based solids, inorganic phosphates, and some cellular detritus. Many of the protein components of DBM are known to be potent osteogenic agents, such as bone morphogenetic proteins (BMP-2, BMP-4, BMP-7), the residual type I collagen in DBM contributes to the essential physical and biological properties of the matrix.^{19,20}

Urist demonstrated cartilage and heterotopic bone formation after allogeneic DBM implantation in intramuscular sites in rodents.²¹ While, Borrelli *et al.* evaluated the efficacy of DBM in the reconstruction of cranial defects in the patients, they found it to be a biocompatible biomaterial with significant osteoinductive potential. They also observed multiple

areas of bone neoformation and complete filling of the cranial defect two years after DBM implantation in the lesion.⁴

DBM provides a non-immunogenic matrix and is gradually degradable, facilitating the endogenous release of these compounds to the wound sites of the bone in which it is surgically placed to fill bone defects, inducing the formation of new bone and accelerating healing.^{19,20}

The various commercially available formulations of DBM exhibit a wide range of biological functionality due to variations in the BMP content associated with each preparation.^{21,22}

Materials metal-based. Porous metal scaffolds have been investigated for bone-related applications due to their excellent physical properties and their ability to promote tissue ingrowth. The most used materials in this category are titanium (Ti) and tantalum (Ta). The Ti exhibits biocompatibility along with mechanical and corrosion resistance. Xue *et al.* generated Ti scaffolds ranging from 17 a 58% de porosity, with a pore size of 800 μm . These structures exhibit mechanical properties more similar in consistency to bone and enhanced osteoblast adhesion, proliferation, and differentiation. In addition, Ti has frequently been incorporated into alloys. Structural modification of Ti surfaces has been shown to increase osteoconductivity, as observed in Das *et al.*, also, Li *et al.* evaluated various porous Ti6Ta4Sn, surface treatments, noting that a sol-gel-coating of HA produced optimal adhesion of osteoblast-like cells.¹⁵

Despite higher cost and difficulty in fabrication, Ta has recently gained attention because it possesses more favorable qualities than Ti. Zhang *et al.* fabricated a Ta scaffold ranging from 27 to 55% porosity that demonstrated superior adhesion, proliferation, and differentiation capabilities compared to its porous Ti counterparts.¹⁵

Unlike Ti and Ta, magnesium (Mg) has the additional characteristic of biodegradation. Witte *et al.* investigated the porous effects of Mg alloys *in vivo*, observing that bone formation and resorption are accompanied by scaffold degradation. However, possible problems with corrosion and ionic removal may restrict the use of these metal-based constructs, and some biomedical reports indicate that Mg alloys may contain aluminum (Al) and impurities, which could cause some damage. For example, Al is harmful to neurons and osteoblasts, it has also been associated with dementia and diseases such as Alzheimer's. It can also cause hepatotoxic damage, as well as damage

to gene expression. For these reasons, other suitable elements have been sought for alloys with Mg.^{15,23}

Natural or synthetic biopolymers. Polymers have been employed for bone tissue engineering applications, because they possess physical properties like fibrous proteins found in soft and hard connective tissues. Natural and synthetic polymeric materials, can be fabricated with defined geometries and formats (e.g., porous foams) and chemically modified to modulate cell adhesion and degradation characteristics.¹

Collagen, which is the most abundant protein in the extracellular matrix of vertebrates, is a logical choice as a biomaterial for tissue regeneration. Collagen is the most widely used natural polymer for regenerative therapies because its biological properties favor cell adhesion and differentiation. Collagen is rarely used alone, but is commonly combined with other biopolymers in bone repair. Synthetic polymers for bone regeneration include polyfumarates and polyesters, poly (lactic acid), poly (glycolic acid), and polycaprolactone. These resorbable materials offer versatile alternatives to natural polymers (e.g., collagen), and can be processed into three-dimensional biopolymers. However, synthetic biopolymers often provoke inflammatory responses as a result of acidic degradation products.¹ Natural polysaccharides, such as chitosan, agarose and alginate, are other types of natural polymeric scaffolds. These materials possess positively charged amino groups on their surface that allow for interactions with anions. The cationic nature of chitosan promotes interactions with glycosaminoglycans and proteoglycans which are known to stimulate cytokines and growth factors for tissue regeneration. Silk fibroin, another natural polymer, has also demonstrated ability to support cell proliferation, induce osteogenesis *in vitro* and bone formation *in vivo* calvarial defect models.¹²

CELLS USED IN BONE REGENERATION

Cells are an integral part of the tissue engineering strategy; different osteogenic cells are used, although it is unknown which cell type will be the most suitable of bone tissue engineering. Isolation, expansion efficiency, stability of the osteoblastic phenotype, *in vivo* bone formation capacity, as well as long-term safety, are essential requirements that must be fulfilled by any osteogenic cell type for the future success of the clinical application in Tissue Engineering concepts. For immunological and safety reasons, autologous cells are currently considered the first choice for

osteogenic constructs,²⁴ which can be obtained from different human body sites; some cells used in bone regeneration are mentioned below.

Osteoblasts. Osteoblasts can be found on the surface of the bone and are involved in bone repair and remodeling.²⁴ They possess a robust osteogenic potential and can be seeded for bone regeneration. As bone-forming cells, osteoblasts can synthesize and secrete bone matrix, promoting bone mineralization and bone formation.²⁵

They can be isolated from fetal or adult bone samples using enzymatic digestion techniques; even without enzymatic digestion, osteoblasts can grow out of small pieces of trabecular bone under appropriate conditions. Under *in vitro* conditions, they show stable osteogenic differentiation, as evidenced by the expression of standard markers; *in vivo* osteoblasts reliably form bone in several matrices. Compared to stem cells, the main disadvantages of osteoblast application include less availability of donor tissue, less proliferative capacity *in vitro*, and longer incubation time.²⁴

Mesenchymal stem cells. The term mesenchymal stem cells (MSC), was proposed by Caplan *et al.* Friedenstein *et al.* initially isolated bone marrow-derived MSCs, and demonstrated that MSCs grow as foci with fibroblast-like morphology and were termed as fibroblast colony-forming unit (CFU).^{26,27} It was subsequently established that MSCs are undifferentiated cells with the ability to self-renew, produce more stem cells and differentiate into various cell lineages under appropriate conditions. Stem cells are classified into embryonic stem cells (ESCs), induced pluripotent stem cells (iPSCs), and adult MSCs according to their origin, also frequently correlated with their plasticity.^{24,25}

For this review, we will refer to Adult MSCs, which are defined as undifferentiated cells that are among the specialized cells after birth, are capable of self-renewal, and are characterized by their ability to differentiate into mesenchymal tissues such as bone, cartilage, and fat.^{25,28,29} The potential of adult MSCs for bone generation includes:

1. Bone Marrow Stem Cells (BMSCs),
2. Adipose-derived stem cells (ASCs),
3. Dental pulp stem cells (DPSCs),
4. Human pulp stem cells from exfoliated deciduous exfoliated teeth (SHED),
5. Periosteum-derived stem cells (PDCs), and
6. Periodontal ligament stem cells (PDLSCs).^{25,30}

These cell populations possess a proliferative capacity and multipotent differentiation potential comparable to bone marrow-derived MSCs, suggesting that adult MSC populations share a similar ontogeny.^{29,30}

They are also heterogeneous and may contain differentiated cells, and variations in morphology, growth rate, proliferation potential, and differentiation capacity have been reported to be specific to the tissue from which MSCs are derived.^{26,30-32}

MSCs are already used clinically to repair bone defects. However, to generate sufficient MSCs for therapeutic applications, they must first be significantly expanded *in vitro*.³⁰

In 2006 Sotiropoulou *et al.* conducted a study in which they attempted to identify the optimal culture conditions for effective clinical-scale production of large numbers of MSCs for transplantation in cell therapy, immunotherapy, and regenerative medicine. They found that serum quality, glucose concentration, plastic surface quality affect the outcome. They also observed that using the basic fibroblast growth factor (b-FGF) increases the proliferation rate and the differentiation capacity to different lineages, favoring the differentiation towards the osteogenic lineage. This study establishes the general parameters for the standardization of a protocol to produce numerous high-quality MSCs to be used in preclinical studies and clinical protocols.³³

Periosteal cells. It has been identified as a niche for various cells involved in endochondral, and intramembranous ossification during prenatal development, postnatal development, and fracture healing. The mixed periosteal cell population contains fibroblasts, osteoblasts, MSCs, and pericytes.^{27,29,34,35} Ball *et al.* in 2011 determined that the periosteum has many undifferentiated cells that can differentiate and be maintained in culture up to pass ten without losing the ability to form mineralized tissue.³⁶

These cells are derived from the inner layer of the periosteum. There is no significant difference between these cells and osteoblasts concerning *in vitro* osteoblastic phenotype and *in vivo* osteogenic properties.²⁴ An advantage for future clinical applications, may be that periosteum could be obtained from the oral cavity with minimal donor site morbidity.

Several works indicate that the periosteum can give rise to bone tissue under appropriate conditions, either by using culture media enriched with osteoinductive factors or by using biopolymers suitable for osteogenic differentiation. Zheng's group used a poly-L-lactic-

co-glycolic acid (PLGA) biopolymer, finding that the mineralized matrix starts at early stages (7 days), but decreases when the culture is expanded (28 days), probably to insufficient nutrition of the *in vitro* culture with the PLGA polymer. While in the group of Honsawek *et al.*, they found that human periosteal cells treated with DBM express osteogenic genes.^{10,37}

OSTEOINDUCTIVE FACTORS

Growth factors are cytokines secreted by various cells and function as signaling molecules.⁹ Growth factors play an essential role in inducing bone formation and maintaining bone integrity.²⁴ They promote and prevent cell adhesion, proliferation, migration, and differentiation. These molecules play an important role in tissue engineering.⁹

Growth factors. Many growth factors stimulate osteogenic cell proliferation and differentiation *in vitro* and *in vivo*; many of these have been cloned and are available as recombinant proteins. The most popular osteoinductive factors in bone tissue engineering are the morphogenetic proteins (BMPs).^{9,24}

BMPs are members of the TGF- β superfamily, and play an essential role in skeletal development, bone formation, and stem cell differentiation. These factors were discovered when it was found that DBM could induce de novo bone formation.³⁸

Osteogenic BMPs include BMP-2, 4, 6, 7, and 9. BMPs aid in the healing process by recruiting bone-forming cells to the injury site. The use of BMPs is currently FDA approved to treat acute tibial fractures.³⁹ In addition, BMPs have been combined with biomaterials for clinical use, as is the case with InfuseTM Bone Graft (Medtronic IS; Wyeth, UK), containing rhBMP-2 (BMP-2recombinant) and Osigraft (Stryker Biotech), containing rhBMP-7, these two products are collagen-based and were approved by the FDA for clinical human consumption in the treatment of long bone fractures.^{37,40} Nowadays, intensive studies are carried out in order to better understand how growth factors, can be efficiently trapped by materials or immobilized at the surface and how they interact.^{9,40}

Chemical compounds. In addition to BMPs, *in vitro* MSC differentiation can be directed toward an osteoblastic lineage by adding soluble factors, including chemical compounds and hormones, in the cell culture medium.³² Chemical compounds have been tested to promote osteogenic differentiation of MSC cells *in vitro*. These chemical compounds tend to be less labile and have a long active

half-life compared to cytosine-based proteins and growth factors, which can be beneficial in prolonging *in vitro* cell culture for several days or even weeks. In addition, these chemical compounds can be manufactured by chemical reactions in the laboratory. TAK-778 is a potent inducer of osteogenesis *in vitro* and *in vivo* studies as a new synthetic compound. While statins, a family of synthetic chemical compounds, play an integral role in hepatic cholesterol biosynthesis, apart from their widespread pharmacological application for blood cholesterol reduction, they also have a profound ameliorating effect on osteogenesis.²⁵

Studies indicate that stem cells were induced to differentiate *in vitro* into mineralized osteoblasts under the influence of a combination of various compounds such as prostaglandin E2, 1,25-dihydroxyvitamin D3, L-ascorbic acid, dexamethasone, beta-glycerol phosphate, TAK-778, teriparatide, and statin family compounds. prostaglandin E2, a naturally occurring eicosanoid derived from arachidonic acid metabolism, has been reported to increase the proliferation and osteogenic differentiation of BMSCs.²⁵

An active form of vitamin D, 1,25-dihydroxyvitamin D3 (also known as calcitriol), has been shown to inhibit adipogenic differentiation of BMSCs for the promotion of osteogenic differentiation. Metzger *et al.* indicate that vitamin D induces osteocalcin expression from osteoblasts. While Metzger *et al.* indicate that the presence of vitamin D in cell cultures induces osteogenic differentiation.^{41,42}

Dexamethasone (DEX), is a synthetic steroid used in cell culture experiments to induce proliferation, maturation, and extracellular matrix (ECM) mineralization of adult stem cells and ESCs. DEX is an inducer of osteogenesis and is often used in combination with L-ascorbic acid (vitamin C), and beta-glycerol phosphate,²⁵ the latter two being required for extracellular matrix mineralization.⁴¹

CONCLUSION

Tissue engineering plays a vital role as an alternative in regenerating and repairing bone lesions. Regeneration of tissue defects in the bone requires an understanding of complex developmental processes, molecular pathways, physiology, and remodeling characteristics. Although it is difficult to mimic nature, recent scientific and technological findings show great potential to achieve bone scaffolds. Continued growth of this field hinges in part on the development of new materials and

improved scaffold processing techniques. With exciting current advances in stem cell biology, genetics, gene therapy, matrix synthesis and nanotechnology offers the development of a flexible, biomimetic osteogenic cellular scaffold will also have application in the future in our Institute.

References

1. Nicoll SB. Materials for bone graft substitutes and osseous tissue regeneration. In: Burdick JA, Mauck RL. Biomaterials for tissue engineering applications. Philadelphia, Pennsylvania, USA: Editorial Springer Wien New York; 2011. pp. 343-362.
2. Peric KZ, Rider P, Alkildani S et al. An introduction to bone tissue engineering. *Int J Artif Organs*. 2020; 43 (2): 69-86. doi: 10.1177/0391398819876286.
3. Adel IM, EIMeligy MF, Elkasabgy NA. Conventional and recent trends of scaffolds fabrication: a superior mode for tissue engineering. *Pharmaceutics*. 2022; 14 (2): 306. doi: 10.3390/pharmaceutics14020306.
4. Borrelli MR, Hu MS, Longaker MT, Lorenz HP. Tissue engineering and regenerative medicine in craniofacial reconstruction and facial aesthetics. *J Craniofac Surg*. 2020; 31 (1): 15-27. doi: 10.1097/SCS.0000000000005840.
5. Adamski R, Siuta D. Mechanical, structural, and biological properties of chitosan/hydroxyapatite/silica composites for bone tissue engineering. *Molecules*. 2021; 26 (7): 1976. doi: 10.3390/molecules26071976.
6. Yu X, Tang X, Gohil SV, Laurencin CT. Biomaterials for bone regenerative engineering. *Adv Healthc Mater*. 2015; 4 (9): 1268-1285. doi: 10.1002/adhm.201400760.
7. Storti G, Scioli MG, Kim BS, Orlandi A, Cervelli V. Adipose-derived stem cells in bone tissue engineering: useful tools with new applications. *Stem Cells Int*. 2019; 2019: 3673857. doi: 10.1155/2019/3673857.
8. Colazo JM, Evans BC, Farinas AF, Al-Kassis S, Duvall CL, Thayer WP. Applied bioengineering in tissue reconstruction, replacement, and regeneration. *Tissue Eng Part B Rev*. 2019; 25 (4): 259-290. doi: 10.1089/ten.TEB.2018.0325.
9. Ho-Shui-Ling A, Bolander J, Rustom LE, Johnson AW, Luyten FP, Picart C. Bone regeneration strategies: Engineered scaffolds, bioactive molecules and stem cells current stage and future perspectives. *Biomaterials*. 2018; 180: 143-162. doi: 10.1016/j.biomaterials.2018.07.017.
10. Jeyaraman M, Muthu S, Gangadaran P et al. Osteogenic and chondrogenic potential of periosteum-derived mesenchymal stromal cells: do they hold the key to the future? *Pharmaceutics (Basel)*. 2021; 14 (11): 1133. doi: 10.3390/ph14111133.
11. Polini A, Pisignano D, Parodi M, Quarto R, Scaglione S. Osteoinduction of human mesenchymal stem cells

- by bioactive composite scaffolds without supplemental osteogenic growth factors. *PLoS One*. 2011; 6 (10): e26211. doi: 10.1371/journal.pone.0026211.
12. Thirivikraman G, Athirasala A, Twohig C, Boda SK, Bertassoni LE. Biomaterials for craniofacial bone regeneration. *Dent Clin North Am*. 2017; 61 (4): 835-856. doi: 10.1016/j.cden.2017.06.003.
 13. Losee JE, Karmacharya J, Gannon FH et al. Reconstruction of the immature craniofacial skeleton with a carbonated calcium phosphate bone cement: interaction with bioresorbable mesh. *J Craniofac Surg*. 2003; 14 (1): 117-124. doi: 10.1097/00001665-200301000-00022.
 14. Yang Y, Kang Y, Sen M, Park S. Bioceramics in tissue engineering. In: Burdick JA, Mauck RL. *Biomaterials for tissue engineering applications*. Philadelphia, Pennsylvania, USA: Editorial Springer Wien New York; 2011. pp. 343-362.
 15. Zhang W, Yelick PC. *Craniofacial Tissue Engineering*. Cold Spring Harb Perspect Med. 2018;8(1):a025775. doi:10.1101/cshperspect.a025775.
 16. Kang NH, Kim SJ, Song SH, Choi SM, Choi SY, Kim YJ. Hydroxyapatite synthesis using EDTA. *J Craniofac Surg*. 2013; 24 (3): 1042-1045. doi: 10.1097/SCS.0b013e318290258b.
 17. Teven CM, Fisher S, Ameer GA, He TC, Reid RR. Biomimetic approaches to complex craniofacial defects. *Ann Maxillofac Surg*. 2015; 5 (1): 4-13. doi: 10.4103/2231-0746.161044.
 18. Pou AM. Update on new biomaterials and their use in reconstructive surgery. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003; 11 (4): 240-244. doi: 10.1097/00020840-200308000-00004.
 19. Gruskin E, Doll BA, Futrell FW, Schmitz JP, Hollinger JO. Demineralized bone matrix in bone repair: history and use. *Adv Drug Deliv Rev*. 2012; 64 (12): 1063-1077. doi: 10.1016/j.addr.2012.06.008.
 20. Holt DJ, Grainger DW. Demineralized bone matrix as a vehicle for delivering endogenous and exogenous therapeutics in bone repair. *Adv Drug Deliv Rev*. 2012; 64 (12): 1123-1128. doi: 10.1016/j.addr.2012.04.002.
 21. Jayasuriya AC, Ebraheim NA. Evaluation of bone matrix and demineralized bone matrix incorporated PLGA matrices for bone repair. *J Mater Sci Mater Med*. 2009; 20: 1637-1644.
 22. Gurevitch O, Kurkalli BG, Prigozhina T, Kasir J, Gaft A, Slavin S. Reconstruction of cartilage, bone, and hematopoietic microenvironment with demineralized bone matrix and bone marrow cells. *Stem Cells*. 2003; 21 (5): 588-597. doi: 10.1634/stemcells.21-5-588.
 23. Zhang S, Zhang X, Zhao C et al. Research on an Mg-Zn alloy as a degradable biomaterial. *Acta Biomater*. 2010; 6 (2): 626-640. doi: 10.1016/j.actbio.2009.06.028.
 24. Pedrero SG, Llamas-Sillero P, Serrano-López J. A multidisciplinary journey towards bone tissue engineering. *Materials (Basel)*. 2021; 14 (17): 4896. doi: 10.3390/ma14174896.
 25. Zhang Z. Bone regeneration by stem cell and tissue engineering in oral and maxillofacial region. *Front Med*. 2011; 5 (4): 401-413. doi: 10.1007/s11684-011-0161-7.
 26. Seong JM, Kim BC, Park JH, Kwon IK, Mantalaris A, Hwang YS. Stem cells in bone tissue engineering. *Biomed Mater*. 2010; 5 (6): 062001. doi: 10.1088/1748-6041/5/6/062001.
 27. Yoshimura H, Muneta T, Nimura A, Yokoyama A, Koga H, Sekiya I. Comparison of rat mesenchymal stem cells derived from bone marrow, synovium, periosteum, adipose tissue, and muscle. *Cell Tissue Res*. 2007; 327 (3): 449-462. doi: 10.1007/s00441-006-0308-z.
 28. Brohem CA, de Carvalho CM, Radoski CL et al. Comparison between fibroblasts and mesenchymal stem cells derived from dermal and adipose tissue. *Int J Cosmet Sci*. 2013; 35 (5): 448-457. doi: 10.1111/ics.12064.
 29. De Bari C, Dell'Accio F, Vanlauwe J et al. Mesenchymal multipotency of adult human periosteal cells demonstrated by single-cell lineage analysis. *Arthritis Rheum*. 2006; 54 (4): 1209-1221. doi: 10.1002/art.21753.
 30. Waese EY, Kandel RA, Stanford WL. Application of stem cells in bone repair. *Skeletal Radiol*. 2008; 37 (7): 601-608. doi: 10.1007/s00256-007-0438-8. Erratum in: *Skeletal Radiol*. 2008; 37 (7): 691. Kandel, Rita R [corrected to Kandel, Rita A].
 31. Law S, Chaudhuri S. Review Mesenchymal stem cell and regenerative medicine: regeneration versus immunomodulatory challenges. *Am J Stem Cell*. 2013; 2 (1): 22-38.
 32. Gelinsky M, Lode A, Bernhardt A, Rosen-Wolff A. Stem cell engineering for regeneration of bone tissue. *Stem Cell Eng*. 2011. doi: 10.1007/978-3-642-11865-4_17.
 33. Sotiropoulou PA, Perez SA, Salagianni M, Baxevanis CN, Papamichail M. Characterization of the optimal culture conditions for clinical scale production of human mesenchymal stem cells. *Stem Cells*. 2006; 24: 462-471. doi: 10.1634/células madre.2004-0331.
 34. Chang H, Knothe Tate ML. Concise review: the periosteum: tapping into a reservoir of clinically useful progenitor cells. *Stem Cells Transl Med*. 2012; 1 (6): 480-491. doi: 10.5966/sctm.2011-0056.
 35. Choi YS, Noh SE, Lim SM et al. Multipotency and growth characteristic of periosteum-derived progenitor cells for chondrogenic, osteogenic, and adipogenic differentiation. *Biotechnol Lett*. 2008; 30 (4): 593-601. doi: 10.1007/s10529-007-9584-2.
 36. Ball MD, Bonzani IC, Bovis MJ, Williams A, Stevens MM. Human periosteum is a source of cells for orthopaedic tissue engineering: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469 (11): 3085-3093. doi: 10.1007/s11999-011-1895-x.
 37. Honsawek S, Bumrungrpanichthaworn P, Thitiset T, Wolfenbarger L Jr. Gene expression analysis of

- demineralized bone matrix-induced osteogenesis in human periosteal cells using cDNA array technology. *Genet Mol Res.* 2011; 10 (3): 2093-2103. doi: 10.4238/vol10-3gmr1329.
38. Lamplot JD, Qin J, Nan G, Wang J, Liu X, Yin L et al. BMP9 signaling in stem cell differentiation and osteogenesis. *Am J Stem Cells.* 2013; 2 (1): 1-21.
 39. Argintar E, Edwards S, Delahay J. Bone morphogenetic proteins in orthopaedic trauma surgery. *Injury.* 2011; 42 (8): 730-734. doi: 10.1016/j.injury.2010.11.016.
 40. Bessa PC, Casal M, Reis RL. Bone morphogenetic proteins in tissue engineering: the road from laboratory to clinic, part II (BMP delivery). *J Tissue Eng Regen Med.* 2008; 2 (2-3): 81-96. doi: 10.1002/term.74.
 41. Logovskaya LV, Bukharova TB, Volkov AV, Vikhrova EB, Makhnach OV, Goldshtein DV. Induction of osteogenic differentiation of multipotent mesenchymal stromal cells from human adipose tissue. *Bull Exp Biol Med.* 2013; 155 (1): 145-150. doi: 10.1007/s10517-013-2100-x.
 42. Metzger W, Schimmelpfennig L, Schwab B et al. Expansion and differentiation of human primary osteoblasts in two- and three-dimensional culture. *Biotech Histochem.* 2013; 88 (2): 86-102. doi: 10.3109/10520295.2012.741262.



Investigación en Discapacidad tiene como objetivo publicar artículos relevantes, innovadores e informativos en el estudio de las bases patológicas, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la discapacidad, desde un punto de vista de investigación básica, clínica, tecnológica, epidemiológica y sociomédica. Los tópicos considerados para su publicación corresponden a las áreas biomédica, clínica, químico-biológica, molecular, psicológica, desarrollo tecnológico e investigación social. Los manuscritos se evalúan mediante un sistema de arbitraje por pares para su publicación en forma de artículos originales, artículos de revisión, comunicaciones breves, informes de casos clínicos y quirúrgicos, ensayos y novedades terapéuticas consideradas como notas científicas y cartas al editor. Las notas editoriales son por invitación directa del Editor y a propuesta del cuerpo editorial de la Revista.

Idioma: Los artículos podrán ser escritos en español o en inglés. Será responsabilidad de los autores que los resúmenes y manuscritos estén debidamente redactados en el respectivo idioma.

Los manuscritos deben ajustarse a los requerimientos del Comité Internacional de Editores de Revistas Biomédicas, disponible en: www.medigraphic.com/requisitos. La versión oficial más reciente puede ser consultada en: www.icmje.org

Sólo serán considerados los manuscritos inéditos (trabajos aún no publicados en extenso), los cuales no podrán ser sometidos a ninguna otra revista o medio de difusión durante el proceso de evaluación (desde su recepción hasta su dictamen). La propiedad de los manuscritos será transferida a la Revista, por lo que no podrán ser publicados en otras fuentes, ni completos o en partes, sin previo consentimiento por escrito del Editor.

El Comité Editorial decidirá cuáles manuscritos serán evaluados por árbitros expertos en el tema y no se admitirán los manuscritos presentados de manera inadecuada o incompleta. El dictamen del Comité para publicación es inapelable y podrá ser: Aceptado, Aceptado con modificaciones, No aceptado.

Los artículos deberán enviarse a la revista **Investigación en Discapacidad**, a través del

siguiente correo: indiscap@gmail.com con copia a indiscap@inr.gob.mx

En este sitio, el autor podrá informarse sobre el estado de su manuscrito en las fases del proceso: recepción, evaluación y dictamen.

I. Artículo original: Puede ser investigación básica o clínica y tiene las siguientes características:

- a) **Título:** Representativo de los hallazgos del estudio. Agregar un título corto para las páginas internas. (Es importante identificar si es un estudio aleatorizado o control).
- b) **Resumen estructurado:** Debe incluir introducción, objetivo, material y métodos, resultados y conclusiones; en español y en inglés, con palabras clave y keywords. El resumen no será mayor a 250 palabras.
- c) **Introducción:** Describe los estudios que permiten entender el objetivo del trabajo, mismo que se menciona al final de la introducción (no se escriben aparte los objetivos, la hipótesis ni los planteamientos).
- d) **Material y métodos:** Parte importante que debe explicar con todo detalle cómo se desarrolló la investigación y, en especial, que sea reproducible. (Mencionar tipo de estudio, observacional o experimental).
- e) **Resultados:** En esta sección, de acuerdo con el diseño del estudio, deben presentarse todos los resultados; no se comentan. Si hay cuadros de resultados o figuras (gráficas o imágenes), deben presentarse aparte, en las últimas páginas, con pie de figura.
- f) **Discusión:** Con base en bibliografía actualizada que apoye los resultados. Las conclusiones se mencionan al final de esta sección.
- g) **Bibliografía:** Deberá seguir las especificaciones descritas más adelante.
- h) **Número de páginas o cuartillas:** Un máximo de 10, sin exceder las 4,500 palabras. Figuras: 5-7 máximo.

II. Caso clínico o quirúrgico (1-2 casos) o serie de casos (más de 3 casos clínicos):



- a) **Título:** Debe especificar si se trata de un caso clínico o una serie de casos clínicos.
 - b) **Resumen:** Con palabras clave y abstract con keywords. Debe describir el caso brevemente y la importancia de su publicación.
 - c) **Introducción:** Se trata la enfermedad o causa atribuible.
 - d) **Presentación del (los) caso(s) clínico(s):** Descripción clínica, laboratorio y de excepcional observación que supongan una aportación importante al conocimiento de la fisiopatología o de la psicopatología, en el campo de la discapacidad. Mencionar el tiempo en que se reunieron estos casos. Las figuras o cuadros van en hojas aparte.
 - e) **Discusión:** Se comentan las referencias bibliográficas más recientes o necesarias para entender la importancia o relevancia del caso clínico.
 - f) **Número de cuartillas:** máximo 10, con alrededor de 2,500 palabras sin considerar referencias. Figuras: 3-5.
- c) **Introducción** y, si se consideran necesarios, subtítulos. Puede iniciarse con el tema a tratar sin divisiones. Deberán estar actualizados, basados extensamente en reportes publicados en literatura científica, estarán enfocados a un tema de investigación que sea explicado claramente con el objetivo de difundir información actualizada acerca de un tema específico.
 - d) **Bibliografía:** Reciente y necesaria para el texto.
 - e) **Número de cuartillas:** 10 máximo. Figuras y tablas 5 en conjunto.

III. Artículo de revisión y ensayos:

- a) **Título:** que especifique claramente el tema a tratar.
- b) **Resumen:** En español y en inglés, con palabras clave y keywords.

IV. Comunicaciones breves: Informes originales cuyo propósito sea dar a conocer una observación relevante y de aplicación inmediata a la medicina. Deberá seguir el formato de los artículos originales y su extensión no será mayor de cuatro páginas, considerando 2,500 palabras sin tomar en cuenta las referencias.

V. Novedades terapéuticas, noticias y cartas al editor: Estas secciones son para documentos de interés social, bioética, normativos, complementarios a uno de los artículos de investigación. Las novedades terapéuticas y noticias consideradas como nota científica podrán ser escritas en un lenguaje coloquial con un máximo de 1,500 palabras.



Los requisitos se muestran en la lista de verificación. El formato se encuentra disponible en www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/instr.pdf (PDF). Los autores deberán descargarla e ir marcando cada apartado una vez que éste haya sido cubierto durante la preparación del material para publicación.

LISTA DE VERIFICACIÓN

ASPECTOS GENERALES

- Los artículos deben enviarse a través del siguiente correo:**
indiscap@gmail.com con copia a indiscap@inr.gob.mx
- El manuscrito debe escribirse con tipo arial tamaño 12 puntos, a doble espacio, en formato tamaño carta. La cuartilla estándar consiste en 30 renglones, de 60 caracteres cada región (1,800 caracteres por cuartilla). Las palabras en otro idioma deberán presentarse en letra itálica (cursiva).
- El texto debe presentarse como sigue: 1) página del título, 2) resumen y palabras clave [en español e inglés], 3) introducción, 4) material y métodos, 5) resultados, 6) discusión, 7) agradecimientos, 8) referencias, 9) apéndices, 10) texto de las tablas y 11) pies de figura. Cada sección se iniciará en hoja diferente. El formato puede ser modificado en artículos de revisión y casos clínicos, si se considera necesario.

Título, autores y correspondencia

- Incluye:
 - 1) Título en español e inglés, de un máximo de 15 palabras y título corto de no más de 40 caracteres.
 - 2) Nombre(s) de los autores en el orden en que se publicarán, si se anotan los apellidos paterno y materno pueden aparecer enlazados con un guión corto.
 - 3) Créditos de cada uno de los autores.
 - 4) Institución o instituciones donde se realizó el trabajo.
 - 5) Dirección para correspondencia: domicilio completo, teléfono y dirección electrónica del autor responsable.

Resumen

- En español e inglés, con extensión máxima de 250 palabras.
- Estructurado conforme al orden de información en el texto:

- 1) Introducción.
- 2) Objetivos.
- 3) Material y métodos.
- 4) Resultados.
- 5) Conclusiones.

- Evite el uso de abreviaturas, pero si fuera indispensable su empleo, deberá especificarse lo que significan la primera vez que se citen. Los símbolos y abreviaturas de unidades de medidas de uso internacional no requieren especificación de su significado.
- Palabras clave en español e inglés, sin abreviaturas; mínimo tres y máximo seis.

Texto

- El manuscrito no debe exceder de 10 cuartillas (18,000 caracteres). Separado en secciones: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones.
- Deben omitirse los nombres, iniciales o números de expedientes de los pacientes estudiados.
- Se aceptan las abreviaturas, pero deben estar precedidas de lo que significan la primera vez que se citen. En el caso de las abreviaturas de unidades de medidas de uso internacional a las que está sujeto el gobierno mexicano no se requiere especificar su significado.
- Los fármacos, drogas y sustancias químicas deben denominarse por su nombre genérico; la posología y vías de administración se indicarán conforme a la nomenclatura internacional.
- Al final de la sección de Material y Métodos se deben describir los métodos estadísticos utilizados.

Reconocimientos

- En el caso de existir, los agradecimientos y detalles sobre apoyos, fármaco(s) y equipo(s) proporcionado(s) deben citarse antes de las referencias.

Referencias

- Incluir de 10 a 20. Se identifican en el texto con números arábigos y en orden progresivo de acuerdo a la secuencia en que aparecen en el texto.
- Las referencias que se citan solamente en los cuadros o pies de figura deberán ser numeradas de acuerdo con la secuencia en que aparezca, por primera vez, la identificación del cuadro o figura en el texto.
- Las comunicaciones personales y datos no publicados serán citados sin numerar a pie de página.
- El título de las revistas periódicas debe ser abreviado de acuerdo al Catálogo de la National Library of Medicine (NLM): disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals> (accesado Dic/2021). Se debe contar con información completa de cada referencia, que incluye: título del artículo, título de la revista abreviado, año, volumen y páginas inicial y final. Cuando se trate de más de seis autores, deben enlistarse los seis primeros y agregar la abreviatura et al.

Ejemplos, artículo de publicaciones periódicas, hasta con seis autores:

Torres-Rodríguez ST, Herrera-Cruz D, López-Yepes L, Lainfiesta-Moncada E. Biopsia pulmonar por minitoracotomía. ¿Es necesario el drenaje pleural? *Neumol Cir Torax* 2019; 78 (2): 133-138.

Siete o más autores:

Flores-Ramírez R, Argüello-Bolaños J, González-Perales K, Gallardo-Soberanis JR, Medina-Viramontes ME, Pozos-Cortés KP et al. Neumonitis lúpica: manejo con oxigenoterapia de alto flujo y posición prono. Reporte de caso y revisión de la literatura. *Neumol Cir Torax* 2019; 78 (2): 146-151.

Libros, anotar edición cuando no sea la primera:

Broaddus VC, Mason RJ, Ernst JD, King TE Jr., Lazarus SC, Murray JF, Nadel JA, Slutsky AS (eds). *Murray & Nadel's textbook of respiratory medicine*. 6th ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier; 2016.

Capítulos de libros:

Gutierrez CJ, Marom EM, Erasmus JJ, Patz EF Jr. Radiologic imaging of thoracic abnormalities. In: Sellke FW, Del Nido PJ, Swanson SJ. *Sabiston & Spencer surgery of the chest*. 8th ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier; 2010. p 25-37.

Para más ejemplos de formatos de las referencias, los autores deben consultar:

https://www.nlm.nih.gov/bsd/policy/cit_format.html (accesado Dic/2021).

Tablas

- La información que contengan no se repite en el texto o en las figuras. Como máximo se aceptan 50 por ciento más uno del total de páginas del texto.
- Estarán encabezados por el título y marcados en forma progresiva con números arábigos de acuerdo con su aparición en el texto.
- El título de cada tabla por sí solo explicará su contenido y permitirá correlacionarlo con el texto acotado.

Figuras

- Se considerarán como tales las fotografías, dibujos, gráficas y esquemas. Los dibujos deberán ser diseñados por profesionales. Como máximo se aceptan 50 por ciento más una del total de páginas del texto.
- La información que contienen no se repite en el texto o en las tablas.
- Se identifican en forma progresiva con números arábigos de acuerdo con el orden de aparición en el texto, recordar que la numeración progresiva incluye las fotografías, dibujos, gráficas y es-

quemadas. Los títulos y explicaciones serán concisos y explícitos.

Fotografías

- Serán de excelente calidad, en color o blanco y negro. Las imágenes deberán estar en formato JPG (JPEG), sin compresión y en resolución mayor o igual a 300 dpi (ppp). Las dimensiones deben ser al menos las de tamaño postal (12.5 x 8.5 cm), (5.0 x 3.35 pulgadas). Deberán evitarse los contrastes excesivos.
- Las fotografías en las que aparecen pacientes identificables deberán acompañarse de permiso escrito para publicación otorgado por el paciente. De no ser posible contar con este permiso, una parte del rostro de los pacientes deberá ser tapado sobre la fotografía.
- Cada una estará numerada de acuerdo con el número que se le asignó en el texto del artículo.

Pies de figura

- Señalados con los números arábigos que, conforme a la secuencia global, les correspondan.

Aspectos éticos

- Los procedimientos en humanos deben ajustarse a los principios establecidos en la Declara-

ción de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM) y con lo establecido en las leyes del país donde se realicen [en México: Ley General de Salud (Título Quinto): <https://mexico.justia.com/federales/leyes/ley-general-de-salud/titulo-quinto/capitulo-unico/>], así como con las normas del Comité Científico y de Ética de la institución donde se efectúen.

- Los experimentos en animales se ajustarán a las normas del National Research Council y a las de la institución donde se realicen.
- Cualquier otra situación que se considere de interés debe notificarse por escrito a los editores.

Conflicto de intereses

Los autores deben declarar si existe o no conflicto de intereses:

No Sí

- Conflicto de intereses de los autores.
- Fuentes de apoyo para el trabajo. En caso de existir apoyo, deberán incluirse los nombres de los patrocinadores junto con explicaciones del papel de esas fuentes, si las hubiera, en el diseño del estudio; la recolección, análisis e interpretación de los datos; la redacción del informe; la decisión de presentar el informe para su publicación.

Transferencia de Derechos de Autor

Título del artículo: [Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

Autor (es): [Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

Los autores certifican que el artículo arriba mencionado es trabajo original y que no ha sido previamente publicado. También manifiestan que, en caso de ser aceptado para publicación en la revista **Investigación en Discapacidad**, los derechos de autor serán propiedad de la Revista.

Nombre y firma de todos los autores

[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Lugar y fecha: [Redacted]

