

BASES NEUROCIENTÍFICAS ENTRE EL SISTEMA ESTOMATOGNÁTICO Y LA POSICIÓN DE LA CABEZA EN EL ADULTO MAYOR. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Katterine N. Ríos Peralta¹

¹Carrera de Fisioterapia y Kinesiología (Asunción), Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Norte, Paraguay

RESUMEN

El sistema estomatognático es ampliamente estudiado en el sistema tónico postural, es relacionada con la columna lumbar y otros segmentos del cuerpo. Sin embargo, la cabeza adelantada es un factor clave para entender la respuesta del cuerpo y el feedback de la autorregulación del movimiento. Los adultos mayores presentan un deterioro progresivo de su funcionalidad en la cual la posición cabeza juega un rol importante.

Objetivo: Analizar las bases neurocientíficas entre el Sistema Estomatognático y la posición de la cabeza en el adulto mayor. **Material y**

métodos: Se realizó una revisión bibliográfica actualizada, se empleó la estrategia de búsqueda avanzada y para la selección de los artículos realizada en bases de datos como Pubmed, ResearchGate, SciELO, utilizando términos como: "cabeza adelantada", "adultos mayores", "sistema

estomatognático”, “control motor”, “biotensegridad”, “postura”, durante los meses de agosto y setiembre del 2021. Se incluyó artículos científicos cuyos criterios de inclusión a cumplir consistían en: estudios publicados entre los años 2017 y 2021. La búsqueda inicial arrojó 1052 artículos de los cuales no se tuvieron en cuenta 941. **Resultados:** Se encontró literatura científica que aborda sobre las bases neurocientíficas del sistema estomatognático y la cabeza adelantada con respecto a la postura, la biomecánica entre el sistema estomatognático con otras estructuras, relación propioceptiva del sistema estomatognático con la cabeza y los principios de biotensegridad en la cabeza adelantada. **Conclusiones:** La mayoría de las investigaciones brindaron informaciones sólidas sobre la cabeza adelantada y alteración del sistema sensoriomotor. La mayoría de los adultos mayores tenían déficit en la mineralización ósea, respuestas en el sistema respiratorio tanto en el proceso gaseoso como en la mecánica respiratoria, el sistema vestibular y los músculos masticatorios, como el masetero, el digástrico que se ven afectadas por la posición de la cabeza adelantada, y finalmente información sobre conceptos de Biotensegridad. Los adultos mayores con dentaduras postizas fueron la población más afectada. Sin embargo, la mayoría de las informaciones procesadas no tienen explicación concreta entre el sistema estomatognático y la cabeza. Por lo tanto, la revisión favorece respectivamente que las bases neurológicas del sistema estomatognático y la cabeza adelantada son influidas por los estímulos externos y representan un vínculo propioceptivo importante en el cuerpo humano.

ABSTRACT

The stomatognathic system is widely studied in the postural tonic system, it is related to the lumbar spine and other segments of the body. However, head forward is a key factor in understanding the body's response and movement self-regulation feedback. Older adults present a progressive deterioration of

their functionality in which the head position plays an important role.

Objective: To analyze the neuroscientific bases between the Stomatognathic System and the position of the head in the elderly. **Material and methods:** It has been made an updated literature review, se used the advanced search strategy and for the selection of articles carried out in databases such as Pubmed, ResearchGate, SciELO, using terms such as: "head forward", "Older adults", "Stomatognathic system", "motor control", "biotensegrity", "posture", during the months of August and September of 2021. Scientific articles were included whose inclusion criteria to meet consisted of: studies published between 2017 and 2021. The initial search yielded 1052 articles of which 941 were not taken into account. **Results:** Scientific literature was found that addresses the neuroscientific bases of the stomatognathic system and the forward head with respect to posture, the biomechanics between the stomatognathic system with other structures, the proprioceptive relationship of the stomatognathic system with the head and the principles of biotensegrity in the forward head. **Conclusions:** Most of the investigations provided solid information on the advanced head and alteration of the sensorimotor system, the majority of older adults had a deficit in bone mineralization, responses in the respiratory system both in the gaseous process and in respiratory mechanics, the vestibular system and the masticatory muscles, such as the masseter, the digastric that are affected by the position of the forward head, and finally information on Biotensegrity concepts. Older adults with dentures were the most affected population. However, most of the processed information has no concrete explanation between the stomatognathic system and the head. Therefore, the review respectively favors that the neurological bases of the stomatognathic system and the forward head are influenced by external stimuli and represent an important proprioceptive link in the human body.

INTRODUCCIÓN

Los adultos mayores a medida que envejecen presentan un cambio postural complejo con una infinidad de regulación propioceptiva y un constante feedback que le permiten adaptar el cuerpo al ambiente. Estas retroalimentaciones constantes se pueden ver más acentuadas en los adultos mayores, ya que con el paso de los años sufren de un deterioro orgánico continuo ya que la columna vertebral empieza a inclinarse hacia el frente del cuerpo y el ángulo de sustentación va creciendo de acuerdo con esto. Las bases neurocientíficas entre el sistema estomatognático y la posición de la cabeza en el adulto mayor no es un tema muy estudiado. De acuerdo a nuevas informaciones disponibles sobre el impacto de la cabeza adelantada en el cuerpo humano amerita su análisis para la población mayor que lo necesitan para una mejor calidad de vida por medio de un diagnóstico y tratamiento adecuado en el caso de sufrir este tipo de trastorno.

Esta investigación hace una revisión bibliográfica importante en donde nos permite edificar ejes temáticos útiles y con fuerte sostén científico sobre las bases neurocientíficas del sistema estomatognático y la cabeza adelantada con respecto a la postura, su interacción biomecánica entre el sistema estomatognático con otras estructuras, la relación propioceptiva del sistema estomatognático con la cabeza y los principios de biotensegridad en la cabeza adelantada con todo el resto de cuerpo creando movimiento en el cuerpo humano. Sabemos que la columna torácica funciona como base de apoyo para la columna cervical e influye en la cinemática cervical a través de la unión cervicotorácica. Este vínculo anatómico es importante donde el protagonista principal de la aceleración en la marcha, regulación sensoriomotora, y una amplia influencia sobre todo el cuerpo tiene el sistema estomatognático que resulta en la posición de la cabeza, marcando el comportamiento del sistema tónico postural del cuerpo humano. Por eso, se ha demostrado que los cambios en la alineación torácica alteran la carga

mecánica de la columna cervical. Es de relevancia la mayor incidencia de problemas de cuello en los adultos mayores que tienen una mayor prevalencia de hipercifosis torácica y los deterioros de la función respiratoria. Sin embargo, una revisión sistemática informó resultados contradictorios con respecto la relación de músculos profundos del cuello y las señales electromiográficas. Por lo tanto, es necesario investigar las bases neurofisiológicas exhaustivamente desde el inicio de la señal eferente con todo su recorrido hasta llegar al sistema nervioso central y viceversa donde el sistema estomatognático sea una fuente o un receptor de toda la información como para ser participe activo de la cabeza adelantada.

ADULTO MAYOR Y CABEZA ADELANTADA

En los adultos mayores las caídas representan un problema grave en esta población, conducen a una pérdida de movilidad e independencia y también pueden ser una causa indirecta de muerte (Michalska et al., 2020). En un estudio de caracterización del sistema estomatognático y los trastornos temporomandibulares predominó el sexo femenino, la pérdida dentaria como factor de riesgo. La principal manifestación clínica fueron los ruidos articulares y la osteoartritis como la condición de mayor afectación articular temporomandibular (Hernández-Reyes et al., 2020). Por ende, existen disminuciones notorias de respuestas al ambiente en el que se desenvuelven, afecta gravemente el cuerpo de los ancianos ya que no muestran un movimiento postural anticipatorio hacia adelante, pero sí un movimiento compensatorio de la cabeza hacia delante (Wider et al., 2020). En un estudio de mujeres mayores posmenopáusicas presentaban problemas de equilibrio, incluidos el control postural anticipatorio, reactivo, la orientación sensorial, la marcha dinámica y las condiciones relacionadas con la tarea dual. La postura mostró valores más altos en el ángulo dorsal (Kanda et al., 2021) y menor inclinación sacra, menor alineación de la

columna y una postura más prevalente con mayor cifosis y lordosis lumbar (Márquez et al., 2018). La posición adecuada de la lumbar 3 debe de ser adecuada para mantener la posición de la cabeza sin alteraciones (Cota Aroeira et al., 2017). Además, basados en una disminución significativa de la complejidad del movimiento relacionada con la edad durante la abducción de hombro, lo que puede implicar más movimientos estereotipados y menos capacidad para adaptarse al estrés durante el envejecimiento (Overbeek et al., 2021). Estos trastornos se hacen obvios en el cuerpo en general, pero necesitamos ampliar nuestro panorama desde el punto de vista biotenségrico haciendo un mapeo más óptimo de los efectos que puede tener la cabeza adelantada con respecto a la biomecánica del adulto mayor.

La posición de la cabeza responde a factores compensatorios como cambios degenerativos en la columna cervical se relacionaron con desarrollo de puntos gatillos activos en la musculatura en ancianos con trastornos temporomandibulares (Hong Woo et al., 2019). Se asociaron además con una pérdida de densidad mineral ósea de la articulación temporomandibular incluso sin presentaciones sintomatológicas (Ali, 2020) y pérdida de densidad ósea areal de la cadera, el cuello femoral y la columna lumbar, alteración de la postura de la cabeza y desarrollo de dolor de cuello (Kong et al., 2021). El uso de dentaduras postizas hace que la fuerza de la musculatura del cuello sea más baja, un ángulo cráneo vertebral más pequeño, una marcha y balanceo postural más largo y una longitud de balanceo postural más larga que el grupo que no usaba dentaduras postizas (Youngsook & Yongnam, 2020).

BASES NEUROCIENTÍFICAS DEL SISTEMA ESTOMATOGNÁTICO Y LA CABEZA ADELANTADA CON RESPECTO A LA POSTURA

Las informaciones disponibles son complejas de unir ya que el sistema estomatognático tiene un sinnúmero de componentes con diferentes funciones. De la misma manera, al relacionarla con el resto del cuerpo lo hace aún más desafiante en el campo científico, partiendo desde la posición de la cabeza que demostraron relación biomecánica entre la cifosis torácica con la postura de la columna cervical (Joshi et al., 2019). En otros estudios, existen cambios en diferentes abordajes como: abordajes de combinación de movilización de la columna torácica superior y ejercicio de movilidad demostró resultados generales a corto plazo en el ángulo craneovertebral (posición de pie), extensión cervical. Sin embargo, a menor escala también arrojó resultados positivos al ejercicio de movilización y estabilización de la columna cervical superior en personas con cabeza adelantada (Cho et al., 2017), hombros redondeados y dolor aunque no se han establecido aún su relación directa con el dolor (Fathollahnejad et al., 2019; Sheikhhoseini et al., 2018; Ghamkhar & Hossein Kahladee, 2019; Authié et al., 2017). Por el contrario, tuvo respuestas no muy positivas en ejercicios globales, en comparación a las técnicas específicas tuvieron respuestas menos favorables en el empleo de técnicas estándares como el ejercicio de McKenzie (Ali, 2020) y el ejercicio de Kendall, implicando un cambio positivo en el ángulo cráneo vertebral. Las técnicas que combinaron vendaje neuromuscular también se encontró beneficioso en los tratamientos de cabeza adelantada combinada con otros ejercicios (J. Kim et al., 2018).

Desde la perspectiva muscular se habla de la regulación del sistema muscular optimizando la relación entre el rendimiento muscular y el costo metabólico en una amplia gama de funciones musculares desde el reposo, pasando por el acortamiento de baja carga hasta el soporte de alta carga, actuando como una caja de cambios automática. Se ha argumentado que los filamentos gruesos del músculo esquelético juegan un papel fundamental en la regulación de la contracción (Irving, 2017) que extiende el paradigma bien establecido de la regulación de los filamentos delgados en varios aspectos. Todo esto es bien aplicado a los músculos del sistema estomatognático y el cuello, ya que la acción no es solo de soporte es también de un mecanismo regulador de estímulos externos en la cabeza. Las vías de los filamentos delgados median la señal de inicio para la contracción. La regulación de los filamentos gruesos iguala la respuesta del músculo a las condiciones mecánicas externas.

El control sensoriomotor pueden ser un factor de riesgo de dolor y lesiones en el cuello (Mousavi-Khatir et al., 2018). En un estudio personas con cabeza adelantada exhibieron control sensoriomotor anormal y disfunción del sistema nervioso autónomo en comparación con aquellos con alineación normal de la cabeza (Moustafa et al., 2020; Khan et al., 2020). Las interacciones de los nervios juegan un papel importante. En un estudio de evaluación neurodinámica de conducción nerviosa en pacientes con postura de cabeza hacia adelante se encontró que los pacientes son más propensos a atrapamientos periféricos. Las diferencias de conducción nerviosa más significativas en pacientes con cabeza adelantada moderada a grave fueron una disminución en las amplitudes del potencial de acción del nervio sensorial y del potencial de acción muscular (Celik et al., 2020; Vural et al., 2020). Otro análisis reveló que las configuraciones electrofisiológicas que reproducían un control realista del movimiento hacia adelante de las neuronas motoras SMD y RMD de la cabeza son suficientes para impulsar las ondulaciones dorsoventrales en la cabeza y el cuello y que la retroalimentación propioceptiva dirigida posteriormente de corto alcance es suficiente para propagar la onda por el resto del cuerpo (Izquierdo & Beer,

2018). La información propioceptiva del cuello es fundamental para suministrar al sistema nervioso central con información sobre la orientación y el movimiento de la cabeza en relación con el resto del cuerpo (De Nunzio et al., 2018).

La postura de la cabeza hacia adelante provoca la expansión de la parte superior del tórax y la contracción de la parte inferior del tórax, y estos cambios morfológicos causan disminución de la función respiratoria (Koseki et al., 2019; Blum, 2019), como la capacidad vital forzada, espiratoria y los volúmenes de reserva inspiratoria, el volumen espiratorio forzado a 1 segundo y el flujo máximo observado, demostrando que tiene un impacto inmediato en el sistema respiratorio (Zafar et al., 2018) inclusive la fuerza de los músculos espiratorios (Solakoğlu et al., 2020). El adelantamiento de la cabeza es caracterizado por pérdida de la lordosis cervical normal (80.2%), estrechamiento de C0-C1 (38.4%) o una posición hioidea elevada (50%), y 91.9% tenía congestión (Tay & Pang, 2018), hiperlordosis lumbar, anteversión cefálica y genu valgo frecuentes en pacientes con trastornos temporomandibulares (Cortese et al., 2017a). En otro estudio se evidenció que la actividad de los músculos esternocleidomastoideo (Cheon & Park, 2017) y escaleno anterior, y disminuyó la capacidad vital forzada afectando función pulmonar y la actividad de los músculos sinérgicos respiratorios (Kang et al., 2018) incluyendo los músculos inferiores (M.-S. Kim et al., 2017). En algunos casos como el síndrome de apnea obstructiva del sueño se caracteriza por una hiperextensión de la columna cervical con una hipercifosis compensadora y una alteración del acoplamiento posturo-respiratorio, aparentemente secundaria a la inestabilidad de la vía aérea superior, teniendo como punto de partida la cabeza adelantada (Clavel et al., 2020). Los efectos de la movilización de la columna cervical sobre la función respiratoria y ángulos cervicales de pacientes con accidente cerebrovascular mostraron resultados negativos, lo cual apunta a que en sistema nervioso con lesiones no puede aplicarse esta teoría (Jung An & Jun Park, 2021).

La resistencia cervical se encontró más baja en los pacientes con dolor crónico de cuello y la relación tamaño-resistencia muscular parece volverse más compleja en presencia de dolor crónico de cuello y consecuencia los músculos profundos parecen verse afectados de manera diferencial (Ghamkhar & Hossein Kahlade, 2019). Además se ve afectada la inestabilidad y los problemas de equilibrio (Lafond & Cadieux, 2008). En otro estudio la postura de la cabeza hacia adelante no tiene ningún impacto en la rigidez, el tono y la elasticidad de los músculos, ni aumenta la sensibilidad a la presión de los músculos superficiales del cuello en los trabajadores de oficina sanos y con síntomas moderados (Kocur et al., 2019; Authié et al., 2017).

En cuanto a las articulaciones se mostró que en la densidad de la mineralización ósea en la cervical (Ghan & Babu, 2021), en la articulación cervico-torácica, el momento articular y la fuerza de reacción tuvieron mayores repercusiones en la posición de hundimiento que en las posturas plana y lordosis (Mahmoud et al., 2019) los efectos del movimiento de la escápula en la alineación del cuello y los músculos en pacientes con postura de cabeza hacia adelante, que tiene los cambios estructurales alrededor del cuello, cuando se aplica el ejercicio de estabilización escapular (E. Lee & Lee, 2019; Cortese et al., 2017). Los ejercicios de rango articular como la movilización de Maitland central y posteroanterior unilateral de grado IV demostró un aumento significativo en la fuerza de los flexores profundos del cuello en individuos con postura de cabeza hacia adelante.

En las afecciones a nivel postural encontramos diferentes pistas que nos relaciona el sistema estomatognático con la columna, algunos resultados describen los pacientes con trastorno temporomandibular presentan cambios posturales como: inclinación pélvica y hombro alto, con especial afectación relacionada con el diagnóstico muscular y combinado (De Santillana et al., 2018). Otros proporcionan nueva evidencia preliminar de un desequilibrio vestibular en la escoliosis idiopática que se compensa con la retroalimentación aferente somatosensorial relacionada con la carga de las

extremidades inferiores durante la última parte de la respuesta (Hatzilaridis et al., 2019). El sistema auditivo supuestamente contribuye al control postural solo en un grado pequeño, pero de impacto significativo y el mecanismo aún no se comprende bien, la capacidad de localización de una fuente de sonido fija a través del sistema auditivo afectando a la retroalimentación somatosensorial (Parrell et al., 2019) y al paciente que camina, este estudio se realizó en sujetos sanos. Por otro lado, en sujetos después de un implante coclear el riesgo de caídas después de la implantación disminuyó durante un período de tiempo más largo teniendo un efecto positivo en el control postural ya que también permite al paciente ubicarse mejor espacialmente (Louza et al., 2019; Pastore et al., 2018).

BIOMECÁNICA ENTRE EL SISTEMA ESTOMATOGNÁTICO CON OTRAS ESTRUCTURAS

La articulación occipitoatloidea es de primero género el cual tiene un leve movimiento anteroposterior y lateral, en el cual el movimiento anteroposterior dirige el peso de la cabeza hacia enfrente. Este movimiento es regulado por el sistema vestibular y el sistema sensoriomotor, que lo adapta al ambiente creando respuestas en todo el cuerpo. Investigaciones anteriores mostraron cambios biomecánicos en la columna a partir de abordajes de técnicas de rehabilitación del complejo cervical superior que es el que estabiliza la cabeza con la articulación occipito-atloidea con sus musculaturas y los músculos que trabajan en la articulación temporomandibular (Ríos Peralta, 2020) en el cual podemos basar nuestra métrica con el ángulo cráneo vertebral en el cual se sugiere que la disminución del ángulo craneovertebral y el rango de flexión cervical eran factores predictivos para la aparición de dolor en la región cervical (D. Kim et al., 2018). Además de tener en cuenta el dolor, la carga que soporta los músculos suboccipitales en la posición de

la cabeza adelantada es considerable (Patwardhan et al., 2018) para la biomecánica. Necesitamos extender aún la comprensión de la relación del estoma con otras partes del cuerpo, especialmente su componente regulador y biomecánico. Los trastornos del sistema estomatognático y su influencia hacia la columna vertebral comprendiendo su interacción de estos sistemas durante los movimientos musculoesqueléticos puede abrir directamente una variedad de campos de investigación que incluyen: etiología de lesiones, prevención de lesiones y prescripción de ejercicios terapéuticos. Uno de los principales es la conexión propioceptiva entre el sistema estomatognático con el sistema nervioso central y de ambos en la biomecánica del cuerpo humano.

La biotensegridad del sistema masticatorio es influenciada por los movimientos del tejido blando (Kuč et al., 2021). Se han señalado problemas posturales en más del 90% de maloclusiones, que la posición de la cabeza está vinculada al eje corporal y que desviaciones como cifosis, escoliosis y lordosis, pueden tener como consecuencia un cambio de postura de la cabeza (González Rodríguez, Suami Llanes Rodríguez, Maiyelin Pedroso Ramos, 2017) y el cuello influye en la actividad de los músculos masticatorios durante la función de masticatoria (Inae Gadotti, Kimani Hicks, Eric Koscs, Bryanna Lynn, Jansen Estrazulas, and Civitella, 2020) que produce activación neural sobre el sistema estomatognático. Dicha activación se inicia sobre receptores sensitivos especializados llamados propioceptores que se encuentran en diversas zonas de dicho sistema, de todas estas zonas parten las vías aferentes que llevan la información hacia el SNC, donde ésta es interpretada en áreas sensibles del neocórtex y del tallo encefálico de donde parten las vías eferentes que retornan hacia los componentes del sistema estomatognático (Aguirre-Siancas, 2017). La relación existente entre estos sistemas son estrechas pero su función neural todavía no es muy precisa, por lo que amerita extender el análisis.

Analizando el sistema estomatognático partiendo desde cuando la boca se abre, hay una combinación de movimiento de rotación del espacio disco-mandibular y acción del espacio disco-temporal traslacional; la rotación ocurre antes de la traslación. El cóndilo puede moverse lateralmente a través de una rotación y luego un deslizamiento anterior de la misma estructura condilar, y una traslación/rotación anterior en la dirección medial del cóndilo opuesto. El cóndilo puede moverse hacia atrás, mientras que el cóndilo opuesto se desliza hacia adelante. La protuberancia de la ATM bilateral o ipsilateral se produce por deslizamiento anterior (Bordoni & Matthew, 2021). Los individuos con trastornos temporomandibulares tenían mayor actividad eléctrica muscular en reposo y menor función, presentaban más fatiga y masticación unilateral, así como mayor presencia de desviación/deflexión y articulación con ruidos (Cavalcante et al., 2021). Esta descripción mecánica podría ser un canal de transmisión de estímulos al SNC que modula la posición de la articulación occipitoatloidea cambiando la posición de la cabeza, de este modo afectando el sistema vestibular produciendo cambios en toda la postura especialmente en la columna vertebral.

La mayoría de las investigaciones sugieren algún tipo de relación entre las modificaciones de la oclusión dentaria tipo I, II, III de Angle (González Rodríguez, Suami Maiyelin Llanes Rodríguez, 2017) y la postural corporal. Con respecto a la inclinación cráneo cervical se encuentra una tendencia a la dorso-extensión y en la inclinación cervical; se observa al inicio una columna más recta pero sin ser estadísticamente significativos los cambios para ambas variables (Fuentes-Casanova, 2018). En otra exploración similar se sugirió que la posición sentada usando soportes de asistencia lumbar induce el mantenimiento de la postura normal del cuello y una reducción en el tono muscular del trapecio superior en los sujetos con cabeza adelantada. La inclinación cervical obliga al sistema visual horizontalizar la mirada lo cual es detectado por el sistema vestibular que procesa cambios lineales y angulares en el movimiento y la orientación de la cabeza. Las funciones principales de este sistema son: estabilizar la mirada cuando la cabeza se mueve en relación con el cuerpo; estabilizar el movimiento de la cabeza

(contribuye a estabilizar la imagen visual en la retina) (Doan MacKinnon, 2020). Estos cambios adaptativos en la coordinación sensorial-motora, garantizan la conciencia visual del entorno, detectar cambios en la configuración espacial (Authié et al., 2017). Todo este mecanismo desarrolla la respuesta del sistema vestibular hacia todo el cuerpo ponderando dinámicamente durante la locomoción pudiendo resultar de una supresión selectiva de las entradas vestibulares a favor de una regulación del equilibrio de alimentación hacia adelante basada en copias de las referencias locomotoras. Sin embargo, las viabilidades de un mecanismo de retroalimentación dependen de la previsibilidad de los movimientos de la cabeza durante la locomoción (Dietrich et al., 2020).

RELACIÓN PROPIOCEPTIVA DEL SISTEMA ESTOMATOGNÁTICO CON LA CABEZA

La masticación estimula principalmente las aferentes trigeminales que transmiten como un mecanismo fisiológico periférico que modula al SNC generalmente presenta mayor pérdida de piezas dentarias lo cual agrava su problemática (Aguirre-Siancas, 2017). Una de las principales modulaciones es un grupo de 20.000 neuronas que forman una estructura en una parte del cerebro llamada hipotálamo y recibe información directa de los ojos (González Rodríguez, Suami Llanes Rodríguez, Maiyelin Pedroso Ramos, 2017) recibiendo una retroalimentación sensorial de los sistemas visual, vestibular y somatosensorial proporciona información al sistema nervioso que se utiliza para establecer un esquema interno de la orientación y el movimiento del cuerpo y su relación con el entorno externo (Doan MacKinnon, 2020). El feedback en estas estructuras son las bases fundamentales de cualquier afección al sistema musculoesquelético ya que con los principios de

biotensegridad la cabeza es uno de los principales guías del sistema tónico postural.

En la cabeza adelantada el ángulo cráneo vertebral se ve afectado y se encontró una relación entre la mecano-sensibilidad tisular (Merinero et al., 2021; Martinez-Merinero et al., 2020). Cuando esta información es recibida el controlador del equilibrio filtra, procesa e integra señales sensoriales del movimiento corporal para producir una señal de error entre las consecuencias sensoriales previstas y reales de los movimientos relacionados con el equilibrio. Los comandos compensatorios del motor se generan en respuesta a este error para mantener una posición erguida (Forbes et al., 2018). En algunas investigaciones los hallazgos muestran que la clase esquelética, la postura de la cabeza hacia adelante y la discrepancia del hombro presentaron asociación estadística con la respuesta electromiográfica simétrica de los músculos digástricos y maseteros (Espinoza et al., 2021) durante la deglución que los cambios anormales en la posición de la cabeza afectan la actividad muscular, como el grosor del músculo masetero (Tavangar. Shiva et al., 2020) y digástricos durante la propiocepción, el patrón de respiración y el dolor de cuello (Elżbieta Szczygieł, Fudacz et al., 2020) afectándolo negativamente. Esto representa claramente los factores compensatorios que son los que en el futuro se representa como patologías de desgastes biomecánicos en diferentes puntos del cuerpo humano. Por el contrario, existen otros estudios que no mostraron diferencias significativas entre el desempeño de los flexores profundos del cuello durante la prueba de flexión craneocervical en pacientes con cabeza adelantada y en individuos con postura normal de la cabeza, lo que desafía la creencia común de la debilidad de los flexores profundos del cuello en individuos que sostienen cabeza adelantada (Moghadam et al., 2018). Sin embargo, sí se relacionó la posición cráneo-cervical con la fuerza de la lengua (Alemany et al., 2021). Durante las tareas de baja carga se correlacionó moderadamente con un aumento en la actividad eléctrica de los músculos extensores superficiales del cuello,

demostrando así la regulación a nivel de control motor y respuesta locomotora (Florentino et al., 2018).

Entendiendo con más claridad como el sistema estomatognático influye básicamente en la biotensegridad del cuerpo humano, empleando el sistema tónico postural como fuente de trastornos musculoesqueléticos crónicos muy incapacitantes. Disminuyendo la infravaloración de su participación en la calidad de vida en todo el cuerpo humano podremos generar informaciones nuevas recolectando evidencia con sustentabilidad. Estos nuevos conocimientos nos pueden proveer de nuevos sistemas de diagnósticos y programas de rehabilitación más integrales que ayudará a un número importante de la población.

En cuanto a los abordajes de la cabeza adelantada se encontró que los efectos de la técnica de energía muscular excéntrica versus los ejercicios de estiramiento estático combinados con la movilización segmentaria cervical en el tratamiento del síndrome de cruzado superior eran igualmente efectivos para disminuir el dolor, mejorar el rango de movimiento cervical y reducir la discapacidad del cuello (Gillani et al., 2020; Letafatkar et al., 2020). Otros ejercicios proporcionan evidencia convincente y mecanicista ya que fue valorado por mediante imágenes de ultrasonido y electromiografía de los ejercicios de extensores cervicales es más beneficiosa para la restauración del desequilibrio neuromuscular que los ejercicios flexores cervicales en individuos con síndrome cervical cruzado (J. Lee et al., 2018; Kuo et al., 2020). Además, otro estudio afirma que los músculos flexores del cuello son herramienta útil para la evaluación de la cabeza adelantada de los adultos mayores (Kanda et al., 2021). Los ejercicios que combinan control motor y movimientos finos como el Pilates, demostró ser eficiente para la alineación de la cabeza adelantada realizando una corrección gradual (Hürer et al., 2021).

Desde el punto de vista propioceptivo también podemos analizar la cabeza adelantada como una respuesta al dolor. En un estudio se mostró evidencia moderada a fuerte de que los pacientes con cefalea primaria crónica presentan una mayor cabeza adelantada que los individuos asintomáticos y evidencia moderada de que los pacientes con cefalea primaria crónica presentan una mayor postura hacia adelante de la cabeza que aquellos con cefalea primaria episódica (Elizagaray-Garcia et al., 2020). Además, algunos hallazgos sugieren que la resolución del dolor miofascial puede correlacionarse con la disminución de la postura de la cabeza hacia adelante y la posición del hueso hioides (Pettit & Auvenshine, 2018). Además la relajación de la musculatura suprahiodea. El potencial de cambio en la dimensión orofaríngea y la vía aérea es evidente (Pettit & Auvenshine, 2018).

El control motor es la base de la regulación de todos los sistemas con el ambiente y la demanda en la que se desenvuelve. En un estudio el protocolo de entrenamiento de los músculos inspiratorios combinado con la terapia manual y el ejercicio de control motor tuvo un mayor efecto en la mejora de la presión inspiratoria máxima que entrenamiento de los músculos inspiratorios aislado en los fumadores moderados a corto plazo (Balbás-Álvarez et al., 2018). También el control motor tiene actuación sobre el sistema fonoarticulatorio ya que se evidenciaron que la postura puede desempeñar un papel más importante en la fatiga vocal de lo que se pensaba anteriormente con el esfuerzo fonatorio (Gilman & Johns, 2017) y la postura habitual se encontró al músculo milohioideo más eficiente que con la cabeza adelantada (Holland et al., 2020).

PRINCIPIOS DE BIOTENSEGRIDAD

El cuerpo humano es una integridad viva permitida por la organización fascial, incluido los líquidos y vísceras (Bordoni & Simonelli, 2019). Las propiedades de un sistema dado no pueden ser determinadas o explicadas únicamente por sus componentes, sino que es la complejidad del sistema

conjunto que determina cómo se comportan los componentes individuales (S L et al., 2018). Viendo como un todo y teniendo en cuenta la biofísica podemos asumir que todo el sistema postural está dirigido por factores de biotensegridad que permiten mecanismos compensatorios a nivel biomecánico. La cabeza es el segmento más distal del suelo, que una variante en su composición como el sistema estomatognático y su conjunción con la columna cervical puede ser un estímulo negativo constante.

El modelo de biotensegridad está ocupando lugar entre las teorías científicas sobre las interdependencias del cuerpo humano (Dischiavi et al., 2018) desde micro a nivel celular a macro hasta todo el sistema locomotor (Smit & Strong, 2020) dirigido por el sistema nervioso central como organizador de todos los mecanismos de regulación (Wagman et al., 2020). El tejido fascial divide, alimenta, sostiene, conecta y transporta mensajes para la fascia sólida a las diferentes partes del sistema corporal, el tejido fascial líquido se alimenta y transporta mensajes para la fascia sólida (Bordoni et al., 2018) pero aún necesita más investigaciones para saber cómo el tejido fascial cambia con respecto a la edad (Bordoni & Myers, 2020).

Nuestros resultados indican que las mayores actividades de los músculos del cuello en la cabeza adelantada podrían exigir más apoyo de los músculos del cuello y podría aumentar el riesgo de lesiones. El sistema tónico postural es un factor importante a analizar ya que los efectos de una mala postura en la mecánica muscular tienen un impacto a corto plazo (Robinson et al., 2020) y el manejo de la cabeza adelantada es esencial para evitar la sobrecarga de los músculos espinales (Alowa & Elsayed, 2021; Bokaei et al., 2017).

Hoy en día existen varias correlaciones entre diferentes segmentos del cuerpo humano con otras estructuras. La parte superior del cuerpo juega un papel activo en el freno de la marcha y este mecanismo se ve afectado en las mujeres mayores. El acoplamiento relacionado con la edad del

movimiento de la cabeza y el tronco puede producir un efecto de desequilibrio en la estabilidad de todo el cuerpo durante el mecanismo de frenado, lo que conduce a un mayor riesgo de caídas (Imaoka et al., 2020). Además, las orientaciones dirigidas de la cabeza y la mirada pueden influir en el rango articular de regiones específicas de la pelvis (Kunimura et al., 2019) columna durante una tarea de flexión hacia adelante, vinculando funcionalmente entre los cambios en la postura de flexión-extensión del cuello y el movimiento de flexión-extensión de la región toracolumbar de la columna (Beaudette et al., 2020; Singla & Veqar, 2017; Blum, 2019) y tratamientos complementarios del entrenamiento del control motor lumbar mejora la eficacia del entrenamiento del control motor del flexor cervical profundo en el dolor de cuello y postura de la cabeza hacia adelante (Khosrokiani et al., 2021). Además, es considerado la eficacia de la retroalimentación de control abdominal (Elabd et al., 2020) a los ejercicios de estabilización escapular demostró ser superior a los ejercicios de estabilización escapular por sí solos para disminuir el dolor de cuello (Nitayarak & Charntaraviroj, 2021) y restaurar la propiocepción, fuerza en mujeres con posturas de cabeza hacia adelante y hombros redondos y deterioro del movimiento del cuello (Shiravi et al., 2019). Los ejercicios dirigidos para cuello muestran una mejoría del ángulo craneovertebral, ángulo de inclinación de la cabeza y ángulo de inclinación frontal de la cabeza en poco tiempo (Szczygieł et al., 2019; Alghadir & Iqbal, 2021).

Estudios realizados con diferentes tipos de estímulos externos que representan claramente su respuesta a partir de cualquier segmento donde las respuestas posturales y musculares como respuesta a la estimulación aumenta la información propioceptiva por medio de órtesis para adultos mayores con hipercifosis (Hosseinabadi et al., 2020; Mousavi et al., 2020). La terapia eléctrica podría mejorar la alineación estructural como la distancia acromial y con el ángulo cráneo vertebral y en otro estudio se realizó la estimulación vestibular galvánica revelan un déficit vestibular en personas con escoliosis idiopática (Hatzilaridis et al., 2019) y se identificó un umbral motor objetivo para estimulación vestibular galvánica basado en la

aceleración de la cabeza en los participantes de pie (Mikhail et al., 2021). Además, también se demostró que un entorno de realidad virtual puede desencadenar el balanceo del cuerpo en una dirección esperada, lo que puede indicar que es posible mejorar la sensibilidad de la evaluación del equilibrio mediante la integración de entornos de realidad virtual inmersivos (Imaoka et al., 2020) señalando así que el cuerpo es capaz de responder a los estímulos con regulaciones propioceptivas, con respuestas positivas en ejercicios de flexión de los músculos cervicales profundos en pacientes con dolor de cabeza tensional y postura de la cabeza hacia adelante mejorará la calidad de vida y las actividades de la vida diaria al mitigar los dolores de cabeza y los trastornos del sueño (Choi, 2021; Khan et al., 2020). En el miembro inferior existen varios relacionamientos como la agudeza propioceptiva afecta a la postura y al miembro inferior (Rawcliffe et al., 2020). Además es afectado por la posición de la cabeza, puede ser instigada ergonómicamente o asociada con un desequilibrio de tobillo y pie (Blum, 2019) y en la flexibilidad de los isquiotibiales mejorando el ángulo craneovertebral y el rango articular cervical en sujetos con dolor de cuello con la aplicación la técnica de inhibición del músculo suboccipital y el ejercicio de flexión cráneo-cervical (Jeong et al., 2018). En otro estudio muestra la respuesta del musculo sóleo que fueron modulados por las señales vestibulares en la salida corticoespinal en los niveles pre-motoneuronal y motoneuronal durante la bipedestación (Nepveu et al., 2020).

Al mencionar la palabra biotensegridad estamos hablando de su participación activa en el medio de transmisión de fuerzas mecánicas a la membrana basal, que a través de las integrinas soporta el sistema de *tensegridad* y activa los mecanismos epigenéticos celulares. Se reveló la relación entre la actividad hemodinámica en el sistema vertebrobasilar y los cambios patobiomecánicos del sistema musculoesquelético en pacientes de corta edad. El papel patogénico principal en la aparición de trastornos hemodinámicos en la arteria vertebral pertenece a un estereotipo estático no óptimo en la región cervical en forma de desplazamiento del centro de gravedad regional hacia adelante con la formación de una posición de

cabeza hacia adelante (Jaroshevskiy et al., 2018). Existen otros estudios donde se relaciona la sangre y la linfa como parte del concepto de biotensegridad (Bordoni & Morabito, 2018).

En el miembro superior la postura de la cabeza hacia adelante parece estar relacionada con la cifosis torácica, el hombro redondeado (Seidi et al., 2021) y con la atrofia del músculo serrato anterior y trapecio superior (Khosravi et al., 2019), lo que puede contribuir al desarrollo de problemas en el hombro comprometiendo el balanceo de los miembros superiores durante la marcha.

MÉTODOS

Estrategias de búsqueda

Se realizó una revisión bibliográfica de la literatura electrónica desde el año 2017 hasta el año 2021. Las bases de datos electrónicas buscadas incluyeron PubMed, ResearchGate y SciELO. Se realizaron búsquedas con las palabras claves, “cabeza adelantada - Adultos mayores – Sistema estomatognático”, “cabeza adelantada y control motor”, “biotensegrity”, “postura y cabeza adelantada”

Proceso de selección de información

Se examinó inicialmente los títulos y resúmenes de los artículos resultantes, después de revisar los resúmenes, se examinaron los documentos de texto completo para determinar su relevancia y descartar los artículos que no tenían relación competente para el estudio.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron investigaciones experimentales, revisiones bibliográficas, estudio de casos, controles, longitudinal/cohorta, transversal, y se incluyeron estudios observacionales.

Inclusión: La población con cabeza adelantada, trastorno del sistema estomatognático, alineación de la columna vertebral, control motor y propioceptivo de cualquier parte del cuerpo con relación a la cabeza adelantada.

Exclusión: Las investigaciones que no lograron evaluar la cabeza adelantada y el sistema estomatognático con otras partes del cuerpo o desde el punto de vista neurocientífico. Todos los artículos que tienen como población principal niños, adolescentes.

Extracción y procesamiento de datos

La información fue registrada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, donde se asentó año de publicación, título, objetivos, muestra, resultado y conclusión. Posteriormente se realizó el análisis de datos categorizando en un mapa conceptual teniendo en cuenta cada eje de información, donde solo fueron resaltadas las informaciones relacionadas a bases neurocientíficas de la cabeza adelantada o su relación directa con el cuerpo humano.

RESULTADOS

En general, la literatura parece sugerir la existencia de sólidas bases neurocientíficas entre el sistema estomatognático y la posición de la cabeza en el adulto mayor, encontrando informaciones que implican equilibrio (Kanda et al., 2021), control postural anticipatorio, orientación sensorial y

marcha dinámica (Parrell et al., 2019; Imaoka et al., 2020). Los resultados de los estudios incluidos se describen bajo los siguientes títulos.

Bases neurocientíficas del sistema estomatognático y la cabeza adelantada con respecto a la postura

Las informaciones generales encontradas fueron basadas en control sensoriomotor anormal, disfunción sistema nervioso autónomo (Moustafa et al., 2020; Khan et al., 2020), que los pacientes eran propensos a atrapamientos periféricos y la disminución del potencial de acción del nervio sensorial y acción muscular (Celik et al., 2020; Vural et al., 2020).

Los efectos de la cabeza adelantada a todo el sistema producen cambios degenerativos en la columna, pérdida de densidad mineral ósea cadera y cuello femoral (Ghan & Babu, 2021; Hong Woo et al., 2019), cambios morfológicos a causa de la expansión torácica superiormente que contrae la zona abdominal afectando el sistema respiratorio. Además, produce degeneraciones sin manifestaciones sintomatológicas en el adulto mayor. En el sistema muscular se encontró que la regulación del costo metabólico con rendimiento muscular (Irving, 2017) y debilidad de músculos profundos de la cervical (Lafond & Cadieuk, 2008). Los filamentos delgados miden la señal de inicio del movimiento y los filamentos gruesos mide las condiciones mecánicas externas de la cabeza (Irving, 2017). En general las resistencias musculares son bajas principalmente en los músculos cervicales pero no tiene impacto en el tono y elasticidad (Kocur et al., 2019; Authié et al., 2017). Lo realmente llamativo fue la cantidad de información encontrada sobre la función respiratoria donde habla sobre los cambios morfológicos que afecta capacidad vital forzada-espирatoria (Kong et al., 2021), volúmenes de reserva, volumen espiratorio forzado a 1 segundo y flujo máximo. Además de los gases la disminución de la actividad de los músculos sinérgicos respiratorios (S. Kim et al., 2021) y músculos inferiores (Clavel et al., 2020). La alteración posturo-respiratorio con síndrome de apnea obstructiva del sueño

(inestabilidad de la las vías aéreas superiores) (Hong Woo et al., 2019). Teniendo en cuenta que en nuestro análisis incluimos el concepto de biotenseguridad también valoramos los cambios a partir de diferentes tipos de estímulos externos como la respuesta a agentes físicos, donde se observaron efectos positivos en vendaje neuromuscular más ejercicios y además la siguiente combinación de ejercicios: movilidad torácica, extensión cervical y columna cervical superior (Joshi et al., 2019), mejora con ejercicios de estabilización escapular (E. Lee & Lee, 2019; Nitayarak & Charntaraviroj, 2021), aumenta la fuerza con ejercicios de Maitland central, ejercicios de energía muscular excéntrica, ejercicios de control motor y Pilates. Menos respuestas favorables en Mc Kenzie y Kendall (Ali, 2020). Arrojaron resultados negativos en pacientes ACV (Jung An & Jun Park, 2021).

Biomecánica entre el sistema estomatognático con otras estructuras

En cuanto a la biomecánica se vio fuertemente relacionada el sistema estomatognático y la cabeza adelantada con la hipercifosis (Clavel et al., 2020), hiperlordosis (Cortese et al., 2017b), inclinación sacra y activación de factores compensatorios (Márquez et al., 2018). A nivel del estomatognático los trastornos temporomandibulares fueron relacionados con la inclinación pélvica, hombro alto y afección muscular (De Santillana et al., 2018). Las maloclusiones estuvieron relacionadas con menor actividad eléctrica muscular, alteraciones de las curvas fisiológicas de la columna y los esfuerzos fonatorios aumentados (Gilman & Johns, 2017). Las articulaciones se encontraron la disminución del ángulo cráneo vertebral especialmente en los adultos mayores con dentaduras postizas, cambio en la posición de la escápula, estrechez C0-C1 y posición hioidea elevada (Cortese et al., 2017a) y no tiene impacto en la rigidez (Fathollahnejad et al., 2019; Authié et al., 2017). Sobre la oclusión en sí habló de la traslación del disco mandibular (Bordoni & Matthew, 2021) y tuvo efecto sobre la función masticatoria y la activación neural en los músculos masticatorios especialmente poca respuesta de los músculos milohioideo (Holland et al., 2020). La fuerza se vio

disminuida en los adultos mayores con dentaduras postizas, disminución de la fuerza de la lengua (Alemany et al., 2021) y de músculos espiratorios y cambios del grosor del músculo masetero (Tavangar. Shiva et al., 2020). El complejo cervical superior afecta mecánicamente a la columna lumbar (Ríos Peralta, 2020), produce la horizontalización (Doan MacKinnon, 2020) de la mirada y mecano-sensibilidad tisular (Merinero et al., 2021; Martinez-Merinero et al., 2020).

Relación propioceptiva del sistema estomatognático con la cabeza

Suministra información sobre la orientación y el movimiento de la cabeza con el resto del cuerpo (De Nunzio et al., 2018), el sistema de feedback donde se demostró la activación neural en los músculos masticatorios/motoras SMD y RMD de la cabeza suficientes para propagar la onda en el resto del cuerpo (Izquierdo & Beer, 2018), la activación en los receptores sensitivos en la masticación llevando información al SNC para ser procesada en el neuro córtex y tallo encefálico para retornar por las vías eferentes al cuerpo y las actividades eléctricas en músculos superficiales del cuello (Aguirre-Siancas, 2017). En sistema auditivo contribuye con el control postural e influye en la marcha y en el sistema vestibular se demuestra un desequilibrio en la escoliosis (Parrell et al., 2019). La retroalimentación aferente somatosensorial se relaciona con la carga de las MMII (Hatzilaridis et al., 2019) y la coordinación sensoriomotora cambios angulares y lineales para la horizontalización de la mirada (Authié et al., 2017). En cuanto al dolor, la mayoría de los artículos hablan sobre el dolor crónico del cuello que está relacionada con la relación tamaño resistencia muscular. Esto influye en la coordinación sensoriomotora como se demostró la discrepancia entre hombros adelantados con la señal electromiográfica disminuida del masetero y digástrico (Espinoza et al., 2021; Tavangar. Shiva et al., 2020). La posición del hueso hioides ha sido relacionada con el dolor miofascial (Pettit & Auvenshine, 2018).

Principios de biotenseguridad en la cabeza adelantada

Las principales informaciones encontradas es la sobrecarga de la mecánica en músculos espinales (Khosrokiani et al., 2021; Bokaei et al., 2017) en el tronco superior afecta el aceleramiento y frenado de la marcha en el sistema tónico muscular y la influencia de la orientación de la mirada influye sobre la pelvis (Imaoka et al., 2020). Relaciones mecánicas de la flexo-extensión de cuello con flexo-extensión toraco-lumbar (Beaudette et al., 2020; Singla & Vejar, 2017; Blum, 2019). Los músculos flexores profundos del cuello incluso resultaron útiles para la evaluación de la cabeza adelantada en adultos mayores (Kanda et al., 2021). Sin embargo, diferencias significativas entre el desempeño de los flexores profundos del cuello durante la prueba de flexión craneocervical en pacientes con cabeza adelantada y en individuos con postura normal de la cabeza (Moghadam et al., 2018). Además, algunas conclusiones referirían que a mayor control motor lumbar mayor control motor cervical (Khosrokiani et al., 2021). Esta condición mejoraba con los ejercicios de estabilización escapular (Nitayarak & Charntaraviroj, 2021). La cabeza adelantada hace que el desplazamiento del centro de gravedad regional hacia delante tiende a la aparición de trastornos hemodinámicos de la arteria vertebral (Jaroshevskyi et al., 2018; Bordoni & Morabito, 2018). El ejercicio de cuello mejora ángulo cráneo-vertebral, ángulo de inclinación de la cabeza y ángulo de inclinación frontal. En poco tiempo se vieron instigados ergonómicamente o asociados al tobillo-pie (Blum, 2019). La flexibilidad de los isquiotibiales se relacionaba con el ángulo cráneo-vertebral (Jeong et al., 2018).

DISCUSIÓN

La presente revisión de la literatura se realizó para examinar las bases neurocientíficas entre el sistema estomatognático y la posición de la cabeza en el adulto mayor. La revisión identificó cuarenta y siete estudios que cumplieran con los criterios de inclusión especificados e investigó el impacto de cada eje de investigación que plantea la siguiente discusión.

Alteración del sistema sensoriomotor

El sistema sensoriomotor a nivel general implican equilibrio, control postural anticipatorio, orientación sensorial y marcha dinámica por lo que creemos que es básicamente el eje del control de la posición de la cabeza del adulto mayor. El sistema estomatognático cumple un rol fundamental en la transmisión de información al cerebro, la disfunción sistema nervioso autónomo (Moustafa et al., 2020; Khan et al., 2020), la disminución del potencial de acción del nervio sensorial y acción muscular, los nervios periféricos también son propensos a atrapamientos (Celik et al., 2020; Vural et al., 2020). El tamaño resistencia muscular, esto influye en la coordinación sensoriomotora como se demostró la discrepancia entre hombros adelantados con la señal electromiográfica disminuida del masetero y digástrico (Espinoza et al., 2021; Tavangar. Shiva et al., 2020). Como bien sabemos, a medida que el ser humano envejece va perdiendo la funcionalidad optima de sistemas básicos como el sistema auditivo y sistema visual y este contribuye con el control postural e influye en la marcha (Parrell et al., 2019). La retroalimentación y la coordinación sensoriomotora cambios angulares y lineales para la horizontalización de la mirada (Authié et al., 2017). La carga del miembro inferior se relaciona con la aferente somatosensorial (Hatzilaridis et al., 2019).

Afección del sistema respiratorio

Lo realmente llamativo fue la cantidad de información encontrada sobre la función respiratoria donde habla sobre los cambios morfológicos (Koseki et al., 2019) que afecta capacidad vital forzada-espiratoria, volúmenes de reserva, volumen espiratorio forzado a 1 segundo y flujo máximo (Zafar et al., 2018), además de los gases la disminución de la actividad de los músculos sinérgicos respiratorios (Hong Woo et al., 2019) y músculos inferiores. La alteración posturo-respiratorio con síndrome de apnea obstructiva del sueño (inestabilidad de la las vías aéreas superiores).

El sistema vestibular y los músculos masticatorios

El sistema vestibular es predominante para la orientación y el movimiento de la cabeza con el resto del cuerpo (De Nunzio et al., 2018). El feedback es claramente responsable del circuito entre el SNC y el sistema locomotor, la activación neural en los músculos masticatorios/motoras SMD y RMD de la cabeza suficientes para propagar la onda en el resto del cuerpo (Izquierdo & Beer, 2018), lo que hace que la activación en los receptores sensitivos en la masticación llevando información al SNC para ser procesada en el neuro córtex y tallo encefálico para retornar por las vías eferentes al cuerpo y las actividades eléctricas en músculos superficiales del cuello (Aguirre-Siancas, 2017). Este retorno y regulación de la información crea un balance en todo el cuerpo que de acuerdo a su interpretación de sus elementos y la estimulación externa puede sufrir cambios en la tensegridad del cuerpo.

Biotensegridad

Como sabemos, en la ciencia del movimiento del cuerpo humano se han sumado teorías que aún no prueban su relación directa una con otra, pero si encontramos evidencia que puede hacer un mapeo productivo para lo que respecta la cabeza adelantada en el adulto mayor. Desde la perspectiva macro se habla del tronco superior que afecta el aceleramiento y frenado de la marcha en el sistema tónico muscular y la influencia de la orientación

de la mirada influye sobre la pelvis (Imaoka et al., 2020). Los hallazgos un poco más claros que encontramos es la relación de diferentes métodos terapéuticos que tienen respuesta positiva para el mejor posicionamiento de cabeza demostrando su íntima relación con la posición y movimiento como las relaciones mecánicas de la flexo-extensión de cuello con flexo- extensión toraco-lumbar (Beaudette et al., 2020; Singla & Veqar, 2017; Blum, 2019). Se referirían que a mayor control motor lumbar mayor control motor cervical (Khosrokiani et al., 2021). Esta condición mejoraba con los ejercicios de estabilización escapular (Nitayarak & Charntaraviroj, 2021). El ejercicio de cuello mejora ángulo cráneo-vertebral, ángulo de inclinación de la cabeza y ángulo de inclinación frontal. En poco tiempo se vieron instigados ergonómicamente o asociados al tobillo-pie (Blum, 2019) y la cabeza adelantada hace que el desplazamiento del centro de gravedad regional hacia delante tiende a la aparición de trastornos hemodinámicos de la arteria vertebral (Jaroshevskyi et al., 2018; Bordoni & Morabito, 2018).

Implicaciones clínicas

La mayoría de los artículos considerados en la revisión informaron explicaciones neurocientíficas con respecto al sistema estomatognático y la cabeza adelantada. Fueron evidentes dos características, a saber, la vinculación sensorio-motora (Authié et al., 2017; Mahmoud et al., 2019; Khan et al., 2020) y la implicación de la función respiratoria (Blum, 2019; Koseki et al., 2019). Por lo tanto, la revisión refuerza la inclusión de la evaluación sensorio-mecánica en esta población vulnerable. Además, los hallazgos proporcionan la base conceptual para estudios que investigan la cabeza adelantada con el dolor de cuello en adultos mayores (Kong et al., 2021), ya que la mecánica se ve afectada por las regulaciones externas más aún en la población de adultos mayores con dentaduras postizas (Youngsook & Yongnam, 2020; Cortese et al., 2017a). Sin embargo, algunos estudios también informaron la ausencia de relación entre los músculos profundos del cuello con la cabeza adelantada.

Limitaciones

La revisión tiene algunas limitaciones. Se identificaron diversos métodos de estudio y medidas de resultado en los estudios y, por lo tanto, no se pudo realizar un metaanálisis. Como solo se determinó un ensayo prospectivo, no se encontraron muchos artículos que hablen sólidamente de adultos mayores, por lo tanto, no se pudo examinar profundamente la relación entre el sistema estomatognático y los adultos mayores.

Recomendaciones futuras

La evidencia actual sugiere que la cabeza adelantada, el sistema estomatognático tienen una relación sensoriomotor muy importante en la regulación del tono postural. Sin embargo, los estudios identificados en este tema son limitados. Además, el número de estudios que investigaron las contribuciones de la relación directa entre las variables es mínima. Por lo tanto, la investigación adicional con un diseño de estudio mas amplio podría ser útil para establecer claramente de como exactamente las informaciones eferentes colaboran en la posición de la cabeza del adulto mayor afectando su funcionalidad general. Por lo tanto, tampoco está claro el proceso de ambientación de la posición de la cabeza, o cual es la causa y efecto exacto de los intercambios de aferentes y eferentes nervioso.

CONCLUSIÓN

Se han encontrado informaciones significativas sobre las bases neurológicas del sistema estomatognático y la cabeza adelantada que hace hincapié en bases sólidas sobre la influencia del sistema sensoriomotor, su respuesta en el sistema respiratorio tanto en el proceso gaseoso como en la mecánica respiratoria, el sistema vestibular y los músculos masticatorios, como el masetero, el digástrico se ven afectadas por la posición de la cabeza adelantada, y finalmente información sobre conceptos de biotensegridad

afectando a los músculos espinales, trapecio, esternocleidomastoideo, escaleno anterior, isquiotibiales, sóleo. Las curvas fisiológicas se ven afectadas en la cifosis torácica, lordosis lumbar, ángulo sacral, inclinación pélvica, además, las densidades de la mineralización ósea se vieron afectadas. Los adultos mayores con dentaduras postizas son los más vulnerables a este trastorno. Sin embargo, la mayoría de la información procesada no tiene una explicación concreta sobre el sistema estomatognático y la cabeza. Por lo tanto, la revisión favorece respectivamente que las bases neurológicas del sistema estomatognático y la cabeza adelantada son influidas por los estímulos externos y son reguladas por el sistema sensoriomotor.

RECONOCIMIENTOS

Para adecuarse al estilo de publicación de la Revista UniNorte de Medicina y Ciencias de la Salud (<https://investigacion.uninorte.edu.py/rev-un-med>), el contenido original ha sido modificado por la Oficina Editorial (editorial@uninorte.edu.py).

Correspondencia: Mg. Katterine N. Ríos Peralta, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Norte, Asunción, Paraguay (katterine.rios.262@docentes.uninorte.edu.py).

Fecha de recepción: 18 de mayo de 2022

Fecha de aceptación: 28 de mayo de 2022

Fecha de publicación: 28 de julio de 2022

Conflicto de intereses: No se informó ningún conflicto de intereses potencial relevante para este artículo.

REFERENCIAS

Aguirre-Siancas, E. E. (2017). Bases neurocientíficas de la función masticatoria y su efecto sobre el estrés y las funciones cognitivas. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*, 55, 9–17. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92272017000100002

Aleman, A., Acosta, A., Juárez, D., Martí, L., & Sánchez, J. (2021). Influence of the Craniocervical Posture on Tongue Strength and Endurance. *Dysphagia*, 36(2), 293–302.

Alghadir, A., & Iqbal, Z. (2021). Effect of Deep Cervical Flexor Muscle Training Using Pressure Biofeedback on Pain and Forward Head Posture in School Teachers with Neck Pain: An Observational Study. *BioMed Research International*, 1–6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8164544/pdf/BMRI2021-5588580.pdf>

Ali, B. (2020). COMPARISON BETWEEN MCKENZIE EXTENSION AND NECK ISOMETRIC EXERCISES IN THE MANAGEMENT OF NONSPECIFIC NECK PAIN A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL. *ResearchGate*.

Alowa, Z., & Elsayed, W. (2021). The impact of forward head posture on the electromyographic activity of the spinal muscles. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 16(2), 224–230.

Authié, C., Sahel, J., & Safran, A. (2017). Adaptive Gaze Strategies for Locomotion with Constricted Visual Field. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 1–27.

Balbás-Álvarez, L., Candelas-Fernández, P., Del Corral, T., La Touche, R., & López, I. (2018). Effect of Manual Therapy, Motor Control Exercise, and Inspiratory Muscle Training on Maximum Inspiratory Pressure and Postural Measures in Moderate Smokers: A Randomized Controlled Trial. *Journal of*

Manipulative and Physiological Therapeutics, 41(5), 372–382.

Beaudette, S., Briar, K., Mavor, M., & Graham, R. (2020). The effect of head and gaze orientation on spine kinematics during forward flexion. *Human Movement Science*, 70(102590).

Blum, C. (2019). The many faces of forward head posture: the importance of differential diagnosis. *Cranio*, 37(3), 143–146.

Bokaee, F., Rezasoltani, A., Manshadi, F., Naimi, S., Baghban, A., & Azimi, H. (2017). Comparison of cervical muscle thickness between asymptomatic women with and without forward head posture. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 21(3), 206–211.

Bordoni, B., Marelli, F., Morabito, B., & Castagna, R. (2018). A New Concept of Biotensegrity Incorporating Liquid Tissues: Blood and Lymph. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, 23, 1–10.

Bordoni, B., & Matthew, V. (2021). Anatomy, Head and Neck, Temporomandibular Joint. In: *StatPearls*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30860721/>

Bordoni, B., & Morabito, B. (2018). Meaning of the Solid and Liquid Fascia to Reconsider the Model of Biotensegrity. *Cureus*, 10(7), 1–10.

Bordoni, B., & Myers, T. (2020). A Review of the Theoretical Fascial Models: Biotensegrity, Fascintegrity, and Myofascial Chains. *Cureus*, 12(2), 1–12.

Bordoni, B., & Simonelli, M. et. al. (2019). Biotensegrity or Fascintegrity? *Cureus*, 11.

Cavalcante, B., Cristoff, K., & de Lima Santos, A. (2021). *Influence of Temporomandibular Disorder in the Stomatognathic System: Electromyography, Mandibular Movements and Articular Sounds Analysis*.

Celik, T., Duyur, B., Nacir, B., Genc, H., Onat, M., & Karagoz, A. (2020). Neurodynamic evaluation and nerve conduction studies in patients with forward head posture. *Acta Neurológica Belgica*, 120(3), 621–628.

Cheon, S., & Park, S. (2017). Changes in neck and upper trunk muscle activities according to the angle of movement of the neck in subjects with forward head posture. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(2), 191–193.

Cho, J., Lee, E., & Lee, S. (2017). Upper thoracic spine mobilization and mobility exercise versus upper cervical spine mobilization and stabilization exercise in individuals with forward head posture: a randomized clinical trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(525), 1–10.

Choi, W. (2021). Effect of 4 Weeks of Cervical Deep Muscle Flexion Exercise on Headache and Sleep Disorder in Patients with Tension Headache and Forward Head Posture. *Journal of Environmental Research and Public Health*, 1–11.

Clavel, L., Rémy-Neris, S., Rouch, P., & Lespert, Y. (2020). Cervical Spine Hyperextension and Altered Posturo-Respiratory Coupling in Patients With Obstructive Sleep Apnea Syndrome. *Frontiers in Medicine*, 70, 1–10.

Cortese, S., Mondello, A., Galarza, R., & Biondi, A. (2017a). Postural alterations as a risk factor for temporomandibular disorders. *Acta Odontol. Latinoam*, 30(2), 57–61.

Cortese, S., Mondello, A., Galarza, R., & Biondi, A. (2017b). Postural alterations as a risk factor for temporomandibular disorders. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 30(2), 57–61.

Cota Aroeira, R., Moreira Moraes, R., de Melo Pertence, A., & Greco, M. (2017). Relationship between head posture and lumbar curve in a sitting position: a biomechanical study. *Fisioter. Mov.*, 30(3), 453–461.

De Nunzio, A., Yavuz, U., Martinez-Valdes, E., & Falla, D. (2018). Electro-tactile stimulation of the posterior neck induces body anteropulsion during upright stance. *Experimental Brain Research*, 236, 1471–1478.

De Santillana, I., Juárez, A., Vázquez, J., & Aquino, A. (2018). Frequent postural alterations in patients with different types of temporomandibular disorders. *Revista de Salud Publica (Bogota, Colombia)*, 20(3), 384–389.

Dietrich, H., Heidger, F., Schniepp, R., MacNeilage, P., Glasauer, S., & Wuehr, M. (2020). Head motion predictability explains activity-dependent suppression of vestibular balance control. *Scientific Reports*, 10(668), 1–10.

Dischiavi, S., Wright, A., Hegedus, E., & Bleakley, C. (2018). Biotensegrity and myofascial chains: A global approach to an integrated kinetic chain. *Medical Hypotheses*, 10, 90–96.

Doan MacKinnon, C. (2020). Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. In *Handbook Clinical Neurology*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30482322/>

Elabd, A., Rasslan, S., Elhafez, H., Elabd, O., Behiry, M., & Elerian, A. (2020). Efficacy of Integrating Cervical Posture Correction With Lumbar Stabilization Exercises for Mechanical Low Back Pain: A Randomized Blinded Clinical Trial. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(37), 43–51.

Elizagaray-Garcia, I., Beltran-Alacreu, H., Angulo-Díaz, S., Garrigós-Pedron, M., & Gil-Martínez, A. (2020). Chronic Primary Headache Subjects Have Greater Forward Head Posture than Asymptomatic and Episodic Primary Headache Sufferers: Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Medicine*, 21(10), 2465–2480.

Elżbieta Szczygieł, Fudacz, N., Golec, J., & Golec, E. (2020). The impact of the position of the head on the functioning of the human body: a systematic review. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 33, 559. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32713947/>

Espinoza, S., Peirano, G., Tapia, N., Venega, P., & Marfull, N. (2021). Symmetrical activity of the chewing muscles and its relationship with skeletal class and body posture. *Cranio*, 9, 1–8.

Fathollahnejad, K., Letafatkar, A., & Hadadnezhad, M. (2019). The effect of manual therapy and stabilizing exercises on forward head and rounded shoulder postures: a six-week intervention with a one-month follow-up study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20(86), 1–8.

Florentino, L., Ferracni, G., Chaves, T., Palacios-Ceña, M., Ordás-Bandera, C., Speciali, J., Grossi, D., & Fernández-de-Las-Peñas, C. (2018). Analysis of Head Posture and Activation of the Cervical Neck Extensors During a Low-Load Task in Women With Chronic Migraine and Healthy Participants. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 41(9), 762–770.

Forbes, P. A., Chen, A., & Blouin, J.-S. (2018). Sensorimotor control of standing balance. *Handbook Clinical of Neurology*, 159, 61–183. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444639165000045?via%3Dihub>

Fuentes-Casanova, F. ernando A. (2018). Conocimientos actuales para el entendimiento del bruxismo. Revisión de la literatura. *Revista ADM*, 180–186. <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2018/od184c.pdf>

Ghamkhar, L., & Hossein Kahladee, A. (2019). Is forward head posture relevant to cervical muscles performance and neck pain? A case-control study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(4), 346–354.

Ghan, G., & Babu, V. (2021). Immediate Effect of Cervico-thoracic Mobilization on Deep Neck Flexors Strength in Individuals with Forward Head Posture: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Manual and Manipulative Therapy*, 29(3), 147–157.

Gillani, S., Rehman, S., & Masood, T. (2020). Effects of eccentric muscle energy technique versus static stretching exercises in the management of cervical dysfunction in upper cross syndrome: a randomized control trial. *Journal Of Pakistan Medical Association*, 70(3), 394–398.

Gilman, M., & Johns, M. (2017). The Effect of Head Position and/or Stance on the Self-perception of Phonatory Effort. *Journal of Voice*, 31(1), 131–131.

González Rodríguez, Suami Llanes Rodríguez, Maiyelin Pedroso Ramos, L. (2017). Modificaciones de la oclusión dentaria y su relación con la postura corporal en Ortodoncia. Revisión bibliográfica. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 16(ISSN 1729-519X), 371. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2017000300008

González Rodríguez, Suami Maiyelin Llanes Rodríguez, L. P. R. (2017). Modificaciones de la oclusión dentaria y su relación con la postura corporal en Ortodoncia. Revisión bibliográfica. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 16. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2017000300008

Hatzilaridis, I., Hatzitaki, V., Antoniadou, N., & Samoladas, E. (2019). Postural and muscle responses to galvanic vestibular stimulation reveal a vestibular deficit in adolescents with idiopathic scoliosis. *The European Journal of Neuroscience*, 50(10), 3614–3626.

Hernández-Reyes, B., Lazo-Nodarse, R., & Bravo-Cano, O. (2020). Trastornos temporomandibulares en el sistema estomatognático del paciente adulto mayor. *ResearchGate*.

Holland, T., Babyar, S., Carroll, B., Hunt, S., Albright, K., & Wnukowski, M. (2020). A preliminary study of the influence of sagittal plane neck alignment on mylohyoid activity during oropharyngeal swallowing: A surface electromyographic analysis. *Cranio*, 38(1), 43–49.

Hong Woo, S., Lee Keun, J., & Kang. Jeong-Hyun. (2019). Relationship among Cervical Spine Degeneration, Head and Neck postures, and Myofascial Pain in Masticatory and Cervical Muscles in Elderly with Temporomandibular Disorder. *Arch Gerontol Geriatr*, 81, 119–128.

Hosseinabadi, M., Kamyab, M., Azadinia, F., & Sarrafzadeh, J. (2020). Effect of a Spinomed orthosis on balance performance, spinal alignment, joint position sense and back muscle endurance in elderly people with hyperkyphotic posture: A randomized controlled trial. *Randomized Controlled Trial*, 44(4), 234–244.

Hürer, C., Angin, E., & Tüzün, E. (2021). Effectiveness of clinical Pilates and home exercises in sagittal cervical disorientation: randomized controlled study. *Journal of Comparative Effectiveness Research*, 10(5), 365–380.

Imaoka, Y., Saba, N., Vanhoostenberghe, A., & de Bruin, E. (2020). Triggering Postural Movements With Virtual Reality Technology in Healthy Young and Older Adults: A Cross-Sectional Validation Study for Early Dementia Screening. *Frontiers in Medicine*, 7, 1–17.

Inae Gadotti, Kimani Hicks, Eric Koscs, Bryanna Lynn, Jansen Estrazulas, and Civitella, F. (2020). Electromyography of the masticatory muscles during chewing in different head and neck posture - A pilot study. *Journal Oral Biology and Craniofacial Research*, 10. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7016279/>

Irving, M. (2017). Regulation of Contraction by the Thick Filaments in Skeletal Muscle. *Biophysical Journal*, 113, 2579–2594. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5770512/pdf/main.pdf>

Izquierdo, E., & Beer, R. (2018). From head to tail: a neuromechanical model of forward locomotion in *Caenorhabditis elegans*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 373(1758).

Jaroshevskiy, O., Logvinenko, A., Morozova, O., & Lipinskaya, Y. (2018). FEATURES OF HEMODYNAMICS IN VERTEBROBASILAR ARTERIAL SYSTEM IN YOUNG PEOPLE, DEPENDING ON BIOMECHANICAL DISORDERS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM. *Georgian Medical News*, 48–53.

Jeong, E.-D., Kim, C.-Y., Kim, S.-M., Lee, S.-J., & Kim, H.-D. (2018). Short-term effects of the suboccipital muscle inhibition technique and cranio-cervical flexion exercise on hamstring flexibility, cranio-vertebral angle, and range of motion of the cervical spine in subjects with neck pain: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31(6), 1025–1034.

Joshi, S., Balhithlaya, G., & Neelapala, R. (2019). Thoracic Posture and Mobility in Mechanical Neck Pain Population: A Review of the Literature. *Asian Spine Journal*, 13(5), 849–860.

Jung An, H., & Jun Park, S. (2021). Effects of Cervical Spine Mobilization on Respiratory Function and Cervical Angles of Stroke Patients: A Pilot Study. *Healthcare*, 9(377), 1–9.

Kanda, M., Kitamura, T., & Sato, N. (2021). Cervicothoracic spinal alignment and neck flexor muscle endurance in young and older adult females with and without neck and shoulder pain . *The Journal of Physical Therapy Science*, 33, 489–494.

Kang, J., Jeong, D.-K., & Choi, H. (2018). Correlation between pulmonary functions and respiratory muscle activity in patients with forward head posture. *The Journal of Physical Therapy Science*, 30, 132–135.

Khan, A., Khan, Z., Bhati, P., & Hussain, E. (2020). Influence of Forward Head Posture on Cervicocephalic Kinesthesia and Electromyographic Activity of Neck Musculature in Asymptomatic Individuals. *National University of Health Sciences*, 19(4), 230–240.

Khosravi, F., Peolsson, A., Karimi, N., & Rahn timer, L. (2019). Scapular Upward Rotator Morphologic Characteristics in Individuals With and Without Forward Head Posture: A Case-Control Study. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 38(2), 337–345.

Khosrokiani, Z., Letafatkar, A., & Gladin, A. (2021). Lumbar motor control training as a complementary treatment for chronic neck pain: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 2.

Kim, D., Kim, C.-J., & Son, S.-M. (2018). Neck Pain in Adults with Forward Head Posture: Effects of Craniovertebral Angle and Cervical Range of Motion. *Osong Public Health and Research Perspectives*, 9(6), 309–313.

Kim, J., Kim, S., Shim, J., & Kim, H. (2018). Effects of McKenzie exercise, Kinesio taping, and myofascial release on the forward head posture. *The Journal of Physical Therapy Science*, 30, 1103–1107.

Kim, M.-S., Cha, Y. J., & Choi, J.-D. (2017). Correlation between forward head posture, respiratory functions, and respiratory accessory muscles in young adults. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(40), 711–715.

Kim, S., Man An, C., Sang Cha, Y., & Hyun Kim, D. (2021). Effects of sling-based manual therapy on cervicothoracic junction in patients with neck pain and forward head posture: A randomized clinical trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 447–454.

Kocur, P., Wilski, M., Goliwqs, M., Lewandowski, J., & Łochyński, D. (2019). Influence of Forward Head Posture on Myotonometric Measurements of Superficial Neck Muscle Tone, Elasticity, and Stiffness in Asymptomatic Individuals With Sedentary Jobs. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 42(3), 195–202.

Kong, S., Park, K., Chung, Y.-S., Choi, Y., & Kang, J.-H. (2021). Bone mineral density, cervical spine degeneration, head and neck posture, and neck pain in the post-menopausal females: A pilot study. *PLoS ONE*, 16(9).

Koseki, T., Kakizaki, F., Hayashi, S., Nishida, N., & Itoh, M. (2019). Effect of forward head posture on thoracic shape and respiratory function. *The Journal of Physical Therapy Science*, 31, 63–68.

Kuć, J., Szarejko, K., & Gołbiewska, M. (2021). Comparative Evaluation of Occlusion before and after Soft Tissue Mobilization in Patients with Temporomandibular Disorder—Myofascial Pain with Referral. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6568), 1–21.

Kunimura, H., Matsuoka, M., Hamada, N., & Hiraoka, K. (2019). Effort to perceive the position of one visual horizontal line relative to another appearing close causes an earlier postural response to backward perturbation. *Neuroreport*, 30(3), 151–156. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30703071/>

Kuo, Y., Lee, T., & Tsai, Y. (2020). Evaluation of a Cervical Stabilization Exercise Program for Pain, Disability, and Physical Impairments in University Violinists with Nonspecific Neck Pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15).

Lafond, D., & Cadieux, R. (2008). Rehabilitation program for traumatic chronic cervical pain associated with unsteadiness: A single case study. *Chiropractic & Osteopathy*, 16(1), 15.

Lee, E., & Lee, S. (2019). Impact of Cervical Sensory Feedback for Forward Head Posture on Headache Severity and Physiological Factors in Patients with Tension-type Headache: A Randomized, Single-Blind, Controlled Trial. *Medicine Science*, 25, 9572–9584.

Lee, J., Kim, D., Yu, K., Cho, Y., & You, J. (2018). Comparison of isometric cervical flexor and isometric cervical extensor system exercises on patients with neuromuscular imbalance and cervical crossed syndrome associated forward head posture. *Biomed Materials and Engineering*, 29(3), 289–298.

Letafatkar, A., Rabiei, P., Alamooti, G., Bertozzi, L., Farivar, N., & Afshari, M. (2020). Effect of therapeutic exercise routine on pain, disability, posture, and health status in dentists with chronic neck pain: a randomized controlled trial. *Int Arch Occup Environ Health*, 93(3), 281–290.

Louza, J., Rösel, C., Gürkov, R., Krause, E., & Ihler, F. (2019). Influence of Cochlear Implantation on Postural Control and Risk of Falls. *Audiology and Neuro-Otology*, 24(5), 245–252.

Mahmoud, N., Hassan, K., Abdelmajeed, S., Moustafa, I., & Silva, A. (2019). The Relationship Between Forward Head Posture and Neck Pain: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 12(4), 562–577.

Márquez, P., Torres, J., Valenza, M., Rubio, A., Ariza-Mateos, M., & Cabrera-Martos, I. (2018). Balance ability and posture in postmenopausal women with chronic pelvic pain. *Menopause (New York)*, 25(7), 783–788.

Martinez-Merineró, P., Nuñez-Nagy, S., Achalandabaso-Ochoa, A., Fernandez-Matias, R., Pecos- Martín, D., & Gallego-Izquierdo, T. (2020). Relationship between Forward Head Posture and Tissue Mechanosensitivity: A Cross-Sectional Study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(634), 1–11.

Merinero, P., Tarancón, F., Montañez-Aguilera, J., Nuñez-Nagy, S., Pecos-Martín, D., Fernández- Matías, R., Achalandabaso-Ochoa, A., Fernández-Carnero, S., & Gallego-Izquierdo, T. (2021). Interaction between Pain, Disability, Mechanosensitivity and Cranio-Cervical Angle in Subjects with Cervicogenic Headache: A Cross-Sectional Study. *Journal of Clinical Medicine*, 10(159), 1– 10.

Michalska, J., Kamieniarz, A., Brachman, A., Marszałek, W., Cholewa, J., Juras, G., & Słomka, K. (2020). Fall-related measures in elderly individuals and Parkinson's disease subjects. *PLoS ONE*, 15(8), 1–12.

Mikhail, Y., Charron, J., Mac-Thiong, J.-M., & Barthélemy, D. (2021). Assessing head acceleration to identify a motor threshold to galvanic vestibular stimulation. *Journal of Neurophysiology*, 125(6), 2191–2205.

Moghadam, R., Rahn timer, L., Karimi, N., Amiri, M., & Rahn timer, M. (2018). An ultrasonographic investigation of deep neck flexor muscles cross-sectional area in forward and normal head posture. *Journal of Body and Movement Therapies*, 22(3), 643–647.

Mousavi-Khatir, R., Talebian, S., Toosizadeh, N., Reaza, G., & Maroufi, N. (2018). Disturbance of neck proprioception and feed-forward motor control following static neck flexion in healthy young adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 41, 160–167.

Mousavi, M., Mousavi, E., Bani, M., Aboutorabi, A., Zare, H., Head, J., Yeghaneh, M., & Ahmadi, E. (2020). The effect of a semi-rigid thoracolumbosacral orthosis (TLSO) on foot pressure in elderly subjects presenting with spinal hyperkyphosis. *Disabil Rehabil Assist Technol*, 15(2), 205–210.

Moustafa, I., Youssef, A., Ahbouch, A., Tamim, M., & Harrison, D. (2020). Is forward head posture relevant to autonomic nervous system function and cervical sensorimotor control? Cross sectional study. *Gait and Posture*, 77, 29–35.

Nepveu, J.-F., Mikhail, Y., Pion, C., Gossard, J., & Barthelemy, D. (2020). Assessment of vestibulocortical interactions during standing in healthy subjects. *PLoS ONE*, 15(6), 1–25.

Nitayarak, H., & Charntaraviroj, P. (2021). Effects of scapular stabilization exercises on posture and muscle imbalances in women with upper crossed syndrome: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 10(3233).

Overbeek, C., Geurkink, T., Groot, F., Klop, I., Nagels, J., Nelissen, R., & de Groot, J. (2021). Shoulder movement complexity in the aging shoulder: A cross-sectional analysis and reliability assessment. *Journal of Orthopaedic Research*, 39(10), 2217-2225.

Parrell, B., Ramanarayanan, V., Nagarajan, N., & Houde, J. (2019). The FACTS model of speech motor control: Fusing state estimation and task-based control. *PLOS Computational Biology*, 15(9), 1–26.

Pastore, T., Natale, S., Yost, W., & Dorman, M. (2018). Head movements allow listeners bilaterally implanted with cochlear implants to resolve front-back confusions. *Department of Speech and Hearing Science*, 39(6), 1224–1231.

Patwardhan, A., Khayatzadeh, S., Havey, R., Voronov, L., Smith, Z., Kalmanson, O., Ghanayem, A., & Sears, W. (2018). Cervical sagittal balance: a biomechanical perspective can help clinical practice. *European Spine Journal*, 25–38.

Pettit, N., & Auvenshine, R. (2018). Change of hyoid bone position in patients treated for and resolved of myofascial pain. *Cranio*, 38(2), 74–90.

Rawcliffe, A., Hinde, K., Graham, S., Martindale, R., Morrison, A., Krajewski, K., & Connaboy, C. (2020). Altered Dynamic Postural Stability and Joint Position Sense Following British Army Foot-Drill. *Front. Sports Act. Living*, 2, 1–9.

Ríos Peralta, K. R. (2020). Relación de los trastornos posturales del sistema estomatognático con las patologías de la columna lumbar, en pacientes adultos del servicio de fisioterapia y rehabilitación del Hospital Militar Central de las Fuerzas Armadas. *Rev. Cient. Estud. Investig.*, 10, 74–89.

Robinson, M., Tan, Y., Goonewardena, K., Guo, X., & Mareels, I. (2020). Effective Assessments of a Short-Duration Poor Posture on Upper Limb Muscle Fatigue Before Physical Exercise. *Frontiers in Physiology*, 11, 1–10.

S L, D., A A, W., Hegedus, E. J., & C M, B. (2018). Biotensegrity and myofascial chains: A global approach to an integrated kinetic chain. *Medical Hypotheses*, 110, 90–96.

Seidi, F., Yazdan, S., & Haghighi, S. (2021). Effect of Corrective Exercises on Alignment of Head and Shoulder and Balance in Women Suffering from Cervicogenic Headache, Forward Head, and Rounded Shoulder Complex. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 10(2), 258–272.

Sheikh Hoseini, R., Shahrbanian, S., Sayyadi, P., & O'Sullivan, K. (2018). Effectiveness of Therapeutic Exercise on Forward Head Posture: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*, 41(6), 530–539.

Shiravi, S., Letafatkar, A., Bertozzi, L., Pillastrini, P., & Khaleghi Tazji, M. (2019). Efficacy of Abdominal Control Feedback and Scapula Stabilization Exercises in Participants With Forward Head, Round Shoulder Postures and Neck Movement Impairment. *Randomized Controlled Trial*, 11(3), 272–279.

Singla, D., & Veqar, Z. (2017). Association Between Forward Head, Rounded Shoulders, and Increased Thoracic Kyphosis: A Review of the Literature. *National University of Health Sciences*, 1–10.

Smit, H., & Strong, P. (2020). Structural Elements of the Biomechanical System of Soft Tissue. *Cureus*, 12(4), 1–14.

Solakoğlu, Ö., Yalçın, P., & Dinçer, G. (2020). The effects of forward head posture on expiratory muscle strength in chronic neck pain patients: A cross-sectional study. *Turk J Phys Med Rehab*, 66(2), 161–168.

Szczygieł, E., Sieradzki, B., Masłoń, A., Golec, J., Czechowska, D., Węglarz, K., Szczygieł, R., & Golec, E. (2019). Assessing the impact of certain exercises on the spatial head posture. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 32(1), 43–51.

Tavangar. Shiva, Taghizadeh, C., Mirmohammadkhani, M., & Bagheri, R. (2020). Comparison of Ultrasonic Thickness of Masseter Muscle Between Individuals With and Without Severe Forward Head Posture: A Cross-Sectional Study. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*, 43(6), 627–634.

Tay, D., & Pang, K. (2018). Clinical phenotype of South-East Asian temporomandibular disorder patients with upper airway resistance syndrome. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(1), 25–33.

Vural, S., Kaplan, B., Nacir, B., Duyur-Cakit, B., Ceceli, E., & Genç, H. (2020). The effects of head posture on nerve conduction studies in patients with ankylosing spondylitis. *Acta Neurológica Belgica*, 120(3), 669–676.

Wagman, J., Hartling, S., & Mason, J. (2020). Selective perception in probing by foot: Perceiving the length of a probe and the distance of a probed surface. *Acta Psychologica*, 209(103137).

Wider, C., Mitra, S., Andrews, M., & Boulton, H. (2020). Age-related differences in postural adjustments during limb movement and motor imagery in young and older adults. *Experimental Brain Research*, 771–787.

Youngsook, B., & Yongnam, P. (2020). Head Posture and Postural Balance in Community-Dwelling Older Adults Who Use Dentures. *Medicina Kaunas*, 56. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7600821/>

Zafar, H., Albarrati, A., Alghadir, A., & Iqbal, Z. (2018). Effect of Different Head-Neck Postures on the Respiratory Function in Healthy Males. *BioMed Research International*, 1–4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6077663/pdf/BMRI2018-4518269.pdf>