



**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN MEDICINA**

Título del TFG: Relación entre la resistencia nasal, la extensión cervical y el centro corporal de gravedad.

AUTOR: Miguel Rodríguez Iglesias

TUTOR: Carlos Santiago Martín Martín

COTUTOR 1: Gabriel Adolfo Martínez Capoccioni

COTUTOR 2: Christian Ezequiel Calvo Henríquez

Departamento: Cirugía y Especialidades Médico-Quirúrgicas

Curso académico 2019 - 2020

Convocatoria: Julio

Índice

1. AGRADECIMIENTOS.....	1
2. RESUMEN	2
3. INTRODUCCIÓN	3
3.1. CONCEPTOS GENERALES	3
3.1.1. CONCEPTO DE POSTURA	3
3.1.2. POSICIÓN NATURAL DE LA CABEZA	4
3.1.3. POSTURA Y RESPIRACIÓN NASAL	4
3.1.4. POSTURA, DOLOR CERVICAL Y DOLOR LUMBAR.....	5
3.1.5. OTRAS CONSECUENCIAS NEGATIVAS DE LA RESPIRACIÓN ORAL.....	6
3.2. ESTUDIO POSTURAL	8
3.2.1. PRUEBAS ESTÁTICAS	8
3.2.1.1. Análisis visual.	8
3.2.1.2. Fotografía.....	9
3.2.1.3. Fotogrametría.	9
3.2.1.4. Rasterstereografía.....	9
3.2.1.5. Goniometría.....	9
3.2.1.6. Radiografía	9
3.2.2. PRUEBAS DINÁMICAS.....	10
3.2.2.1. Inclinómetros	10
3.3. INSUFICIENCIA RESPIRATORIA NASAL. OBSTRUCCIÓN NASAL.	11
3.3.1. PRUEBAS DE FUNCIÓN NASAL.....	12
3.3.1.1. Evaluación subjetiva	12
3.3.1.1.1. Paciente-dependiente	12
3.3.1.1.2. Médico dependiente	12
3.3.1.2. Evaluación objetiva.....	13
3.3.1.2.1. Rinohigrometría.	13
3.3.1.2.2. Pico flujo nasal (PNIF/PNEF).....	14
3.3.1.2.3. Espirometría nasal	14
3.3.1.2.4. Rinomanometría.....	15
3.3.1.2.5. Rinometría acústica	16
3.3.1.2.6. Estudios de imagen: TC y RM	17
3.3.1.2.7. Simulación mediante dinámica de fluidos computacional con TC (CFD-TC).....	17
4. MÉTODOS.....	18
4.1. ÁMBITO DE ESTUDIO	18
4.2. CAPTACIÓN DE PARTICIPANTES. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	18
4.2.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PARTICIPANTES.....	18

4.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN DE PARTICIPANTES	18
4.3. PERIODO DE ESTUDIO.....	18
4.4. JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL	18
4.5. MEDICIONES E INTERVENCIONES. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	19
4.5.1. HISTORIA CLÍNICA Y ANAMNESIS.....	19
4.5.1.1. Dolor cervical y dolor lumbar.....	19
4.5.1.2. Motivo de consulta	19
4.5.1.3. Preferencia unilateral de la masticación	19
4.5.2. RADIOGRAFÍAS.....	19
4.5.2.1. Lordosis cervical.....	20
4.5.2.2. Proyección anterior cefálica (FHP)	21
4.5.2.3. Lordosis lumbar.....	22
4.5.3. POSTUROGRAFÍA DINÁMICA	22
4.5.4. RINOMANOMETRÍA	23
4.6. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
<u>5. RESULTADOS</u>	<u>25</u>
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	25
5.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS ESTUDIADAS	25
5.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS.....	25
5.1.2.1. Dolor cervical y lumbar.....	25
5.1.2.2. Motivo de consulta	25
5.1.2.3. Obstrucción nasal.....	26
5.1.2.4. Centro corporal de gravedad	26
5.1.2.5. Preferencia unilateral de la masticación	26
5.2. ANÁLISIS DE LA MUESTRA	26
5.2.1. MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES CUANTITATIVAS.....	26
5.2.2. RELACIÓN ENTRE EL DESPLAZAMIENTO DEL ANTEROPOSTERIOR DEL CDG Y LA RESISTENCIA NASAL EN FUNCIÓN DE LA EDAD.....	28
5.2.3. RELACIÓN ENTRE RESISTENCIA NASAL Y MOTIVO DE CONSULTA.....	28
5.2.4. OBSTRUCCIÓN NASAL Y PATRONES RADIOGRÁFICOS.....	28
5.2.5. DOLOR Y EDAD.....	29
5.2.6. ASOCIACIÓN ENTRE PATRONES DE DOLOR.....	29
5.2.7. DOLOR CERVICAL / LUMBAR Y CENTRO CORPORAL DE GRAVEDAD SAGITAL	30
5.2.8. DOLOR Y RESISTENCIA NASAL.....	31
5.2.9. PREFERENCIA UNILATERAL DE MASTICACIÓN Y DESPLAZAMIENTO LATERAL DEL CENTRO CORPORAL DE GRAVEDAD	31
<u>6. DISCUSIÓN</u>	<u>32</u>
6.1. RESISTENCIA NASAL Y COLUMNA CERVICAL.....	32
6.2. FHP Y COLUMNA CERVICAL	33
6.3. RESISTENCIA NASAL EN FUNCIÓN DEL MOTIVO DE CONSULTA	33
6.4. RESISTENCIA NASAL Y CENTRO CORPORAL DE GRAVEDAD.....	34

6.5. DOLOR Y ALTERACIONES POSTURALES.....	35
6.6. RESISTENCIA NASAL Y DOLOR.....	36
6.7. PAPEL DE LA EDAD.....	36
6.8. MASTICACIÓN Y DESPLAZAMIENTO LATEROLATERAL DEL CDG.....	37
6.9. EVALUACIÓN CRÍTICA.....	38
7. CONCLUSIONES	40
8. BIBLIOGRAFÍA.....	41

1. Agradecimientos

Quisiera agradecer a varias personas la ayuda prestada y el interés puesto en la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

Al Dr. Christian Ezequiel Calvo Henríquez, por haber confiado en mí, por su capacidad para transmitir su entusiasmo por el trabajo bien hecho y por la gran cantidad de su tiempo que ha decidido dedicarme. A pesar de las circunstancias que pudieron dificultar la elaboración de este trabajo, siempre ha estado dispuesto a adaptarse y ayudarme en lo que fuese necesario.

Al Dr. Gabriel Adolfo Martínez Capoccioni y al Dr. Carlos Santiago Martín Martín, por brindarme la oportunidad llevar a cabo mi TFG en su servicio y por facilitarme siempre la utilización de los medios necesarios.

Al Dr. Byron Felipe Maldonado Alvarado, por el gran interés que ha mostrado desde el principio y por las horas que ha dedicado a ayudarme.

A mis amigos y a todos aquellos compañeros que me han acompañado a lo largo de los últimos seis años, constituyendo uno de los pilares fundamentales que hacen de la etapa que se cierra con este proyecto la mejor experiencia de mi vida.

Por último, no puedo finalizar sin mostrar mi profundo agradecimiento a mis padres, a mi hermano y a mis abuelos. Muchas gracias por animarme a emprender este camino, por la ilusión, por la paciencia durante las largas épocas de estudio y por la confianza depositada en mí. Sin ellos, nada hubiese sido posible.

Muchas gracias.

2. Resumen

Introducción: La obstrucción nasal es un trastorno altamente asociado con frecuencia a un patrón de respiración oral, el cual origina diversas alteraciones de crecimiento y desarrollo, posturales, maloclusivas, entre otras.

Objetivos: El objetivo principal de este trabajo es estudiar la correlación entre la resistencia nasal y la extensión de la columna cervical. Como objetivos secundarios, se estudian la relación entre la resistencia nasal y el centro corporal de gravedad (CDG), así como la relación entre la extensión de la columna cervical y el CDG.

Métodos: se obtuvo una muestra de 60 participantes, con edades comprendidas entre los 18 y los 87 años, procedentes de las consultas de otorrinolaringología del Complejo Hospitalario Universitario de Santiago de Compostela. Para la evaluación de la resistencia nasal y del CDG, se emplearon la rinomanometría (Rhino-Base, Otopront®) y el Test de Organización Sensorial de la posturografía dinámica (Smart Equitest®), respectivamente. Se utilizaron proyecciones radiológicas anteroposteriores y laterales de la columna cervical para cuantificar su extensión. El análisis estadístico fue llevado a cabo con STATA para Macintosh v. 15.1 (StataCorp®).

Resultados: La resistencia nasal presenta una relación estadísticamente significativa con el ángulo de Harrison C2-C4 ($r = -0,318$; $p = 0,038$) y con el CDG ($r = -0,359$; $p = 0,018$). No se ha evidenciado una relación estadísticamente significativa entre la extensión cervical y el CDG.

Conclusiones: Cuando aumenta la resistencia nasal, tiene lugar una extensión de la columna cervical y un desplazamiento del CDG en sentido posterior. La magnitud de estos dos efectos se incrementa con la edad. Por ello, sería adecuada la colaboración entre los médicos especialistas en otorrinolaringología y aquellos profesionales encargados de la patología de la columna y las alteraciones posturales, abordando de un modo multidisciplinar la situación de los pacientes.

Introduction: Nasal obstruction is very often associated with oral breathing, leading to several disorders such as growing alterations, postural imbalance, or malocclusions, among others.

Objective: The current study aimed to determine the correlation between nasal resistance and cervical spine extension. Furthermore, relations of the corporal centre of gravity (CDG) with nasal resistance and cervical spine extension were studied.

Methods: 60 subjects aged between 18 and 87 years old were recruited from the otorhinolaryngology consultations from Santiago de Compostela University Hospital Complex. The nasal resistance was evaluated using rhinomanometry (Rhino-Base, Otopront®), while CDG was determined by Sensorial Organisation Test from Dynamical Posturography (Smart Equitest®). Cervical extension was measured over lateral cervical spine radiographs. All the statistical analysis was carried out with STATA for Macintosh v. 15.1 (StataCorp®).

Results: Nasal resistance showed a statistically significant relationship with C2-C4 Harrison angle ($r = -0,318$; $p = 0,038$) and CDG ($r = -0,359$; $p = 0,018$). No statistically significant correlation was found between cervical extension and CDG.

Conclusions: When nasal resistance increases, an extension of the cervical spine and a posteriorly displacement of the CDG occurs. The magnitude of these two effects increases with age. For this reason, collaboration between otorhinolaryngology specialists and those professionals dealing with pathology of the spine and postural changes would be appropriate, addressing the situation of patients in a multidisciplinary way.

3. Introducción

La postura corporal y todos los factores que influyen en ella constituyen una materia de continuo debate con diferentes aproximaciones terapéuticas. La ventilación nasal, a menudo alterada, es uno de los factores que ha sido relacionado con cambios en la postura corporal.

A pesar de la evidencia disponible en la literatura, la cual relaciona la función nasal con la postura corporal, el tratamiento de la insuficiencia respiratoria nasal no suele ser un objetivo terapéutico de los profesionales dedicados al manejo del dolor de espalda o de las alteraciones posturales. Por otro lado, existen aún numerosas cuestiones por resolver. Por ejemplo, se desconoce en qué medida la insuficiencia respiratoria nasal conlleva cambios en el centro corporal de gravedad o si esta es compensada mediante la flexión lumbar o la inclinación pélvica. Estas preguntas son relevantes en disciplinas como gerontología, fisioterapia o rehabilitación, puesto que el desplazamiento anterior o posterior del centro de gravedad podría incrementar el riesgo de caídas,¹ y dado que las alteraciones posturales aumentan el riesgo de padecer dolor cervical o lumbar.²⁻⁶

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la relación entre la insuficiencia respiratoria nasal y los cambios en la columna cervical, así como entre la insuficiencia respiratoria nasal y el desplazamiento del centro corporal de gravedad.

3.1. CONCEPTOS GENERALES

3.1.1. Concepto de postura

El étimo postura proviene del vocablo latino *positura*, que significa planta, acción, figura, situación o modo en que está colocada una persona, animal o cosa. Así pues, y siguiendo a Le Blouch, la postura corporal se define como la forma de colocar el cuerpo en el espacio; es decir, la posición de los distintos segmentos esqueléticos y su localización en el espacio.⁷

El concepto actitud hace referencia al resultado final de un complejo proceso de equilibrio muscular llevado a cabo por el conjunto de posturas que adoptan todas las articulaciones del cuerpo en un momento determinado. Cuando el proceso es educado y llega a estar tan automatizado que se realiza de forma natural, ya sea en un ejercicio estático o dinámico, se habla entonces de un hábito postural.⁸

En 1947, el Comité Postural de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos definió la postura correcta como “aquella que permite un estado de equilibrio muscular y esquelético que protege a las estructuras corporales de sostén frente a las lesiones o deformaciones progresivas, independientemente de la posición (erecta, en decúbito, en cuclillas, inclinada) en la que estas estructuras se encuentran en movimiento o en reposo”. En estas condiciones, los músculos trabajarán con mayor rendimiento y las posturas correctas resultan óptimas para los órganos torácicos y abdominales. Las posturas incorrectas son consecuencia de fallos en la relación entre diversas partes del cuerpo, dando lugar a un incremento de la tensión sobre las estructuras de sostén, por lo que se producirá un equilibrio menos eficiente del cuerpo sobre su base de sujeción.⁹

Al hablar de postura corporal, hay que tener muy presente la relación existente entre el equilibrio de fuerzas que inciden sobre el cuerpo y la respuesta que el sistema sensorial ofrece, lo que nos permite hablar de conceptos como equilibrio, centro corporal de gravedad o centro de presiones. El equilibrio es un concepto mecánico, definido por la nulidad de todas las fuerzas y momentos que actúan sobre un cuerpo. El centro corporal de gravedad (CDG) se define como el punto en el que se concentra toda la masa del cuerpo, situado normalmente en la pelvis, a nivel de la segunda vértebra sacra. El centro de presiones (CDP) es el punto de aplicación de la resultante de las fuerzas verticales en la superficie o soporte y representa el resultado colectivo del sistema de control postural y de la fuerza de gravedad.¹⁰

El cuerpo humano se considera normalmente en equilibrio cuando su centro de gravedad se sitúa dentro de su base de sustentación, tanto si está en reposo como en movimiento. Por ello, dado que el centro de gravedad queda por encima de su base de sustentación, la posición erecta se considera una posición inestable.¹¹

3.1.2. Posición natural de la cabeza

La posición natural de la cabeza (natural head position, NHP) fue definida por Broca en 1982, como aquella en la que el sujeto permanece en bipedestación con su eje visual paralelo al plano horizontal.¹²

Los métodos empleados para establecer cuándo un sujeto se encuentra en dicha posición difieren entre los autores consultados. Mientras que unos utilizan referencias externas, como una línea vertical verdadera (Cole)¹³ o un punto al que los sujetos deben mirar (Downs,¹⁴ Bjehin,¹⁵ Moorrees & Kean,¹⁶ Cleall¹⁷), otros prefieren optar por referencias internas o incluso prescindir de referencia alguna, empleando la posición de equilibrio propio o autobalance, en la que los sujetos colocan su cabeza en la posición que ellos se encuentran más cómodos (Sollow & Tallgren).¹⁸ Foster *et al.*¹⁹ demostraron que la utilización de referencias externas proporciona una medición mucho más fiable que aquella en la que se emplean referencias intracraneales.

Posición natural de la cabeza y postura natural de la cabeza son términos que se han utilizado como sinónimos para describir la relación de la cabeza con referencias como la vertical verdadera, la columna cervical o incluso ambas. Cole (1988)¹³ consideró que era necesaria la estandarización de unos parámetros de referencia para evitar la confusión en su medición. Para ello, decide separar ambos términos y atribuir una referencia diferente a cada uno de ellos: la posición natural de la cabeza describiría la relación con una línea vertical verdadera (referencia externa), mientras que la postura natural de la cabeza describiría la relación con la columna cervical (referencia interna).

Lundström, por su parte, introduce el concepto de orientación natural de la cabeza (Natural Head Orientation, NHO), que representa el ajuste realizado sobre la NHP por un clínico entrenado.²⁰

Se asume que la NHP es influenciada por diferentes captos del equilibrio, como son los órganos vestibulares, la vista (manteniendo un eje visual horizontal) y la propiocepción. Si bien se trata de un concepto dinámico, la postura y posición natural de la cabeza han demostrado mantenerse estables entre mediciones realizadas el mismo día²¹ y realizadas años después.²²

3.1.3. Postura y respiración nasal

Uno de los primeros autores en estudiar la relación entre la respiración nasal y la postura cefálica fue Ricketts (1968)²³, quien observa que los pacientes sometidos a adenoidectomía o amigdalectomía experimentan una elevación de la lengua varios milímetros en la cavidad oral y una rotación de la cabeza hacia abajo en el eje vertical, concluyendo el autor que este movimiento se debe a que originalmente la cabeza estaba extendida en un intento de aumentar el calibre de la vía aérea.

Estudios posteriores describen que, para disminuir la resistencia al paso del aire, la primera compensación postural adoptada por los individuos con respiración oral es la proyección anterior de la cabeza (FHP, Forward Head Posture), combinada con la flexión de la columna cervical baja, la extensión de la columna cervical alta y el incremento de la relación cervicofacial inferior.²⁴⁻²⁶ Estos hallazgos han sido observado incluso en voluntarios sanos.²⁷

Este cambio en la postura corporal tiene una explicación tanto esquelética como funcional. Desde una perspectiva esquelética, debe tenerse en cuenta que la insuficiencia respiratoria nasal ha sido postulada como la principal causa del crecimiento facial vertical excesivo.²⁸ El desarrollo vertical excesivo del maxilar superior fuerza una rotación de la mandíbula en sentido horario. Este movimiento compromete la vía aérea a nivel faríngeo, lo que conduciría, de acuerdo con las hipótesis anteriormente descritas, a una extensión cervical con el objetivo de restaurar las dimensiones de la vía aérea.²⁹ El punto de rotación cefálica es el eje atlanto-occipital, por lo que el punto de la vía aérea más remoto desde este eje corresponde a la porción más caudal de la nasofaringe. De este modo, es ahí donde se consigue la

máxima expansión de la vía aérea durante la extensión cervical.³⁰ De hecho, se ha observado que los pacientes extienden y proyectan la columna cervical hasta conseguir un alineamiento entre el nasion (punto cefalométrico entre los huesos nasales y el hueso frontal) y el pogonion (punto cefalométrico situado en la línea media del mentón).³¹

Desde una perspectiva funcional, Vig *et al.*³² comprueban experimentalmente en 1980 la existencia de una adaptación postural cefálica. A un primer grupo de sujetos se le provocó una obstrucción nasal colocando una pinza sobre la punta nasal, a un segundo grupo les suprimieron la visión colocando unas gasas delante de los ojos y a un tercer grupo los sometieron a una combinación de los dos procedimientos anteriores. Los autores concluyeron que la obstrucción nasal conduce a una extensión progresiva de la cabeza y que su reversión hace que la posición de la cabeza regrese a la situación basal. Debido a que en el grupo sometido a la privación visual no se observaron cambios estadísticamente significativos, concluyeron que las necesidades respiratorias predominan sobre el captor visual a la hora de establecer el control neuromuscular que determina la orientación craneal. Independientemente de los cambios esqueléticos, la respiración oral es causa de cambios en la postura cervical debido al mismo principio descrito en los cambios esqueléticos. Es decir, la postura de boca abierta conduce a una rotación horaria de la mandíbula y una posición baja de la lengua, que condiciona un colapso de la vía aérea.

En la Figura 1 se sintetiza la relación entre la respiración, la postura cefálica y la morfología craneofacial propuesta por Solow y Kreiborg. Los autores destacan que cada uno de los diferentes elementos del ciclo puede actuar como iniciadores del ciclo.³³

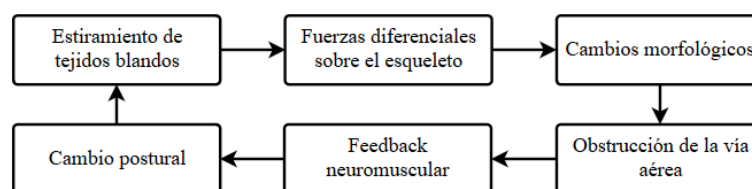


Figura 1. Relación propuesta por Solow y Kreiborg.

Se han observado compensaciones posturales a otros niveles además de los cambios cervicales y craneales descritos. Varios autores han observado un incremento de la cifosis dorsal y de la lordosis lumbar, así como una mayor inclinación anterior de la pelvis en los respiradores orales, mostrando diferencias estadísticamente significativas respecto a los sujetos con respiración nasal.^{24,25,34,35}

3.1.4. Postura, dolor cervical y dolor lumbar

Según el Global Burden of Disease 2017 Study, el dolor lumbar y cervical representan la primera y la novena causa de años vividos con discapacidad a nivel global, respectivamente.³⁶

La incidencia de dolor cervical varía entre 10,4 y 21,3 % por año, con una prevalencia general que alcanza valores hasta el 86,8 % en algunas series.⁵ Además de ser considerado el dolor musculoesquelético más persistente, el dolor cervical se asocia con comorbilidades tales como cefaleas, artralgias o depresión, entre otras.^{6,37}

El dolor lumbar es la principal causa de limitación de actividad y ausencia laboral en gran parte del mundo, causando una enorme carga económica para las personas, las familias, las comunidades, la industria y los gobiernos. Según revelan estudios epidemiológicos, hasta en un 85-95% de los casos la causa específica de la lumbalgia es desconocida.³⁸

Existe evidencia en la literatura científica de que tanto el dolor lumbar como el cervical se asocian a modificaciones posturales, algunas de las cuales coinciden con las inducidas por la respiración oral, descritas previamente.

En 1995, Christie *et al.* observan que los sujetos con dolor lumbar agudo presentan un incremento de cifosis torácica y una mayor FHP en comparación con un grupo de controles asintomáticos, si bien no pueden concluir si el dolor es causa o consecuencia de la alteración postural.³⁹ Por otra parte, un

ensayo clínico aleatorizado publicado en 2015 demuestra que la incorporación de ejercicios correctores de la FHP a un programa de rehabilitación mejora la postura y la sintomatología en pacientes con radiculopatía lumbosacra, tanto a corto como a largo plazo.⁴⁰

Kim *et al.* (2018) estudiaron la relación entre el dolor cervical y la FHP. Los autores observaron diferencias en los rangos de movimiento cervicales y en el ángulo craneovertebral (ángulo formado entre la línea que une el trago con la apófisis espinosa de C7 y la horizontal verdadera, medido mediante fotogrametría) entre los pacientes con y sin dolor cervical. Mediante un análisis de regresión logística concluyeron que la flexión cervical y la disminución del ángulo craneovertebral son factores de riesgo para dolor. Esto se debe a que la disminución del ángulo craneovertebral es reflejo de un aumento en la flexión cervical, lo que, mantenido en el tiempo, incrementa la carga de los músculos extensores y el tejido conectivo que los rodea. Por ello, estos autores plantean que la medición del ángulo craneovertebral y del rango de movimiento flexor en el área cervical podrían ser utilizados como predictores de la aparición de dolor en aquellos sujetos con FHP.⁴¹ Previamente, en 2008, Yip *et al.* habían descrito resultados similares, verificando además que la edad mostraba una correlación positiva con los síntomas y negativa con dicho ángulo.³

Los resultados de la revisión sistemática realizada por Mahmoud *et al.* (2019) concuerdan con lo anterior. Estos añaden que, en sujetos asintomáticos, la FHP influye negativamente en el equilibrio estático corporal. En sujetos con dolor cervical, presentaban una correlación significativa entre el grado de FHP (objetivado mediante un menor ángulo craneovertebral) con la intensidad del dolor y con la discapacidad producida.⁶

Más allá de su implicación en el dolor cervico-lumbar, las alteraciones posturales y la modificación de las curvaturas espinales tienen implicación en otras patologías. Por ejemplo, ante impactos sobre la cabeza, una columna cervical hiperlordótica tiene aumentado el riesgo de lesiones ligamentosas, con o sin repercusión ósea.⁴² Por otro lado, dado que la articulación temporomandibular (ATM) se relaciona directamente con la región cervical y escapular mediante un sistema neuromuscular común, se ha observado que cambios en la columna cervical pueden alterar la ATM y viceversa²⁶ y que los niños con respiración oral presentan una posición más alta de la escápula.⁴³

Por último, es importante destacar que las alteraciones posturales secundarias a la respiración oral surgidas en la infancia permanecen en la edad adulta, especialmente las modificaciones cefálicas y lumbares.³⁵

3.1.5. Otras consecuencias negativas de la respiración oral

Además de la modificación postural y su relación con la aparición de dolor, la respiración oral tiene una importante repercusión a múltiples niveles del organismo.

La respiración nasal correcta se asocia con una función masticatoria y deglutoria normales, así como una adecuada posición de la lengua y los labios. La insuficiencia respiratoria nasal, y por tanto la postura de boca abierta, según numerosos investigadores, se asocia con efectos negativos en el desarrollo craneofacial. Algunos ejemplos son la elevada incidencia de maloclusión y otras deformidades orofaciales, como la contracción y labioversión de la dentición maxilar, apiñamiento de las piezas dentarias anteriores de ambos arcos, la sobremordida o la hipertrofia del labio inferior.⁴⁴

Estos hallazgos son sustentados por evidencia clínica, principalmente en los trabajos de Ricketts²³ y de Linder Aronson.⁴⁵ Estos autores observan que la hipertrofia adenoidea, la cual condiciona insuficiencia respiratoria nasal, estaba asociada a los cambios faciales anteriormente descritos. Linder-Aronson demuestra posteriormente que estos cambios eran reversibles tras adenoidectomía en aquellos niños que conseguían recuperar una postura de boca cerrada tras la cirugía.⁴⁶ Asimismo, estos hallazgos están sustentados por evidencia experimental, principalmente en los trabajos de Egil Harvold *et al.*⁴⁷ quienes diseñan modelos experimentales de monos Rhesus con obstrucción nasal, y otros a los que les colocan una bola plástica en el paladar duro, impidiéndoles posicionar la lengua contra el paladar.

Observan las alteraciones faciales descritas, que fueron revertidas tras restaurar el estado basal en los modelos experimentales.

La explicación fisiopatológica detrás de estas observaciones es que la obstrucción nasal provoca una postura de boca abierta. Esta postura conduce a una posición baja de la lengua, que impide el estímulo de las áreas de crecimiento en el maxilar superior, lo que a su vez conduce a una constricción maxilar. Por otra parte, la postura de boca abierta permite una sobreerupción dentaria, que a su vez es causa de maloclusión dentaria e incompetencia labial.

En el año 2010, Da Silveira *et al.*²⁵ mencionan que la FHP y la hiperlordosis cervical secundarias a la respiración oral se asocian con una reducción de los parámetros espirométricos, relacionando inversamente la capacidad vital con el grado de FHP y observando, además, que estos cambios se intensifican con la edad. Posteriormente, Okuro *et al.* (2011) realizaron un estudio en niños con edades comprendidas entre los 8 y los 12 años con el objetivo de describir los efectos de la respiración oral en la mecánica respiratoria y en la capacidad de ejercicio. Obtuvieron resultados concordantes con los anteriores. Estos últimos proponen que la respiración oral induce la inhibición de determinados reflejos nasales que participan en la regulación de la profundidad de la respiración y el calibre de las vías respiratorias, dando lugar a un aumento de la resistencia y una disminución de la distensibilidad o compliancia pulmonar. Por otro lado, la anteriorización de la cabeza (característica observada en el 96,7 % de los respiradores orales de su muestra) origina una desorganización de las cadenas musculares anterior, posterior y cruzadas, comprometiendo la función diafragmática.

En relación con el desbalance muscular generado, es importante mencionar que, cuando la cabeza se encuentra en posición natural, los músculos principales responsables de mantener la cabeza alineada con el resto del cuerpo son el semispinalis capitis, el elevador de la escápula, el esternocleidomastoideo (ECM) y el escaleno anterior, manteniendo todos ellos una contracción isométrica. Cuando la cabeza se encuentra adelantada (FHP), músculos como el recto posterior mayor de la cabeza, los suboccipitales, el semispinalis capitis y el elevador de la escápula se contraen de forma isométrica, adquiriendo una posición excéntrica, para mantener la horizontalidad de la mirada (ver Figura 2). En consecuencia, se produce una rotación anterior del cráneo en relación con la columna cervical y una rotación posterior de las escápulas en relación con la caja torácica, que llevará a una elevación del ángulo inferior (escápulas aladas). Este cambio en la posición de la escápula ocasiona tracción sobre los músculos omohioideo, suprahioideo y esternohioideo. En la Figura 3 se ilustra un ejemplo en el que puede observarse la disposición escapular en una paciente con FHP.

La nueva posición de las escápulas dará lugar a la elevación y abducción de los hombros y a una mayor rigidez de la caja torácica, efectos que el organismo intenta vencer mediante el reclutamiento de músculos accesorios de la respiración y mediante el descenso del diafragma. Estos dos mecanismos compensatorios se perjudican mutuamente en un ciclo de retroalimentación negativa. El incremento en la actividad de los músculos ECM eleva la caja torácica, lo que disminuye la movilidad toracoabdominal y compromete la eficacia ventilatoria promovida por el diafragma. Este último, desciende para aumentar la capacidad expansiva del tórax, empujando las vísceras y desencadenando una mayor hipotonía de la musculatura abdominal, comprometiendo aún más el sinergismo entre ambos grupos musculares.²⁴

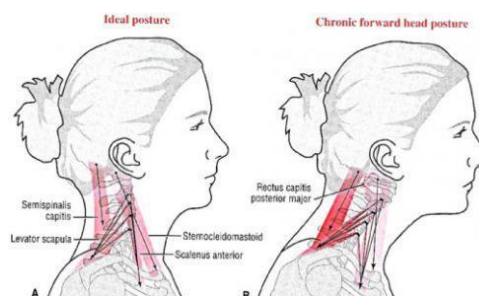


Figura 2. Tensión en las cadenas musculares cervicales en FHP. Tomada de physio-pedia.com.⁴⁸



Figura 3. Paciente femenina con FHP y escápulas aladas.

El cambio postural que sufre la escápula también tiene repercusión sobre la cintura escapular, incrementando la presión en el espacio subacromial durante la elevación del brazo. Es por ello por lo que la FHP se postula como una de las posibles etiologías del síndrome subacromial, causa más frecuente de hombro doloroso.

3.2. ESTUDIO POSTURAL.

Uno de los principales problemas a la hora de realizar el diagnóstico de la postura se encuentra en que la postura es dinámica, mientras que la mayoría de las pruebas diagnósticas disponibles son estáticas.

3.2.1. Pruebas estáticas

3.2.1.1. ANÁLISIS VISUAL.

Debido a que puede realizarse sin utilizar ningún instrumento, el método de estudio más utilizado es el descrito por Kendall *et al.*, el cual emplea una plomada vertical como referencia para determinar las desviaciones de los diferentes puntos de referencia anatómicos, revelando el grado de incorrección del alineamiento de la persona desde cuatro perspectivas (anterior, posterior, derecha e izquierda) para finalmente establecer el tipo de alineamiento postural que presenta el sujeto: ideal, cifolordótico, espalda plana (flat-back) o espalda arqueada (sway-back).⁴⁹ En la Figura 4 se muestran los alineamientos posturales propuestos por Kendall *et al.* A pesar de ser muy utilizado por su sencillez y bajo coste, el hecho de no poder ofrecer información cuantitativa hace que la validez y fiabilidad de esta técnica sea baja.^{50,51}

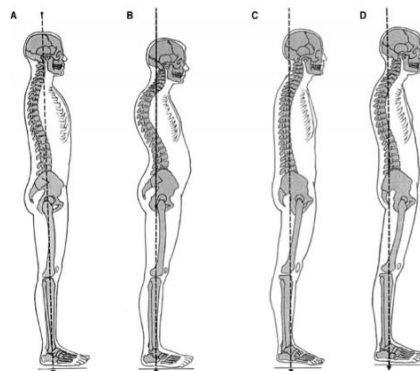


Figura 4. Alineamientos posturales propuestos por Kendall. Ideal (A), cifolordótico (B), espalda plana o flat-back (C) y espalda arqueada o sway-back (D).⁴⁹

3.2.1.2. FOTOGRAFÍA.

La fotografía es un método no invasivo, sencillo, de bajo coste y que permite realizar un análisis visual del sujeto de forma estática, empleando para ello diferentes referencias. Una variante es utilizar un simetrógrafo^a. Posteriormente, se analizan las imágenes siguiendo el protocolo descrito por Kendall *et al.* y se comparan las fotografías con las imágenes de los alineamientos posturales propuestos en dicho protocolo.^{52,53} Otros autores optan por emplear marcadores reflectantes adheridos en puntos anatómicos estandarizados según el protocolo de estudio.⁵⁴⁻⁵⁷

3.2.1.3. FOTOGRAMETRÍA.

Derivada de la anterior, es definida por la Sociedad Americana de Fotogrametría como “*el arte, ciencia y tecnología de obtener información fiable sobre objetos físicos y del medio ambiente a través de un proceso de registro, medición e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otras fuentes*”. La fotogrametría computarizada combina la fotografía tradicional con un programa informático (CorelDraw, SAPO, entre otros) para obtener medidas lineales y angulares con gran objetividad y fiabilidad comparado con el análisis visual.⁵⁸ Entre los diferentes programas informáticos disponibles, destaca el sistema SAPO® (*Software para Avaliação Postural*), el cual ha sido validado científicamente para el estudio de la postura.⁵⁹ Entre sus ventajas cabe mencionar que es de distribución libre y que permite elegir libremente los puntos anatómicos que se desean medir. Esto permite estandarizar las medidas, lo que favorece la comparación entre los estudios, permitiendo una evaluación precisa de los cambios posturales y los resultados obtenidos con el tratamiento.^{60,61}

3.2.1.4. RASTERSTEREOGRAFÍA.

La rasterstereografía o topografía de Moiré es un método no invasivo que permite explorar las curvaturas de la columna vertebral mediante la proyección de líneas paralelas sobre la superficie de la columna vertebral, las cuales son detectadas por una cámara digital. De la distorsión de las líneas de trama proyectadas es posible reconstruir la columna vertebral en un modelo de tres dimensiones mediante una aplicación informática específica. Este método presenta alta fiabilidad intra e inter evaluador pero no muestra una validez alta al compararse con el estudio radiográfico.⁵⁰

3.2.1.5. GONIOMETRÍA.

El goniómetro manual es un transportador de ángulos con dos brazos, uno fijo que forma el cuerpo del goniómetro con el transportador y el otro móvil. A pesar de ser el dispositivo más simple y ampliamente utilizado para medir el rango de movimiento articular, se ha cuestionado su uso en las mediciones de columna, especialmente por la dificultad para mantener el brazo del dispositivo paralelo a la horizontal verdadera.^{50,51} Un dispositivo similar es el inclinómetro, que utiliza la fuerza de la gravedad como punto de referencia. Este último puede ser de fluido, de péndulo o electrónico.

3.2.1.6. RADIOGRAFÍA.

La radiografía constituye el patrón oro para el estudio de la columna vertebral. Se trata de un método válido y fiable que permite visualizar las estructuras óseas y realizar mediciones sobre ellas.

A pesar de no ser considerado un método invasivo, presenta como principal efecto adverso la radiación ionizante a la que se somete el individuo en cada evaluación.

Existen numerosas técnicas, posiciones y parámetros que se pueden emplear en función de los objetivos del examinador y de la región anatómica a evaluar.

^a Simetrógrafo: panel cuadrículado que se sitúa detrás del sujeto a fotografiar.

Analizar por separado cada una de esas técnicas superaría los objetivos del presente trabajo, por lo que solamente se han descrito las técnicas más habituales y utilizadas en este trabajo, que son la radiografía de la columna lateral y anteroposterior.

Hay que tener en cuenta que la columna vertebral funciona como una unidad global. De este modo, los parámetros de alineamiento en un segmento influyen y se ven influidos por los parámetros de alineamiento de otro segmento vertebral. Por ello, es de gran utilidad el análisis de diversos parámetros pélvicos, cuya modificación puede tener consecuencias en la posición de la columna vertebral.

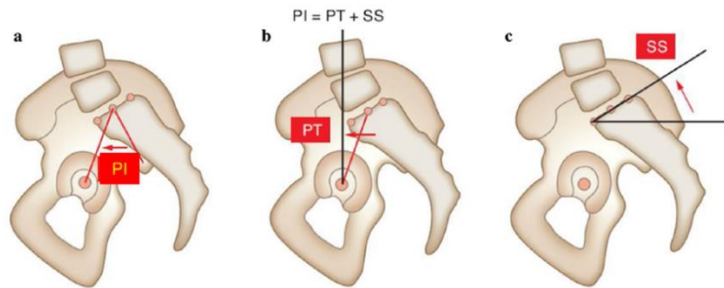


Ilustración 1. Parámetros pélvicos. a) PI = Pelvic incidence (incidencia pélvica); b) PT = pelvic tilt (inclinación pélvica); c) SS = Sacral slope (pendiente sacra).⁶²

La incidencia pélvica es el ángulo que se forma entre la línea perpendicular al punto medio del platillo superior de la primera vértebra sacra y la línea que une dicho punto con el eje de la cabeza femoral. Durante el desarrollo, se ve aumentada debido a la horizontalización del sacro y al desarrollo de la lordosis lumbar, imprescindible para la bipedestación. Una vez completado el crecimiento, dada la escasa movilidad de las articulaciones sacroilíacas, se convierte en un parámetro anatómico constante para cada individuo, independientemente de la orientación espacial pélvica. Su valor es equivalente a la suma de la pendiente sacra y la inclinación pélvica.

La pendiente sacra se define como el ángulo formado por el platillo superior de la primera vértebra sacra y la horizontal. Su valor determina la posición de la columna lumbar, puesto que el platillo sacro constituye la base sobre la que esta se sustenta.⁶³

La inclinación pélvica corresponde al ángulo comprendido entre la vertical verdadera y la línea que conecta el centro del platillo superior de la primera vértebra sacra con el eje de la cabeza femoral. Este parámetro mide la rotación pélvica (retroversión o anteversión) en relación con las cabezas femorales. Una incidencia pélvica aumentada indica retroversión, mientras que su disminución indica anteversión.⁶⁴

La lordosis lumbar, determinada por el ángulo formado entre los platillos superiores de L1 y S1, se encuentra regulada por la incidencia pélvica. Cuando la incidencia pélvica es elevada, la columna y la pelvis aumentan la inclinación pélvica y reducen la cifosis dorsal, aumentando la lordosis lumbar y manteniendo así el alineamiento sagital.

3.2.2. Pruebas dinámicas

Diversos autores sostienen que la NHP es un concepto dinámico formado por un pequeño rango de posiciones controlado por contracciones asincrónicas de las unidades motoras individuales.⁶⁵⁻⁶⁷ Por lo tanto, la NHP debe ser medida de un modo continuo y dinámico.

3.2.2.1. INCLINÓMETROS

En 1991, Murphy diseña un dispositivo compuesto por un inclinómetro situado sobre el brazo de unas gafas sin lentes (Figura 5).⁶⁶ El dispositivo dispone de una cavidad cerámica revestida de electrodos y rellena de un líquido electrolítico. Cuando el dispositivo se inclina, se produce una diferencia de voltaje

registrado por el dispositivo y expresado en grados. El problema de este instrumento era su peso, de 110 gramos y que solo permitía mediciones de 60 grados en el eje sagital.

Basándose en el anterior, Üşümez diseña diez años más tarde un nuevo modelo mucho más ligero (21,67 gr). Este modelo consta de dos inclinómetros, uno en cada brazo de las gafas (Figura 6). Uno de los inclinómetros se colocó paralelo al eje sagital y el otro, perpendicular a dicho plano. De esta forma, es posible registrar cambios de 160 grados tanto en el eje sagital como lateral.



Figura 5. Inclinómetro de Murphy.⁶⁶



Figura 6. Inclinómetro de Üşümez.⁶⁵

3.3. INSUFICIENCIA RESPIRATORIA NASAL. OBSTRUCCIÓN NASAL.

La nariz y la vía aérea nasal forman en su conjunto una compleja estructura tridimensional cuyas principales funciones son:⁶⁸

- Conducción del aire inspirado hacia la vía aérea inferior.
- Calentamiento y humidificación. El aire inspirado por las narinas a 20 °C con una humedad relativa (HR) del 45 % alcanza los 32 °C y una HR del 98% al llegar a la nasofaringe, mientras que solo alcanza los 30 °C con una HR del 80 % cuando es inspirado por la boca.⁶⁹
- Filtración. Se estima que las partículas suspendidas en el aire inspirado cuyas dimensiones sean superiores a 25-30 micras son retenidas en su totalidad en las vibrisas de las fosas nasales.⁶⁹
- Olfacción. El sentido del olfato es percibido por los el primer y quinto pares craneales. Mientras que las sensaciones olorosas son conducidas por el nervio olfatorio, las sensaciones somatosensoriales se transmiten a través del nervio trigémino.⁷⁰

A pesar de que la insuficiencia respiratoria nasal (IRN) se produce cuando tiene lugar la pérdida de cualquiera de estas funciones, este trabajo se centrará en la pérdida de la conducción aérea.

La obstrucción nasal (ON) se define como la percepción de incomodidad o dificultad para el paso de aire a través de las fosas nasales. A pesar de que no existen datos precisos, se estima que puede afectar a un 30-40% de la población general,⁷¹ siendo un síntoma frecuentemente comunicado por los pacientes en las consultas de Atención Primaria, Otorrinolaringología y Alergología.

La ON puede deberse a cambios fisiológicos o patológicos, como un proceso inflamatorio sobre la mucosa nasal (rinitis alérgica, rinosinusitis crónica, poliposis nasosinusal, etc.), anomalías anatómicas (desviación septal, hipertrofia de cornetes inferiores, compromiso valvular, etc.) o incluso una combinación de ambos. En cualquier caso, el resultado es un compromiso de espacio y/o alteración de la dinámica de flujo aéreo en la cavidad nasal, dando lugar a la sensación de congestión.

Debido al carácter subjetivo de la definición de ON, habría que tener presentes también las causas sensoriales. El vestíbulo nasal tiene una concentración elevada de receptores sensibles a cambios de presión y temperatura, que contribuyen a la sensación de flujo de aire.⁷² En ocasiones, los pacientes sienten que su respiración nasal es inadecuada a pesar de tener una permeabilidad nasal completa. Este

fenómeno paradójico se ha observado en individuos con rinitis atrófica o con el síndrome de la nariz vacía (SNV).⁷³ Los cornetes son unas estructuras óseas recubiertas de mucosa y situadas en la pared lateral de ambas fosas nasales. Su función es la de crear un flujo turbulento de aire que condicione un enfriamiento de la mucosa, que es percibido por el termorreceptor TRPM8.^b Se ha postulado la ausencia de este flujo turbulento y, en consecuencia, de la activación de TRPM8, como posible etiología del SNV tras la turbinectomía.⁶⁹

3.3.1. Pruebas de función nasal.

A pesar de su elevada prevalencia, no existe un consenso universalmente aceptado sobre cuáles son las mejores herramientas diagnósticas para evaluar la etiología y severidad de la obstrucción nasal. La escasa correlación que existe entre los métodos subjetivos y objetivos y la gran diversidad de pruebas disponibles son algunos de los factores que dificultan la decantación por un método concreto.

Las pruebas diagnósticas pueden ser clasificadas en función de la objetividad de los datos que ofrecen.

3.3.1.1. EVALUACIÓN SUBJETIVA

3.3.1.1.1. PACIENTE-DEPENDIENTE

También conocidos como PROMs (*Patient Reported Outcome Measures*), evalúan la sensación subjetiva reportada por el paciente. Tanto las guías de práctica clínica sobre el compromiso de la válvula nasal como las de rinoplastia recomiendan la utilización de los PROMs para el estudio de la severidad de los síntomas y el éxito de las intervenciones quirúrgicas.⁷⁴

La escala visual analógica, VAS por sus siglas en inglés (*Visual Analog Scale*) es una escala psicométrica unidimensional con puntuaciones que varían en una escala de severidad, habitualmente entre 0 y 10 o 0 y 100. Entre las ventajas que ofrecen este tipo de escalas se encuentran su validez, brevedad y facilidad de aplicación, por lo que resultan útiles para obtener estimaciones groseras. Sin embargo, tienen el inconveniente de que sus resultados pueden ser alterados con facilidad, careciendo de validez interna cuando son usadas como medida única. Además, poseen una gran variabilidad intra e interobservador y escasa correlación con las medidas objetivas.⁷⁵

El cuestionario NOSE fue inicialmente diseñado para evaluar el impacto de la ON secundaria a la desviación septal en la calidad de vida de los pacientes. Está compuesto por 5 elementos, cada uno de los cuales son evaluados mediante una escala tipo Likert, otorgándoles una puntuación de 0 a 4, multiplicando el resultado por 5 y expresándolo sobre un máximo de 100 puntos. En función de la puntuación obtenida se clasifica la obstrucción en leve (5-25), moderada (30-50), severa (55-75) y extrema (>80). Además de haber sido validado y traducido al español, sus resultados se correlacionan de manera adecuada con la VAS. Sin embargo, su correlación con los métodos objetivos es inconsistente.^{69,71,75}

Otros cuestionarios utilizados para evaluar los síntomas de obstrucción nasal son CQ7, DyNaChron o SNOT-22.

3.3.1.1.2. MÉDICO DEPENDIENTE

Una adecuada historia clínica, combinada con una exploración física minuciosa, es el punto más importante para el diagnóstico etiológico de la obstrucción nasal. A la hora de realizar la historia clínica, se debe prestar atención a la presencia de signos indirectos, como pueden ser la postura de boca abierta, la rinolalia o el saludo alérgico.

^b TRPM8: Transient Receptor Potential Cation Channel Subfamily M Member 8.

El examen físico básico consiste en la visualización directa de la cavidad nasal mediante rinoscopia anterior o rinoendoscopia, cambios en los síntomas con la maniobra de Cottle, o Cottle modificada, y la observación de la pared lateral nasal durante la inspiración.

La rinoscopia anterior permite explorar el tercio anterior de las fosas nasales, que comprende las áreas de Cottle 1, 2 y parte de la 3. Dichas áreas se encuentran esquematizadas en la Figura 7. La mucosa normal tiene un aspecto rosado y húmedo. La presencia de determinados cambios en ella puede orientar el diagnóstico, como una rinitis atrófica (signos de atrofia o sequedad), rinitis/rinosinusitis (mucosa congestiva), o rinitis alérgica (palidez), entre otras. Asimismo, se debe investigar la presencia de sinequias, perforaciones, desviaciones, pólipos, tumoraciones o rinorrea (prestando atención a sus características). En el caso de apreciar una hipertrofia del cornete inferior, puede ser de gran ayuda la valoración de los cambios producidos al aplicar un vasoconstrictor.

La rinoscopia posterior es útil para explorar la región posterior de las fosas nasales, el cavum y los rodetes tubáricos. Se trata de una técnica que requiere cierta experiencia por parte del explorador y colaboración por parte del paciente, siendo con frecuencia necesario anestesiarse la cavidad orofaríngea para disminuir el reflejo nauseoso y permitir la exploración. Ha caído prácticamente en desuso tras la expansión de la rinoendoscopia.

La rinoendoscopia rígida o flexible permite realizar una exploración detallada de las 5 áreas de la cavidad nasal, así como de áreas de difícil exploración en otras condiciones como son el meato medio o el receso esfenoidal. Asimismo, esta técnica permite tomar muestras de aquellas lesiones sospechosas para su estudio histológico o microbiológico.

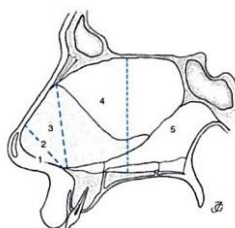


Figura 7. Áreas de la cavidad nasal según Cottle.⁷⁶

La modificación de los síntomas con la realización de la maniobra de Cottle (tracción de la mejilla lateralmente, abriendo la región valvular), la maniobra de Cottle modificada (Q-Tip test, introducción de una cureta de oído o bastoncillo de algodón bajo el ala nasal), o la maniobra de Bachman (colocar un fragmento de algodón en el ángulo superior de la válvula nasal) permiten orientar el origen de la obstrucción hacia un problema a nivel de la válvula nasal. A pesar de que la maniobra de Cottle tiene alta sensibilidad, su especificidad es escasa.⁷⁵

3.3.1.2. EVALUACIÓN OBJETIVA

La prueba ideal sería aquella que permitiese cuantificar el mecanismo patogénico que desencadena la sensación que percibe el paciente. A pesar de que en la actualidad disponemos de pruebas que permiten medir flujo, volumen, resistencia y geometría nasal, nos encontramos bastante lejos de alcanzar el método ideal.⁷¹

3.3.1.2.1. RINOHIGROMETRÍA.

La rinohigrometría se basa en el principio de que el vapor del aire exhalado por la nariz se condensa sobre un espejo frío o una lámina de metal altamente pulido situado bajo ambas narinas.

El primero en aplicar este principio fue Hendrik Zwaardemaker (1889), desarrollando así el primer test funcional para estimar el grado de obstrucción nasal durante la espiración. Posteriormente se realizaron numerosas modificaciones, siendo la más conocida el espejo de Glatzel. Ernst Glatzel (1901) modificó el dispositivo original grabando una serie de arcos equidistantes para poder medir la máxima

extensión de la condensación en milímetros.⁷⁷ Modificaciones posteriores de este método, se han centrado en medir el área de la condensación de vapor utilizando medios informáticos o un planímetro.⁷⁸

Esta técnica constituye un método rápido, sencillo, no invasivo (puede incluso utilizarse en pacientes dormidos sin tocarlos) y barato para obtener información aproximada sobre la permeabilidad nasal. Debido a estas características, se ha recomendado su utilización como medida objetiva en neonatos. Sin embargo, los resultados no guardan relación con los síntomas percibidos por los pacientes y no tiene en cuenta parámetros como el ciclo nasal o la congestión de la mucosa.^{79,80} Por otra parte, la principal crítica de esta prueba es que la evaluación realizada explora la espiración, pero no la inspiración, que es la exploración de mayor relevancia clínica.

Como en otros ámbitos de la medicina, los avances tecnológicos también han sido aplicados a esta técnica. En 2006, Casale *et al.* desarrollaron el video-rino-higrómetro, un dispositivo que, empleando una cámara de vídeo, analiza la forma de las impresiones sobre una lámina termorregulada a través de un algoritmo de proceso de imagen digital específico para extraer varios parámetros cuantitativos útiles para la investigación clínica.⁸¹

3.3.1.2.2. PICO FLUJO NASAL (PNIF/PNEF)

El pico-flujo nasal ofrece una medida directa de la obstrucción nasal cuantificando el flujo máximo en litros/minuto durante una inspiración (PNIF)^c o espiración (PNEF)^d nasal forzada. El uso de PNIF está más generalizado debido a la mayor correlación con la resistencia nasal y a la posible contaminación del medidor PNEF con secreciones respiratorias del paciente.⁷¹

La medición consiste en realizar una inspiración nasal forzada (lo más rápida y profundamente posible) con los labios sellados partiendo de una espiración profunda. La maniobra debe ser realizada con el paciente en bipedestación, puesto que los valores obtenidos son mayores que aquellos tomados con el paciente sentado, especialmente en mujeres.⁸² Dado que los valores de PNIF pueden aumentar con la práctica, se deben tomar 3 mediciones, las cuales no deben variar más de un 10%, y registrar la mejor de ellas.^{71,82}

Entre sus ventajas, podría destacarse que se trata de una prueba no invasiva, rápida, barata, sencilla y no requiere personal especializado ni material sofisticado para su realización e interpretación.

Sin embargo, dado que es una prueba esfuerzo-dependiente, requiere una buena función pulmonar para poder ser llevada a cabo. El valor de PNIF aumenta 0,3 L/min por cada % de incremento en el FEV1.^e Por ello, algunos autores sugieren que se debe conocer el FEV1 para reconocer aquellos valores bajos de PNIF secundarios a una baja capacidad ventilatoria en lugar de a una obstrucción nasal.⁸²

Aunque algunos autores han descrito que el PNIF aumenta de forma lineal con la edad, altura y peso del paciente, especialmente en niños,⁸² en la conferencia de consenso de 2016 se establece que la única variable que se relaciona significativamente con el PNIF unilateral es la altura.⁸⁰

El comité de estandarización internacional recomienda que el PNIF puede ser utilizado como una prueba rápida, pero deberá ser suplementada por la rinometría acústica o rinomanometría anterior activa en caso de discrepancia entre los síntomas y los hallazgos.⁸⁰

3.3.1.2.3. ESPIROMETRÍA NASAL

La espirometría nasal se realiza con un espirómetro modificado. El dispositivo mide la capacidad vital y cuantifica el volumen de aire exhalado a través de las narinas. Se trata de un método poco utilizado.

^c PNIF: Peak Nasal Inspiratory Flow (Pico flujo inspiratorio nasal)

^d PNEF: Peak Nasal Expiratory Flow (Pico flujo espiratorio nasal)

^e FEV1: Forced expiratory volume in 1 second (volumen espiratorio forzado en el primer segundo)

3.3.1.2.4. RINOMANOMETRÍA

La rinomanometría (RMM) es una técnica que permite medir de forma simultánea los cambios de presión y flujo aéreo en las cavidades nasales durante el ciclo nasal.

La resistencia nasal inspiratoria y espiratoria se calcula, utilizando una variante de la Ley de Ohm, con la diferencia entre la presión en vestíbulo nasal y la presión en la nasofaringe y el flujo aéreo nasal. Existen diferentes modalidades en función del método empleado para medir la presión nasofaríngea: RMM anterior y RMM posterior.

En ambas modalidades, la presión a nivel del vestíbulo se mide a través de una mascarilla conectada a un tacógrafo. Es importante asegurarse que la mascarilla queda bien ajustada a la cara del paciente para que no haya fugas que distorsionen el resultado. Asimismo, debe comprobarse que la mascarilla no deforma la pirámide nasal, para lo cual es útil que la mascarilla sea transparente. En la RMM anterior, la presión nasofaríngea se mide sellando la fosa nasal contralateral con cinta adhesiva, evitando la deformidad del vestíbulo nasal. Sobre la cinta adhesiva se coloca un adaptador para un tubo de presión conectado al dispositivo medidor. De esta forma, la fosa nasal que no está siendo explorada se convierte en un canal que permite registrar la presión a nivel del cavum. En la RMM posterior, se coloca un medidor a nivel de la orofaringe, tomando dicha presión como la presión del cavum.

Por otro lado, ambas modalidades pueden llevarse a cabo de forma activa (el paciente respira de forma espontánea) o pasiva (el paciente se encuentra en apnea y el dispositivo introduce presión en las fosas nasales mediante una mascarilla). La modalidad activa es la más utilizada por ser más fisiológica.

La forma más habitual de representar la relación entre el gradiente de presión, expresado en Pascales, y el flujo, expresado en cm^3/seg , es utilizando un eje de coordenadas (ver Figura 8). En el eje de abscisas se sitúa el gradiente de presión y en el de ordenadas, el flujo. Los cuadrantes superior izquierdo e inferior derecho se corresponden con la espiración e inspiración de la fosa nasal izquierda, mientras que los cuadrantes superior derecho e inferior izquierdo, con la fosa nasal derecha. La presión negativa, correspondiente a la inspiración, se sitúa en los cuadrantes derechos.^{83,84}

Otra forma de representar los datos es mediante un registro sinusoidal en el que se relacionan los parámetros presión-tiempo y flujo-tiempo durante los 30 segundos más significativos de la prueba.

Se recomienda esperar un mínimo de 10 minutos antes de realizar la prueba para que el paciente se aclimate a las condiciones de temperatura y humedad en el interior de la sala.⁸⁰

La exploración puede realizarse en condiciones basales y repetirse tras la aplicación de un aerosol vasoconstrictor. De este modo, si se observa una disminución de la resistencia y/o un aumento del flujo aéreo significativos, la prueba es positiva y se considera que la IRN es preferentemente funcional debida a, por ejemplo, una hiperplasia de cornetes.

Por convenio el diagnóstico debe ser realizado considerando los valores de flujo y resistencia a una presión de 150 Pa, que corresponde a la parte media del ciclo respiratorio. Se toma este valor de referencia debido a que a partir de este valor el flujo nasal pasa de laminar a turbulento.^{83,85}

Como limitaciones o desventajas ha sido discutida la correlación interobservador e intrapaciente. Por otra parte, destacan la incapacidad para localizar el área de obstrucción, la duración de la prueba, el coste, la necesidad de personal formado y material especializado y la imposibilidad de llevarla a cabo en caso de que el paciente presente una oclusión completa de una fosa nasal o una perforación septal. Del mismo modo que el PNIF, necesita la colaboración del paciente y la correlación con las medidas subjetivas no ha sido del todo aclarada.^{74,75,79} Sin embargo, diversos autores han observado que, cuando se evalúan los cambios sufridos tras una intervención nasal, si existe una elevada correlación entre la rinomanometría y la evaluación subjetiva.⁸⁶ Esto sugiere que los pacientes pueden tener dificultad para evaluar su propia función ventilatoria nasal al carecer de un punto de referencia.

El International Standardization Committee recomienda la utilización de la rinomanetría anterior activa (RMAA) utilizando una mascarilla y un registro computarizado de presión, flujo y resistencia como prueba en la práctica clínica diaria para la determinación de la permeabilidad nasal.⁷¹

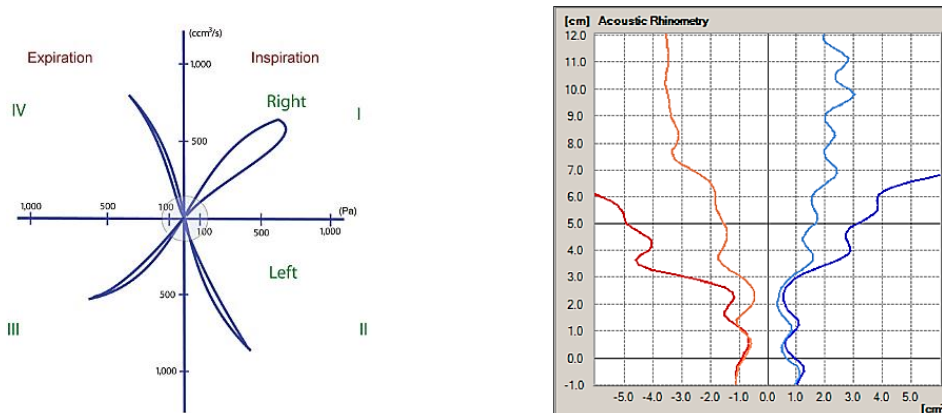


Figura 8. Representaciones gráficas: (Izquierda) Rinomanetría estándar.⁸⁴ // (Derecha) Rinometría acústica con test vasoconstrictor. Los colores naranja y azul claro representan los valores basales, mientras que el rojo y el azul oscuro corresponden a los valores post-vasoconstricción (imagen propia).

3.3.1.2.5. RINOMETRÍA ACÚSTICA

La reflexión del sonido, desarrollada por Schroeder para determinar la geometría del tracto vocal humano, permite la determinación del área de sección transversa (AST) y del volumen de toda la fosa nasal en función de la distancia desde la narina.⁸³

Esta técnica se basa en las presunciones de que el sonido se propaga en forma de ondas planas, que las pérdidas son mínimas y que las paredes se comportan como estructuras rígidas. Aun así, los resultados han demostrado una adecuada reproducibilidad.⁶⁹

Con el paciente en apnea, un dispositivo situado en la narina emite ondas sonoras y las recoge tras haber sido reflejadas al impactar sobre las estructuras de la geometría nasal. La amplitud de las ondas reflejadas se correlaciona con los cambios en el AST. El tiempo entre las reflexiones se utiliza para calcular la distancia entre las diferentes AST.

El registro (ver Figura 8) es una gráfica bidimensional que relaciona el área de sección transversa en cm^2 en función de la distancia en centímetros desde la narina, describiendo la permeabilidad nasal, lo cual permite obtener una idea del grado de obstrucción nasal. El lado izquierdo de la gráfica (en rojo) corresponde a la fosa nasal derecha y el derecho (en azul), a la fosa nasal izquierda.

La forma de la curva de una fosa normal en situación basal se caracteriza por unas áreas de sección transversas que aumentan progresivamente en dirección anteroposterior. En el segmento anterior aparecen de forma constante dos estrecheces o escotaduras. La primera (escotadura-I) corresponde con la válvula nasal, mientras que la segunda (escotadura-C) con la cabeza del cornete inferior.⁸⁵

El parámetro más importante de la rinometría acústica es el área de sección transversa mínima (MCA, Minimal Cross-section Area), que corresponde al punto más estrecho de la fosa nasal y el que va a condicionar el paso de aire. En condiciones normales, el MCA suele corresponder con la escotadura C.

Es una técnica rápida, sencilla y reproducible, apenas requiere formación, y requiere una mínima colaboración por parte del paciente, lo que la hace muy cómoda para utilizar en niños.

A pesar de estas ventajas, las limitaciones de esta técnica incluyen que es una medida estática de un proceso dinámico, en la que se asume que los tejidos nasales también son estáticos, sin tener en cuenta la congestión nasal. Por otra parte, esta prueba sobreestima los valores más allá de los 5 cm desde la narina, debido a la dispersión del sonido en el interior de los senos paranasales; requiere un

equipamiento especializado y costoso; y el resultado puede estar influenciado por sonidos externos, cambios en la posición del tubo o fugas.^{74,75,82}

Por todo ello, su mayor utilidad es en aquellas situaciones en las que se pretende medir los cambios de volumen que sufre la mucosa nasal en un periodo corto de tiempo.

3.3.1.2.6. ESTUDIOS DE IMAGEN: TC Y RM

Estas técnicas pueden ser útiles en aquellos casos en los que el resto de las pruebas no resultan concluyentes para determinar el punto de obstrucción. Además de medir el AST de las fosas nasales, permiten, mediante el procesamiento informático de imágenes, determinar automáticamente dónde se localiza el MCA o calcular el volumen de la cavidad nasal.⁸²

Algunos de los inconvenientes reseñables son los costes o la ausencia de mediciones funcionales. A los anteriores, habría que añadir la radiación a la que se expone el paciente, en el caso del TC; y el tiempo prolongado del procedimiento o la posibilidad de excluir a los pacientes claustrofóbicos, en el caso de la RM. Además, cabe mencionar que la evidencia actual sugiere que los síntomas subjetivos se correlacionan mejor con el flujo o la resistencia que con el análisis volumétrico, sea medido con rinometría acústica, RM o TC.^{75,79}

3.3.1.2.7. SIMULACIÓN MEDIANTE DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL CON TC (CFD-TC)

La técnica de CFD-TC emplea la tomografía computarizada para obtener imágenes de la cavidad nasal y así construir un modelo 3D que represente la geometría del espacio aéreo nasal. Sobre este modelo, un software especializado simula el flujo de aire imitando una inspiración continua con un gradiente de presión entre las narinas y la nasofaringe.

Gracias a esta tecnología se pueden obtener diferentes características del flujo aéreo, como la velocidad, resistencia, la fuerza cortante de la pared (shear stress), el flujo de calor o la humidificación.⁸⁷ Otra de las ventajas que ofrece esta técnica es la oportunidad de crear simulaciones de los resultados quirúrgicos, pudiendo plantear opciones quirúrgicas personalizadas para cada paciente.^{69,88}

Sin embargo, el paciente es sometido a una radiación importante, se trata de una técnica cara y requiere tiempo para la realización y para la formación de los especialistas.⁷⁹ Por otra parte, exige asunciones poco fisiológicas, ya que los cálculos se realizan asumiendo un comportamiento rígido de las paredes, o con discretos ajustes informatizados. Sin embargo, no tiene en cuenta el componente de colapso valvular nasal.

4. Métodos

4.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El diseño del estudio es de base hospitalaria. Los participantes en el estudio han sido reclutados de la consulta de rinología del Complejo Hospitalario de Santiago de Compostela.

4.2. CAPTACIÓN DE PARTICIPANTES. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

4.2.1. Criterios de selección de participantes

Se ha ofrecido la participación voluntaria a pacientes mayores de 18 años atendidos en la consulta de rinología y otorrinolaringología general perteneciente al servicio de Otorrinolaringología del Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela que refieran insuficiencia respiratoria nasal.

Se ofreció también la participación a voluntarios sanos sin insuficiencia respiratoria nasal para contemplar todo el abanico de función nasal. Los responsables de dicha consulta durante la realización del presente estudio han sido el Dr. Gabriel Martínez Capoccioni y el Dr. Christian Calvo Henríquez.

4.2.2. Criterios de exclusión de participantes

Han sido sistemáticamente excluidos de la participación aquellos pacientes que reúnan alguna de las siguientes características:

- Pacientes incapaces de realizar rinomanometría de forma adecuada (perforación septal, patología nasosinusal completamente obstructiva), de acuerdo con los criterios de “*Standardization Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway, IRS, and ERS. Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry*”.⁸⁹
- Pacientes que rechazan participar en el estudio.
- Pacientes menores de 18 años (debido a que los valores en la rinomanometría deben ajustarse por la edad,⁹⁰ la proporción céfalo-corporal difiere a la del adulto, y debido al uso de radiación ionizante).
- Mujeres embarazadas.
- Pacientes con incapacitación legal.
- Pacientes con alteraciones conocidas o referidas del equilibrio que puedan suponer un factor de confusión en la posturografía.
- Pacientes con alteraciones musculoesqueléticas que puedan suponer un factor de confusión en la posturografía (lesiones de rodilla, lesiones de cadera, hernia discal, entre otras).

4.3. PERIODO DE ESTUDIO

El diseño del estudio es de corte o transversal. Todos los participantes realizaron las pruebas diagnósticas en la misma consulta. Los participantes fueron reclutados y estudiados desde el 15/5/2019 hasta el 20/11/2019.

Los participantes fueron reclutados de manera consecutiva hasta alcanzar el tamaño muestral.

4.4. JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL

Para el cálculo del tamaño muestral inicial se siguieron las indicaciones de Argimon J, Jiménez J. *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. 4.^a ed. Elsevier España S.L. Para la hipótesis principal de estudio, se realizó el cálculo de tamaño muestral para un estudio de correlación. Se asumió

un error alfa del 5 % bilateral, una potencia del 90 % y un valor r arbitrario de 0,7 (debido a que no existen estudios previos), obteniéndose un tamaño muestral de 17 individuos. Por este motivo se decidió inicialmente incluir 20 participantes en el estudio.

Debido a que no existían estudios previos con los que ajustar el cálculo de tamaño muestral, se realizó un estudio de rastreo con los primeros 15 participantes, obteniendo un valor r de -0,42. El nuevo cálculo de tamaño muestral, siguiendo las mismas indicaciones, arrojó un resultado de 55,54 participantes. Se decidió con este nuevo cálculo incluir 60 participantes en el estudio. Con este cálculo muestral la potencia del estudio para el objetivo principal fue de 80,78%.

4.5. MEDICIONES E INTERVENCIONES. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Se elaboró un cuaderno de recogida de datos anonimizado, al cual se incorporaron todas las variables observadas empleando el sistema de validación de entrada de datos. Las variables estudiadas se encuentran enumeradas en la Tabla 1.

Número de paciente	Ángulo de la columna cervical
Sexo	Eje sagital C2-C7
Edad	Ángulo de Cobb L1-L5
Motivo de consulta	Desplazamiento laterolateral CDG
Dolor cervical	Desplazamiento anteroposterior CDG
Dolor lumbar	Resistencia nasal total*
Preferencia unilateral de la masticación	Resistencia fosa nasal derecha*
Ángulo de Cobb C2-C7	Resistencia fosa nasal izquierda*
Ángulo de Cobb C2-C4	Flujo aéreo nasal total*
Ángulo de Harrison C2-C7	Flujo aéreo fosa nasal derecha*
Ángulo de Harrison C2-C4	Flujo aéreo fosa nasal izquierda*

Tabla 1. Lista de variables recogidas en el estudio. CDG: centro corporal de gravedad. Las variables marcadas con un asterisco fueron recogidas en situación basal y tras la aplicación de un vasoconstrictor nasal tópico.

4.5.1. Historia clínica y anamnesis

4.5.1.1. DOLOR CERVICAL Y DOLOR LUMBAR

Se les preguntó a los participantes por la presencia episodios de dolor cervical y/o lumbar con una frecuencia de al menos una vez a la semana.

4.5.1.2. MOTIVO DE CONSULTA

Se les preguntó a los participantes por la patología de base o motivo por el que habían sido derivados a las consultas del servicio de otorrinolaringología.

4.5.1.3. PREFERENCIA UNILATERAL DE LA MASTICACIÓN

Se les preguntó a los participantes si percibían algún tipo de preferencia unilateral en la masticación o, por el contrario, muestran indiferencia respecto a ello. En caso de duda se les dio pan para explorar la preferencia de masticación.

4.5.2. Radiografías

El análisis de las radiografías fue realizado por un radiólogo experto (Dr. Diogo Pereira), quien no dispuso de acceso a la información del resto de pruebas, lo que aseguró el ciego de la evaluación, evitando sesgo de información.

Las radiografías fueron realizadas en colaboración con el servicio de Radiología del Hospital Clínico de Santiago de Compostela, realizándose el mismo día que el resto de las evaluaciones para permitir la comparación entre las distintas pruebas diagnósticas. Todos los técnicos en radiología colaboradores en el estudio fueron instruidos en la técnica para realizar la radiografía.

Se realizó radiografía lateral y anteroposterior cervical y lumbar a todos los sujetos participantes en el estudio. La radiografía cervical incluyó la totalidad de la columna cervical, superiormente limitado por la silla turca e inferiormente por las clavículas. La radiografía fue realizada en posición natural, con la vista al infinito tras realizar 3 ciclos de inspiración-espирación, siendo la radiografía realizada en la última espiración. La radiografía fue realizada sin angular, y sin apoyarse en el chasis para asegurar una posición natural. La radiografía lumbar incluyó la totalidad de la columna lumbar, limitado superiormente por la parrilla costal e inferiormente por las crestas ilíacas y sacro. Las radiografías fueron tomadas en bipedestación, siguiendo la misma técnica que en la radiografía cervical.

4.5.2.1. LORDOSIS CERVICAL

La lordosis occipito-cervical fue medida de acuerdo con el método de Cobb y método de Harrison (figura 2).^{91,92}

Método de las tangentes posteriores de Harrison. C2-C7, C2-C4. El ángulo de Harrison se mide en la radiografía lateral cervical. El ángulo se mide entre dos líneas tangentes a la pared posterior del cuerpo vertebral. Los ángulos de lordosis o de extensión cervical se referencian como ángulos negativos, mientras que los de cifosis o flexión son positivos. Las tangentes posteriores se delimitan entre los ángulos posterosuperior y posteroinferior de los cuerpos vertebrales estudiados, en este caso C2, C4 y C7.

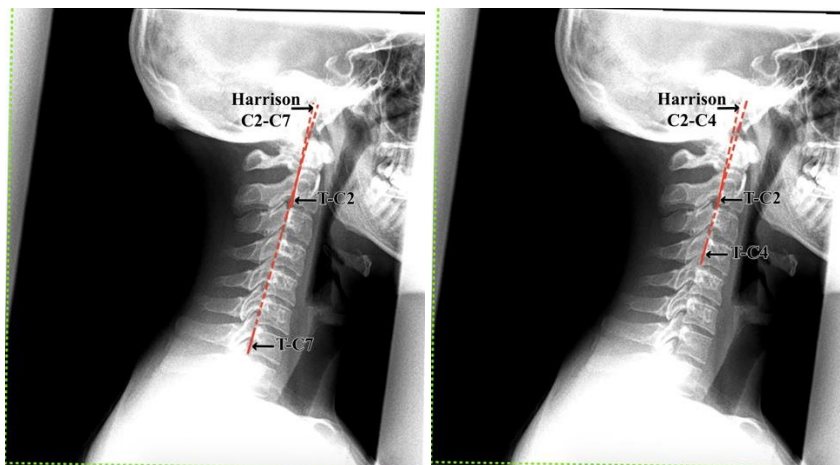


Figura 9. Izquierda: ángulo de Harrison C2-C7. T-C2 (tangente posterior al cuerpo vertebral de C2). T-C7 (tangente posterior al cuerpo vertebral de C7). / Derecha: ángulo de Harrison C2-C4. T-C2 (tangente posterior al cuerpo vertebral de C2). T-C4 (tangente posterior al cuerpo vertebral de C4). Nótese la rectificación de la columna cervical en ambas mediciones, reflejado en el mínimo ángulo de lordosis (Harrison C2-C4 y Harrison C2-C7).

Método de Cobb C2-C7, C2-C4. El ángulo de Cobb se mide en la radiografía lateral cervical. El ángulo de Cobb corresponde al ángulo formado entre dos líneas tangentes a la pared inferior del cuerpo vertebral de las vértebras estudiadas. Las tangentes inferiores se delimitan entre el ángulo anteroinferior y posteroinferior de los cuerpos vertebrales estudiados, en este caso C2, C4 y C7.

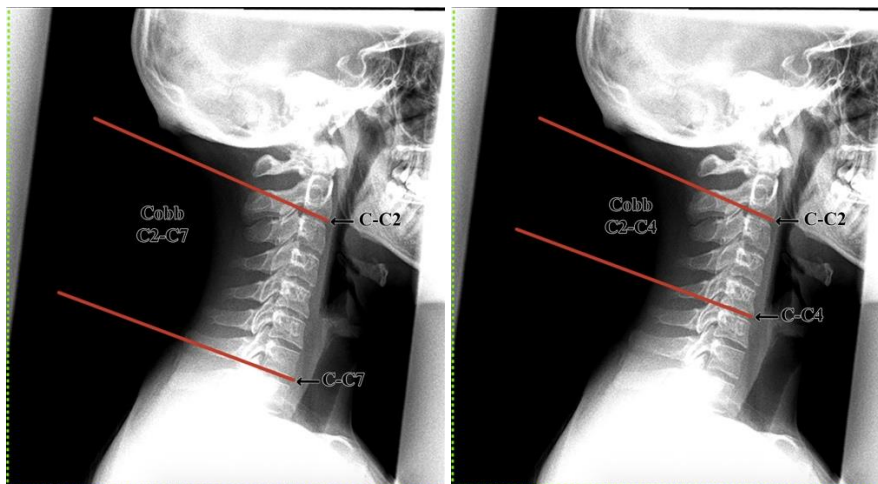


Figura 10. Izquierda: ángulo de Cobb C2-C7. C-C2 (tangente inferior al cuerpo vertebral de C2). C-C7 (tangente inferior al cuerpo vertebral de C7). / Derecha: ángulo de Cobb C2-C4. C-C2 (tangente inferior al cuerpo vertebral de C2). C-C4 (tangente inferior al cuerpo vertebral de C4). Nótese la rectificación de la columna cervical en ambas mediciones.

4.5.2.2. PROYECCIÓN ANTERIOR CEFÁLICA (FHP)

Ángulo de la columna cervical. El ángulo de la columna cervical (ACC) se mide de acuerdo con las indicaciones de Harrison y cols.⁹³ Es el ángulo formado por la línea horizontal verdadera y una recta que pasa entre el aspecto posterosuperior del cuerpo de C2 y el aspecto posteroinferior del cuerpo de C7.

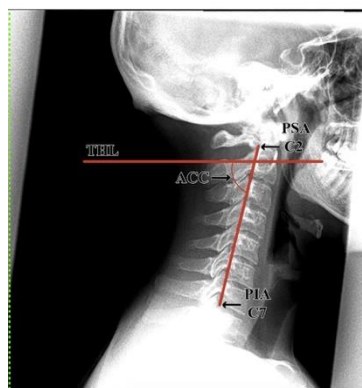


Figura 11. Ángulo de la columna cervical: PSA-C2 (aspecto posterosuperior del cuerpo de C2). PIA-C7 (aspecto posteroinferior del cuerpo de C7). THL (línea horizontal verdadera). ACC (ángulo de la columna cervical).

Eje vertebral sagital de C7. El eje vertical se mide de acuerdo con las indicaciones de Smith y cols.⁹⁴ El centro de gravedad cervical se define como una recta paralela a la línea vertical verdadera pasando por el centroide de C2. El centroide de C2 se delimita entre el cruce de dos rectas trazadas entre el aspecto posteroinferior de C2 y el aspecto anterosuperior de C2, y otra pasando por el aspecto anteroinferior y el posterosuperior de C2. La medida aquí referenciada se toma desde la intersección de una línea perpendicular al centro de gravedad hasta el aspecto posterosuperior del cuerpo de C7.

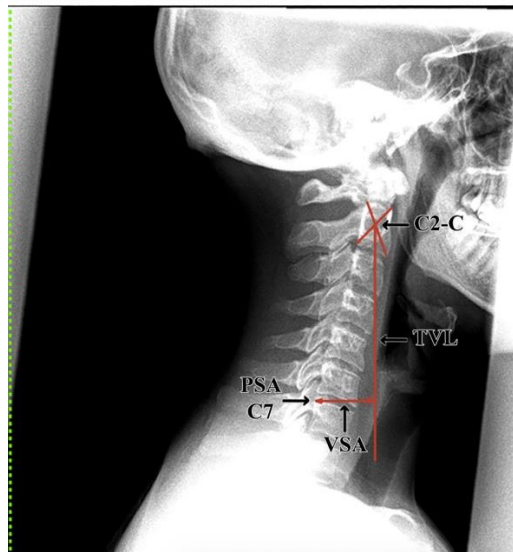


Figura 12. Eje vertical sagital C2-C7: C2-C (centroide de C2). TVL (línea vertical verdadera, pasando por el centroide de C2). PSA-C7 (aspecto posterosuperior de C7). VSA (eje vertical sagital C2-C7).

4.5.2.3. LORDOSIS LUMBAR

La lordosis lumbar fue medida de acuerdo con el método de Cobb en la radiografía lateral lumbar. El ángulo de Cobb corresponde, al igual que se describe anteriormente, al ángulo formado entre dos líneas tangentes a la pared inferior del cuerpo vertebral de las vértebras estudiadas. En este el ángulo estudiado fue L1-L5.

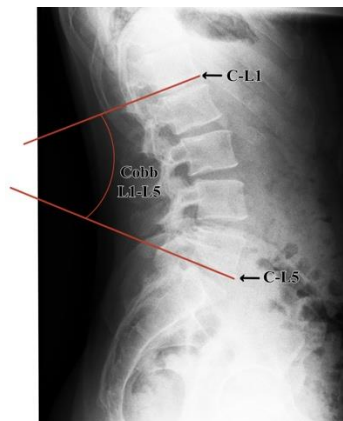


Figura 13. Ángulo de Cobb L1-L5: C-L1 (tangente inferior al cuerpo vertebral de L1). C-L5 (tangente inferior al cuerpo vertebral de L5). Cobb L1-L5 (ángulo de Cobb L1-L5).

4.5.3. Posturografía dinámica

La posturografía dinámica es un estudio del equilibrio que permite investigar por separado los distintos componentes de este (visual, propioceptivo y vestibular), así como el centro de gravedad y los límites de estabilidad. Es práctica clínica habitual en las consultas de otorrinolaringología como parte del estudio objetivo del equilibrio, aunque disponible en pocos centros por su coste.

Los participantes realizaron posturografía dinámica con el dispositivo Smart Equitest®. Este dispositivo dispone de una plataforma para estudio del centro de gravedad con un entorno móvil que

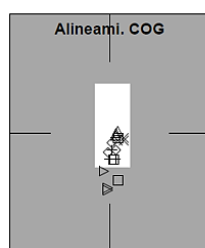
anula la información visual y una plataforma móvil que anula la información propioceptiva. Los participantes se encuentran sujetos por cinchas que evitan el riesgo de caídas (ver Figura 14)

Este dispositivo permite realizar diferentes tipos de evaluaciones. Para este estudio se seleccionó la prueba de organización sensorial, que consta de seis condiciones, cada una de las cuales es realizada en tres ocasiones (Condición 1: Ojos abiertos, entorno visual fijo y plataforma fija. Condición 2: Ojos cerrados y plataforma fija. Condición 3: Ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma fija. Condición 4: Ojos abiertos y plataforma móvil, entorno visual fijo. Condición 5: Ojos cerrados y plataforma móvil. Condición 6: Ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma móvil).

Para este trabajo se seleccionaron los datos de la condición 2, con el objetivo de evitar la información visual. Los resultados aportados por el software de esta prueba proporcionan 2 datos diferentes, el primero hace referencia al desplazamiento laterolateral del centro corporal de gravedad, referenciando como negativo el desplazamiento a la izquierda y positivo hacia la derecha. El segundo dato hace referencia al desplazamiento del centro corporal de gravedad en el plano anteroposterior, siendo negativo el desplazamiento posterior, y positivo el anterior. Se han considerado la media de las tres mediciones de estas dos variables para el estudio (ver Figura 15).



Figura 14. Posturografía dinámica



Condiciones	Alineami. COG					
	Prueba1		Prueba2		Prueba3	
1	0.3	-0.1	0.3	0	0.4	0.1
2	0.4	-0.3	0.7	-0.3	0.7	-0.2
3	0.1	-0.4	-0.1	-0.8	0.3	-0.7
4	0	-1.1	0.3	-1.1	0.1	-0.7
5	0.2	-1.1	0.4	-0.2	0.4	-2
6	-0.3	-1.6	-0.1	-2.3	-0.1	-2.4

Figura 15. Alineamiento del centro de gravedad obtenido mediante Test de Organización Sensorial en Posturografía Dinámica. A la izquierda, representación gráfica (cada icono se corresponde con las diferentes condiciones). A la derecha, representación numérica. La primera columna (azul), representa el desplazamiento laterolateral. La segunda columna (rojo) representa el desplazamiento anteroposterior.

Cada uno de los evaluadores realizó las pruebas de manera independiente, desconociendo el resultado del resto de pruebas para asegurar el ciego de las evaluaciones. La posturografía dinámica fue realizada por los investigadores Miguel Rodríguez Iglesias y Gabriel Martínez Capoccioni.

4.5.4. Rinomanometría

Como se explicó en el punto 3.3.1.2.4, la rinomanometría es una prueba inocua que permite el estudio del flujo nasal. Con ecuaciones matemáticas puede obtenerse información de la resistencia nasal al flujo de aire.

La prueba se realiza con el paciente respirando a través de una mascarilla con una de las fosas nasales taponada. La prueba se realiza pre y post vasoconstrictor nasal. En pacientes con contraindicación para el uso de vasoconstrictor nasal (arritmia cardíaca, antecedente de retención aguda de orina, antecedente de infarto agudo de miocardio o angina cardíaca), la prueba se realiza únicamente sin vasoconstrictor.

El estudio se realizó con el equipo Rhino-Base de Otopront®. Es práctica clínica habitual en las consultas de otorrinolaringología como parte del estudio objetivo de la insuficiencia respiratoria nasal. El estudio se realizó siguiendo las normas de “*Standardization Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway, IRS, and ERS. Consensus report on acoustic rhinometry and rinomanometry*”.⁸⁹ Se utilizó una consulta específicamente preparada para la realización de esta prueba, con humedad constante y sin ventanas. Se indicó un periodo de aclimatación de 15 minutos previo a la realización de la prueba.

La rinomanometría fue realizada con y sin vasoconstrictor nasal. La rinomanometría se realizó después de la posturografía y radiografía, para evitar que la vasoconstricción nasal pueda alterar los resultados del resto de pruebas diagnósticas.

Cada uno de los evaluadores realizó las pruebas de manera independiente, desconociendo el resultado del resto de evaluaciones para asegurar el ciego de estas. La rinomanometría fue realizada por los Dres. Christian Calvo Henríquez y Byron Maldonado Alvarado.

Las variables estudiadas fueron flujo total antes del uso de vasoconstrictor (cm^3), y resistencia nasal total antes del uso de vasoconstrictor (Pa s/cm^3).

4.6. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todo el análisis estadístico fue realizado con STATA para Macintosh v. 15.1 (StataCorp ®).

El comportamiento de las variables cuantitativas se ha estudiado mediante la prueba de Shapiro-Wilk, asumiendo que se siguen una distribución normal aquellas con $p > 0,05$.

En la elaboración de la matriz de correlación entre las variables cuantitativas, se ha empleado el coeficiente de correlación de Pearson en aquellas variables que mostraron una distribución normal. En caso contrario, se ha optado por su variante no paramétrica (coeficiente de correlación de Spearman).

El estudio de las diferencias en la resistencia nasal en función del motivo de consulta se ha realizado mediante test de contraste de hipótesis U de Mann-Whitney. Otras relaciones que se han estudiado mediante esta prueba estadística son: edad - dolor cervical, edad - dolor lumbar, CDG anteroposterior - dolor cervical y CDG anteroposterior - dolor lumbar.

El estudio de las diferencias en las variables radiológicas en función de la obstrucción nasal, del dolor cervical y del dolor lumbar fue realizado empleando la prueba T de Student en aquellos casos en los que la variable a estudio siguiese una distribución normal en ambos grupos de comparación. En caso contrario, se ha optado por su variante no paramétrica (U de Mann-Whitney).

A todas las pruebas de comparación de medias se les ha calculado su potencia o poder estadístico, así como el tamaño muestral estimado que sería necesario para lograr un poder estadístico del 80%.

Para estudiar la relación entre dos variables cualitativas, se ha construido una tabla de contingencia con la prueba de Ji-Cuadrado. Dicha prueba fue aplicada para estudiar las siguientes relaciones: dolor cervical – dolor lumbar, dolor cervical – obstrucción nasal y dolor lumbar – obstrucción nasal. En caso de obtener algún valor teórico o esperado < 5 , como en el estudio de la relación entre la preferencia masticatoria y las categorías del desplazamiento lateral del CDG, se ha optado por la prueba exacta de Fisher.

Se consideran resultados estadísticamente significativos aquellos con $p < 0,05$.

5. Resultados

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Se incluyeron 60 sujetos, 30 varones y 30 mujeres. La edad media fue 41,41, desviación estándar 15,87 años, con un rango intercuartílico 25,83 años.

5.1.1. Descripción de las variables cuantitativas estudiadas

El número de observaciones, media, desviación típica, mínimo, máximo, coeficientes de asimetría y curtosis y se recogen en la Tabla 2.

Variable	n	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Coef. de asimetría	Coef. de curtosis	SW p-valor
Edad	60	41,411	15,865	18,100	87,581	0,545	2,631	0,012
Ángulo de Cobb C2-C7	50	13,812	9,256	0,500	34,200	0,587	2,518	0,018
Ángulo de Cobb C2-C4	51	6,551	5,292	0,000	24,500	1,091	4,226	0,001
Ángulo de Harrison C2-C7	50	20,098	11,088	0,100	45,500	0,339	2,834	0,145
Ángulo de Harrison C2-C4	51	9,690	7,779	-1,700	38,200	1,065	4,824	0,003
ACC	50	79,094	8,385	59,200	97,600	0,008	2,900	0,966
Eje sagital C2-C7	49	31,484	11,922	12,500	63,100	0,419	2,721	0,337
Ángulo de Cobb L1-L5	51	46,702	12,722	0,000	84,900	-0,260	6,195	0,010
Desplaz. laterolateral CDG	60	-0,094	0,631	-2,300	1,167	-0,576	4,210	0,180
Desplaz. anteroposterior CDG	60	0,090	0,959	-1,433	3,800	1,065	5,484	0,003
Resistencia nasal	49	0,440	0,332	0,120	2,170	3,306	16,731	0,000
Flujo aéreo nasal	50	455,160	246,896	24,000	1.226,000	0,886	3,651	0,011

Tabla 2. Descripción de las variables cuantitativas. La última columna representa el p-valor de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Sombreadas, aquellas variables que siguen una distribución normal. ACC: Ángulo de la columna cervical. CDG: Centro corporal de gravedad.

5.1.2. Descripción de las variables cualitativas.

5.1.2.1. DOLOR CERVICAL Y LUMBAR

La presencia o ausencia de dolor cervical y lumbar fue recogida mediante dos variables cualitativas dicotómicas (sí/no). El 43,33 % de los participantes refirió presentar dolor cervical al menos 1 vez a la semana. El 46,67 % de los participantes refirió presentar dolor lumbar al menos 1 vez a la semana.

5.1.2.2. MOTIVO DE CONSULTA

El motivo de consulta, la resistencia nasal y el desvío anteroposterior en la posturografía por subgrupos se resumen en la Tabla 3.

Motivo de consulta	n	Resistencia nasal		Desplaz. Anteroposterior CDG	
		Media	Mediana	Media	Mediana
IRN percibida	16	0,351	0,280	0,290	0,317
Asintomático	13	0,389	0,390	-0,231	-0,167
Rinitis	9	0,665	0,470	0,374	0,467
Colapso valvular	8	0,447	0,440	0,087	-0,150
Desvío septal	6	0,516	0,420	0,256	-0,315
Apnea del sueño	6	0,348	0,385	0,122	0,317
Patología cervical	2	---	---	-0,583	-0,583

Tabla 3. Resistencia nasal y desplazamiento anteroposterior del centro corporal de gravedad en función del motivo de consulta. IRN: insuficiencia respiratoria nasal. CDG: centro de gravedad. (---): datos perdidos.

5.1.2.3. OBSTRUCCIÓN NASAL

A partir de la variable cuantitativa “resistencia nasal” se generan dos nuevas variables de trabajo categóricas con el objetivo de realizar el análisis estadístico. La primera es una variable dicotómica según sea el resultado igual o menor a 0,30 sPa/ml (valor asumido como límite superior de normalidad)^{84,95} o mayor a 0,30 sPa/ml. La segunda variable, descrita en la Tabla 4, se basa en los cuatro grados de obstrucción indicados por el fabricante del rinomanómetro utilizado en este estudio (no obstrucción, obstrucción leve, obstrucción moderada y obstrucción severa).

Grado de obstrucción	n
No obstrucción ($r < 0,3$)	16
Obstrucción leve ($0,3 \leq r < 0,5$)	21
Obstrucción moderada ($0,5 \leq r \leq 0,8$)	9
Obstrucción severa ($r > 0,8$)	3
Total	49

Tabla 4. Grados de obstrucción en función de la resistencia nasal (sPa/ml).

5.1.2.4. CENTRO CORPORAL DE GRAVEDAD

A partir de la variable cuantitativa “desplazamiento anteroposterior CDG” se genera una nueva variable de trabajo categórica que clasifica la muestra en “anterior”, “posterior” y “neutro”. Para ello, al no existir información publicada sobre ello, se establecen arbitrariamente los valores -0,1 y 0,1 como límites entre las tres categorías (Tabla 5). Estos valores se toman en base a la experiencia clínica de los investigadores.

Siguiendo el mismo método, a partir de la variable cuantitativa “desplazamiento laterolateral CDG”, se genera una nueva variable de trabajo categórica que clasifica la muestra en “izquierdo”, “derecho” y “neutro”.

CDG anteroposterior			CDG laterolateral		
		n			n
Anterior	($CDG > 0,1$)	27	Derecho	($CDG > 0,1$)	21
Posterior	($CDG < -0,1$)	27	Izquierdo	($CDG < -0,1$)	27
Neutro	($-0,1 \leq CDG \leq 0,1$)	6	Neutro	($-0,1 \leq CDG \leq 0,1$)	12
Total		60	Total		60

Tabla 5. Variables categóricas del CDG (centro corporal de gravedad)

5.1.2.5. PREFERENCIA UNILATERAL DE LA MASTICACIÓN

Para registrar la información sobre la masticación, se crea una variable categórica con los valores “Derecha”, “Izquierda” e “Indiferente”. Entre los participantes en el estudio, un 43,33 % mostraron preferencia por el lado derecho, el 38,33 % por el izquierdo y el porcentaje de pacientes que mostraron indiferencia fue del 18,33 %.

5.2. ANÁLISIS DE LA MUESTRA

5.2.1. Matriz de correlación entre variables cuantitativas.

Se construye una matriz de correlación entre las variables numéricas referidas en el punto 5.1.1. Para ello, se emplea el test de correlación de Pearson o su variante no paramétrica (correlación de Spearman) en función si la variable tiene o no un comportamiento normal. Se define como correlación fuerte un $|r| \geq 0,7$; correlación moderada si $|r| \geq 0,4$; y una correlación débil si $|r| < 0,4$.

	Resistencia nasal	Flujo aéreo nasal	Cobb C2-C7	Cobb C2-C4	Harrison C2-C4	Desplaz. AP CDG	Cobb L1-L5	Harrison C2-C7	Eje sagital C2-C7
Resistencia nasal	1,00								
Flujo aéreo nasal	-1* (0,000)	1,00							
Cobb C2-C7	-0,2024 (0,1930)	0,204 (0,189)	1,00						
Cobb C2-C4	-0,2753 (0,074)	0,272 (0,077)	0,517* (0,000)	1,00					
Harrison C2-C4	-0,318* (0,038)	0,312* (0,042)	0,237 (0,126)	0,512* (0,000)	1,00				
Desplaz AP CDG	-0,359* (0,018)	0,362* (0,017)	-0,076 (0,630)	0,03 (0,812)	0,062 (0,693)	1,00			
Cobb L1-L5	0,037 (0,814)	-0,035 (0,824)	-0,246 (0,111)	0,002 (0,992)	-0,064 (0,683)	-0,205 (0,188)	1,00		
Harrison C2-C7	-0,292 (0,057)	0,291 (0,58)	0,864* (0,000)	0,492* (0,001)	0,394* (0,009)	-0,065 (0,678)	-0,224 (0,150)	1,00	
Eje sagital C2-C7	0,030 (0,848)	-0,031 (0,843)	-0,314* (0,041)	-0,178 (0,255)	0,143 (0,360)	0,109 (0,485)	-0,120 (0,443)	-0,206 (0,155)	1,00
ACC	-0,087 (0,579)	0,085 (0,587)	0,398* (0,008)	0,224 (0,150)	-0,066 (0,675)	-0,086 (0,583)	0,082 (0,600)	0,306* (0,031)	-0,858* (<0,001)

Tabla 6. Matriz de correlación. En blanco, correlación de Spearman. Sombreado, correlación de Pearson. Entre paréntesis, p-valor. En negrita y con asterisco si $p < 0,05$.

Se obtuvo una correlación fuertemente negativa entre la resistencia y el flujo aéreo ($r = -1$), así como una correlación débilmente negativa entre la resistencia y el ángulo de Harrison C2-C4 ($r = -0,318$) y entre la resistencia y el desplazamiento anteroposterior del centro de gravedad ($r = -0,359$). No se ha encontrado correlación estadísticamente significativa entre la resistencia nasal y el resto de las variables.

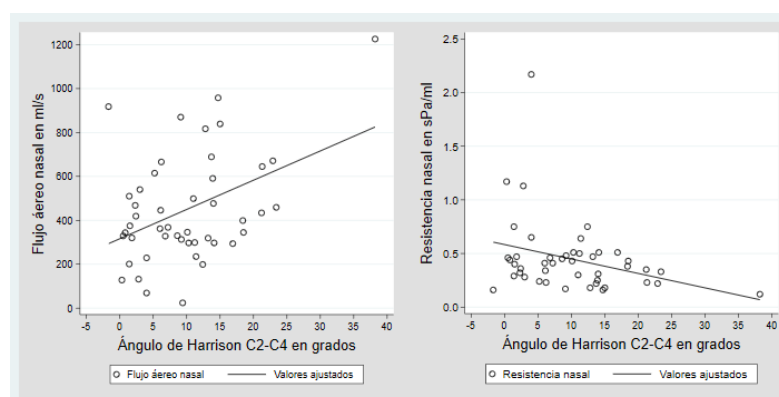


Figura 16. Diagrama de puntos con línea de tendencia. Izquierda: relación entre el ángulo de Harrison C2-C4 y el flujo aéreo nasal. Derecha: relación entre el mismo ángulo y la resistencia nasal.

Mientras que el flujo aéreo presenta una correlación débilmente positiva con el ángulo de Harrison C2-C4 ($r = 0,312$) y con el desplazamiento anteroposterior del centro de gravedad ($r = 0,362$). No se ha encontrado correlación estadísticamente significativa entre el flujo y el resto de las variables.

No se ha encontrado una correlación estadísticamente significativa entre el desplazamiento anteroposterior del CDG y los parámetros radiológicos evaluados.

El ACC presenta una relación débilmente positiva con los ángulos de Cobb ($r = 0,398$) y Harrison ($r = 0,306$) entre C2-C7, mientras que muestra una correlación negativa fuerte con el eje sagital C2-C7 ($r = -0,858$), ambas estadísticamente significativas. No se han observado diferencias estadísticamente significativas entre el ángulo ACC y el resto de las variables.

El eje sagital cervical determinado entre C2 y C7 muestra una correlación débilmente negativa con el ángulo de Cobb C2-C7 ($p = 0,041$).

No se ha observado correlación estadísticamente significativa entre la lordosis lumbar (Cobb L1-L5) y el resto de las variables cuantitativas estudiadas.

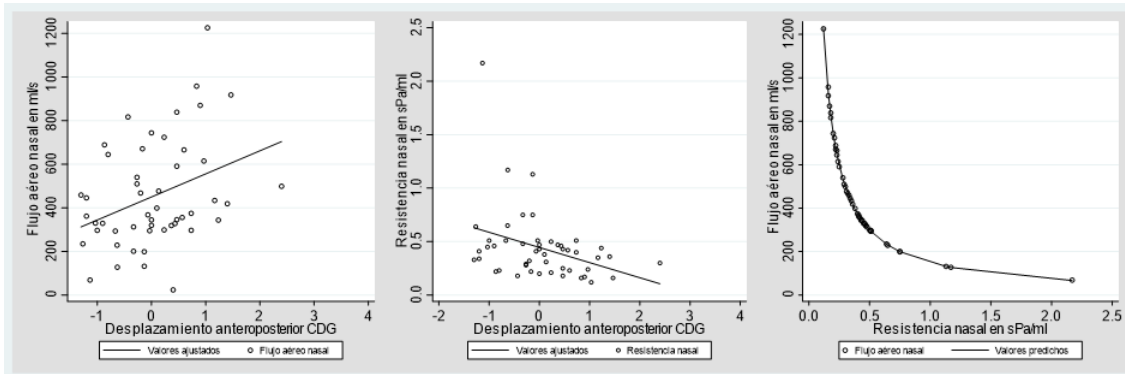


Figura 17. Diagrama de puntos con línea de tendencia. Izquierda: relación entre flujo aéreo y desplazamiento anteroposterior del CDG; Centro: relación entre resistencia nasal y desplazamiento anteroposterior del CDG; Derecha: relación entre flujo aéreo y resistencia nasal.

5.2.2. Relación entre el desplazamiento del anteroposterior del CDG y la resistencia nasal en función de la edad

Se estudia mediante el coeficiente de correlación de Spearman la relación entre el desplazamiento anteroposterior del CDG y la resistencia nasal en función de la edad (< 40 años y ≥ 40 años). En el grupo de los sujetos más jóvenes, ambas variables presentan una relación débilmente negativa ($r = -0,266$; $p = 0,180$). En el grupo de sujetos con edad ≥ 40 años, existe una correlación moderadamente negativa y estadísticamente significativa ($r = -0,509$; $p = 0,016$).

5.2.3. Relación entre resistencia nasal y motivo de consulta

Se comparó mediante U de Mann-Whitney la resistencia nasal de pacientes asintomáticos ($n = 12$; media = 0,389) con la de pacientes con insuficiencia nasal percibida descartando otros motivos de consulta ($n = 14$; media = 0,351). A pesar de encontrar una resistencia nasal media superior en el grupo de pacientes asintomáticos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($z = 1,133$; $p = 0,268$).

Se comparó mediante U de Mann-Whitney la resistencia nasal en pacientes asintomáticos ($n = 12$; media = 0,389) con la de pacientes sintomáticos por cualquier causa ($n = 37$; media = 0,456). A pesar de que la media de resistencia nasal fue superior en el grupo de pacientes sintomáticos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($z = 0,058$; $p = 0,959$).

5.2.4. Obstrucción nasal y patrones radiográficos

En la Tabla 7, se detalla la comparación realizada entre la media de las diferentes variables radiográficas cuantitativas según la variable dicotómica obstrucción nasal descrita en el punto 5.1.2.3. En el grupo de sujetos con obstrucción nasal, la media de todos los ángulos cervicales era menor que en el grupo de sujetos sin obstrucción nasal. Sin embargo, las diferencias halladas no fueron estadísticamente significativas. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el ángulo de Cobb L1-L5 ni en el eje C2-C7.

	Con obstrucción nasal			Sin obstrucción nasal			U de Mann Whitney		PE	n estimada
	n	Media	SD	n	Media	SD	z	p-valor		
Cobb C2-C4	31	5,277	3,768	14	9,143	7,211	1,557	0,122	0,429	107
Cobb L1-L5	31	47,990	14,658	14	45,014	9,316	-0,858	0,402	0,126	528
	Con obstrucción nasal			Sin obstrucción nasal			T-Student		PE	n estimada
	n	Media	SD	n	Media	SD	t	p-valor		
Cobb C2-C7	31	12,461	8,282	13	18,685	11,587	2,015	0,050	0,381	119
Harrison C2-C7	31	18,319	9,499	13	25,992	14,149	1,793	0,091	0,050	158
Harrison C2-C4	31	8,768	6,524	14	12,550	10,304	1,494	0,142	0,223	229
ACC	31	78,326	8,161	13	82,062	9,489	1,320	0,194	0,219	231
Eje C2-C7	30	31,633	10,750	13	29,269	14,465	-0,595	0,555	0,079	1211

Tabla 7. Comparación de medias de las variables radiográficas en función de obstrucción nasal. Se considera que existe obstrucción nasal si la resistencia es $\geq 0,3$ sPa/ml calculada con un flujo de 250 ml/s. ACC: Ángulo de la columna cervical. Obs: número de observaciones. SD: Desviación estándar. PE: Poder estadístico del test. n estimada: tamaño muestral estimado para un poder estadístico de 0,8.

< 40 años	Con obstrucción nasal			Sin obstrucción nasal			T-Student		PE	n estimada
	Obs	Media	SD	Obs	Media	SD	T	p-valor		
Cobb C2-C7	19	14,137	9,438	7	16,586	12,997	0,530	0,601	0,069	988
Cobb C2-C4	19	6,137	4,295	7	9,143	8,131	1,234	0,229	0,128	242
Harrison C2-C7	19	18,547	10,880	7	20,614	15,048	0,388	0,702	0,060	1850
Harrison C2-C4	19	9,832	7,008	7	9,314	7,584	-0,164	0,872	0,052	8220
Cobb L1-L5	19	48,258	17,237	7	49,529	8,296	0,186	0,854	0,057	3221
ACC	19	78,395	9,161	7	85,500	8,357	1,792	0,086	0,401	64
Eje C2-C7	19	31,516	11,679	7	25,243	12,209	-1,201	0,242	0,186	153
≥ 40 años	Con obstrucción nasal			Sin obstrucción nasal			U de Mann Whitney		PE	n estimada
	Obs	Media	SD	Obs	Media	SD	Z	p-valor		
ACC	12	78,217	6,654	6	78,050	9,821	0,187	0,892	0,050	100131
	Con obstrucción nasal			Sin obstrucción nasal			T-Student		PE	n estimada
	n	Media	SD	n	Media	SD	t	p-valor		
Cobb C2-C7	12	9,808	5,365	6	21,133	10,303	3,112	0,007*	0,572	30
Cobb C2-C4	12	3,917	2,288	7	9,143	6,824	2,468	0,025*	0,392	47
Harrison C2-C7	12	17,958	7,222	6	32,267	10,998	3,334	0,004*	0,704	24
Harrison C2-C4	12	7,083	5,537	7	15,786	12,170	2,155	0,046*	0,344	52
Cobb L1-L5	12	47,567	9,976	7	40,500	8,466	-1,569	0,135	0,324	60
Eje C2-C7	11	31,836	9,463	6	33,967	16,557	0,342	0,738	0,057	1659

Tabla 8. Comparación de medias de las variables radiográficas en función de obstrucción nasal estratificada por grupos de edad. Se considera que existe obstrucción nasal si la resistencia es $\geq 0,3$ sPa/ml calculada con un flujo de 250 ml/s. ACC: Ángulo de la columna cervical. Obs: número de observaciones. SD: Desviación estándar. PE: Poder estadístico del test. n estimada: tamaño muestral estimado para un poder estadístico de 0,8. Sombreado y con asterisco si $p < 0,05$.

5.2.5. Dolor y edad

La edad media de los sujetos con dolor cervical era de 49,38 años, frente a los 35,32 años de media que tenían los que no presentaban dicho dolor. Con el objetivo de averiguar si existe asociación entre el dolor cervical y la edad, se realiza una prueba U de Mann-Whitney, encontrando una asociación estadísticamente significativa ($z = -3,371$; $p = 0,001$).

Siguiendo el método descrito en el párrafo anterior, también se encontró una asociación estadísticamente entre la edad y el dolor lumbar ($z = -3,164$; $p = 0,001$). La edad media entre los que presentaban dolor lumbar era mayor (48,55 años) que la de los que no lo presentaban (35,18 años).

5.2.6. Asociación entre patrones de dolor

El 43,33 % de los pacientes de nuestra muestra presentaba dolor cervical al menos una vez a la semana. De ellos, un 73,08 % asociaban también dolor lumbar con la misma frecuencia. Mediante un test ji-cuadrado, se encuentra asociación estadísticamente significativa ($X^2 = 12,858$; $p = 0,000$) entre ambas variables.

	Con dolor cervical			Sin dolor cervical			U de Mann Whitney		PE	n estimada
	n	Media	SD	n	Media	SD	z	p-valor		
Cobb C2-C4	20	5,110	4,814	31	7,481	5,452	1,630	0,104	0,348	153
Harrison C2-C4	20	9,785	9,806	31	9,629	6,319	0,251	0,808	0,050	100273
Cobb L1-L5	20	44,240	14,837	31	48,290	11,121	1,023	0,314	0,175	354
							T-Student			
							t	p-valor		
Cobb C2-C7	20	11,975	8,019	30	15,037	9,938	1,150	0,256	0,213	275
Harrison C2-C7	20	19,410	11,649	30	20,557	10,875	0,350	0,728	0,063	3204
ACC	20	76,490	7,034	30	80,830	8,865	1,836	0,061	0,459	109
Eje C2-C7	19	34,589	11,675	30	29,517	11,846	-1,469	0,149	0,292	180
	Con dolor lumbar			Sin dolor lumbar			U de Mann Whitney		PE	n estimada
	n	Media	SD	n	Media	SD	z	p-valor		
Cobb C2-C4	24	5,129	4,354	27	7,815	5,794	1,576	0,117	0,448	116
Harrison C2-C4	24	9,325	8,473	27	10,015	7,254	0,472	0,643	0,060	4158
Cobb L1-L5	24	44,729	14,155	27	48,456	11,277	0,660	0,5183	0,169	380
							T-Student			
							t	p-valor		
Cobb C2-C7	23	12,283	8,318	27	15,115	9,955	1,080	0,286	0,186	330
Harrison C2-C7	23	18,157	10,143	27	21,752	11,767	1,160	0,252	0,203	295
ACC	23	75,683	7,495	27	82,000	8,119	2,840	0,007*	0,790	52
Eje C2-C7	22	35,295	12,016	27	28,378	11,112	-2,090	0,042*	0,515	93

Tabla 9. Comparación de medias de las variables radiográficas entre sujetos con y sin dolor cervical y lumbar. Sombreadas las diferencias estadísticamente significativas. ACC: Ángulo de la columna cervical. Obs: número de observaciones. SD: Desviación estándar. PE: Poder estadístico del test. n estimada: tamaño muestral estimado para un poder estadístico de 0,8.

5.2.7. Dolor cervical / lumbar y centro corporal de gravedad sagital

Se compara el desplazamiento anteroposterior del CDG con la presencia de dolor cervical. En los sujetos con dolor cervical, el CDG medio se encuentra en una posición posterior (-0,050) a la de los sujetos sin dicho dolor (0,197). Sin embargo, utilizando la prueba U de Mann Whitney no se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($z = 0,694$; $p=0,493$).

Si se estratifica la muestra en dos grupos de edad (< 40 años y ≥ 40 años), sí se encuentran diferencias estadísticamente significativas, dentro del grupo de pacientes más jóvenes, entre los que presentan dolor cervical y los que no lo presentan ($z = 2,394$; $p=0,015$). En la Figura 18, puede observarse la representación del valor medio del CDG en los distintos grupos. En ausencia de dolor cervical, el valor medio del desplazamiento del CDG se encontraba adelantado (0,185 en los jóvenes y 0,227 en los mayores). Cuando existe dolor cervical, mientras que en los pacientes jóvenes se puede observar un marcado desplazamiento posterior del CDG (-0,533), el cambio en los pacientes más mayores es mucho menor, permaneciendo el CDG en una posición anterior (0,165).

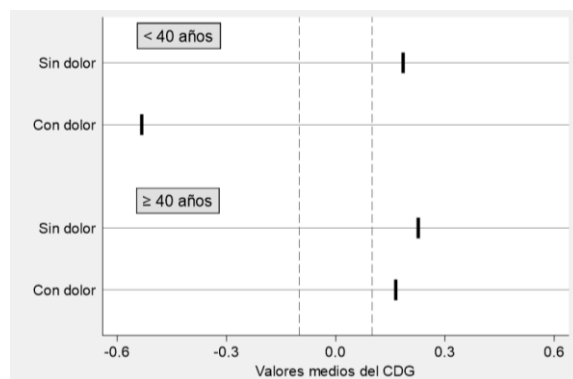


Figura 18. Representación del CDG en función del dolor cervical en los dos grupos de edad.

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre el desplazamiento anteroposterior del CDG en los sujetos que padecen dolor lumbar y el de aquellos que no lo padecen ($z = -0,126$; $p = 0,903$).

5.2.8. Dolor y resistencia nasal

Se estudia mediante una prueba de ji-cuadrado la relación entre la obstrucción nasal y la presencia de dolor cervical. El dolor cervical es más frecuente en los sujetos con obstrucción nasal, aunque los resultados no son estadísticamente significativos ($X^2 = 1,899$; $p = 0,168$).

Del mismo modo, se estudia la relación entre la obstrucción nasal y la presencia de dolor lumbar. El dolor lumbar es más frecuente en los sujetos con obstrucción nasal, aunque los resultados no son estadísticamente significativos ($X^2 = 1,307$; $p = 0,253$).

En la Tabla 10 puede observarse cómo, en los pacientes con obstrucción nasal, las frecuencias observadas para aquellos que presentan dolor cervical y/o lumbar son superiores a las esperadas.

		Obstrucción nasal				Obstrucción nasal	
		No	Sí			No	Sí
Dolor cervical	No	12 (9,8)	18 (20,2)	Dolor lumbar	No	11 (9,1)	17 (18,9)
	Sí	4 (6,2)	15 (12,8)		Sí	5 (6,9)	16 (14,1)
PE = 0,267; n estimada = 189				PE = 0,198; n estimada = 283			

Tabla 10. Tablas de contingencia entre dolor y obstrucción nasal. Entre paréntesis, frecuencias esperadas. PE: Poder estadístico del test. n estimada: tamaño muestral estimado para un poder estadístico de 0,8.

5.2.9. Preferencia unilateral de masticación y desplazamiento lateral del centro corporal de gravedad

Se desea comprobar si existe relación entre el modo de masticar (unilateral o bilateral) y el desplazamiento laterolateral del CDG. Mediante una prueba exacta de Fisher, se demuestra que existe asociación estadísticamente significativa entre ambas variables ($p = 0,038$), existiendo una concordancia entre el lado de preferencia para la masticación y el lado al que se desplaza el CDG. En las tres categorías de la masticación, el valor observado en su correspondiente categoría del desplazamiento del CDG fue superior al valor esperado.

		Desplazamiento lateral del CDG		
		Izquierdo	Neutro	Derecho
Masticación	Izquierda	12 (10,3)	3 (4,6)	8 (8,1)
	Indiferente	4 (5,0)	6 (2,2)	1 (3,9)
	Derecha	11 (11,7)	3 (5,2)	12 (9,1)

Tabla 11. Tabla de contingencia entre masticación y desplazamiento lateral del centro corporal de gravedad. Entre paréntesis, frecuencias esperadas.

6. Discusión

En este trabajo, se ha identificado una relación estadísticamente significativa entre la insuficiencia respiratoria nasal con un aumento en la lordosis cervical y el desplazamiento posterior del centro corporal de gravedad.

6.1. RESISTENCIA NASAL Y COLUMNA CERVICAL

La lordosis natural de la columna cervical ha sido considerada como una curva secundaria. Sin embargo, este concepto es erróneo ya que esta puede observarse aproximadamente a las 10 semanas de desarrollo fetal.^{96,97} Esta curvatura está formada por el acuñamiento posterior que tiene lugar cuando la altura de las vértebras y los discos intervertebrales es mayor en la región anterior que en la posterior.^{98,99} La lordosis cervical empieza a ser más evidente a los 4 meses de edad, cuando el niño comienza a levantar la cabeza, y su desarrollo máximo se alcanza cuando el niño adopta la sedestación. Posteriormente, esta curvatura se irá modificando debido a numerosos factores tales como la edad, traumatismos, cirugías o alteraciones en la ventilación nasal, como ha sido demostrado en este y en estudios previos.

En este trabajo se ha encontrado una correlación entre el ángulo de Harrison C2-C4 con la resistencia ($\rho = -0,318$) y con el flujo aéreo ($\rho = 0,312$) nasales, lo cual se traduce como una mayor extensión de la columna cervical alta a medida que aumenta la resistencia nasal. Pese a que en ambos casos se trata de una correlación débil, las diferencias son estadísticamente significativas. La inmensa mayoría de los estudios previos sobre la columna cervical se han centrado en la disminución su lordosis, por lo que la evidencia disponible en relación con la hiperlordosis es escasa. Sin embargo, los resultados de este trabajo poseen relevancia clínica, pues varios estudios relacionan la hiperlordosis cervical con una disminución de la calidad de vida,¹⁰⁰ con dolor cervical debido al compromiso del sistema articular posterior,¹⁰¹ y con vértigo.¹⁰² La compresión y estimulación de determinadas raíces raquídeas cervicales parecen desempeñar un papel en la patogenia de algunas cefaleas.¹⁰³ Además, una columna cervical hiperlordótica puede impedir un cierre adecuado de la epiglotis durante la deglución, favoreciendo la aspiración de alimentos y obstaculizando el paso del bolo alimenticio hacia el esófago, lo que contribuye a la aparición de una disfagia o al empeoramiento de una ya existente.¹⁰⁴

Los hallazgos de este estudio siguen la línea argumental iniciada por Ricketts,²³ quien sugirió que los pacientes con insuficiencia respiratoria nasal realizaban una extensión cervical con el objetivo de aumentar el calibre de la vía aérea. Posteriormente, se llevaron a cabo otros estudios (Okuro,²⁴ Cuccia¹⁰⁵) en los que se describe de un modo más concreto la extensión de los segmentos superiores de la columna cervical en pacientes con predominio de la respiración oral.

Más allá de contribuir a la expansión de la vía aérea, este movimiento de extensión podría formar parte de un mecanismo compensatorio basado en la “teoría del cono de economía” propuesto por Jean Dubousset (ver Figura 19).¹⁰⁶ Este autor define el cono de economía como el rango postural en el cual el cuerpo se mantiene en equilibrio con un esfuerzo mínimo y sin necesidad de ningún soporte externo. Así, la presencia de un desbalance sagital anterior de la columna cervical daría lugar a cambios en su curvatura para preservar el centro de gravedad cefálico dentro de este cono de economía, pues la mayor energía necesaria para mantener el cuerpo en equilibrio cuando se sitúa fuera del mismo puede ocasionar fatiga, dolor y discapacidad.^{106,107} Dichos cambios suelen producirse en la porción superior de la columna cervical debido a que C1-C2 son responsables de casi un 80 % de la lordosis cervical, mientras que el segmento C4-C7 solo proporcionan un 15 % de la misma.^{108,109}

En trabajos previos, la hiperlordosis cervical ha sido estudiada y tratada simplemente como una alteración postural, sin indagar en su etiología.¹¹⁰ Existen diversas técnicas manipulativas para tratar la hiperlordosis cervical. Sin embargo, estas técnicas han mostrado pobres resultados cuando se emplean

de modo aislado para tratar las alteraciones en alineamiento de las curvaturas sagitales de la columna.¹¹¹ Estos pobres resultados sugieren la necesidad de tener en cuenta factores concomitantes como la función nasal, entre otros.

Por otro lado, cualquier cambio en el alineamiento normal de la columna modifica su rigidez y flexibilidad, lo que por consiguiente afecta a la transferencia de cargas internas entre los elementos osteoligamentosos que la conforman. De este modo, se ven comprometidos el rango de movimiento y la cinética general de la cabeza y del cuello. La importancia de mantener el alineamiento para prevenir lesiones ha sido estudiada por varios autores. Se ha demostrado que la pérdida de la lordosis cervical multiplica por tres el riesgo de lesión ósea ante un impacto. Asimismo, la presencia de hiperlordosis incrementa el riesgo de lesión ligamentosa un 14 % y de lesión ósea y ligamentosa casi más de tres veces.⁴²

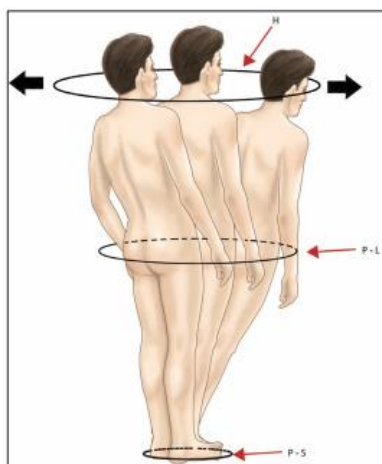


Figura 19. Cono de economía de Dubousset. El desvío de la zona central supone un mayor esfuerzo muscular y gasto energético para el mantenimiento de una postura erecta. El desvío más allá de los límites del cono da lugar a caídas o necesidad de soportes externos. H, head; P-L, pelvic level; P-S, polygon of sustentation.⁶⁴

En este trabajo no se ha identificado una correlación estadísticamente significativa entre la resistencia nasal con el resto de las variables cervicales (Cobb C2-C7, Cobb C2-C4, Harrison C2-C7, ACC y Eje C2-C7). El método de Cobb es el método de elección para el estudio de las curvaturas sagitales de la columna vertebral. Sin embargo, este ha sido criticado debido a que es altamente influenciado por la morfología vertebral a nivel cervical, la cual difiere de la que presentan las vértebras de otros segmentos espinales. En el plano sagital, el platillo superior de las vértebras cervicales es convexo. Por el contrario, el inferior es cóncavo, presentando el muro anterior una prolongación que se dirige hacia delante y abajo que puede infra o sobrestimar la lordosis cervical.^{93,97}

6.2. FHP Y COLUMNA CERVICAL

La extensión de la columna cervical alta en las personas con respiración oral suele acompañarse de flexión de los segmentos cervicales inferiores.²⁴⁻²⁶ En este trabajo no se ha empleado ninguna variable para evaluar específicamente el segmento C4-C7. Sin embargo, se ha encontrado una relación estadísticamente significativa entre los parámetros que evalúan la FHP (eje C2-C7 y ACC) y los ángulos entre C2-C7. El hecho de que la FHP muestre una relación estadísticamente significativa con los ángulos C2-C7, pero no con los ángulos superiores (C2-C4), sugiere que la anteriorización cefálica podría ser secundaria a la flexión de la columna cervical baja, tal y como ha sido descrito en la literatura.

6.3. RESISTENCIA NASAL EN FUNCIÓN DEL MOTIVO DE CONSULTA

En este trabajo no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la resistencia nasal que presentaban aquellos participantes que referían una insuficiencia nasal de manera subjetiva.

Estos hallazgos pueden ser explicados por un sesgo de clasificación. A pesar de que la resistencia media era inferior en los pacientes asintomáticos con respecto al resto de grupos, conviene mencionar que dicho valor era superior a 0,3 sPa/ml (0,389), que es el punto de corte de normalidad. La falta de concordancia entre la información objetiva y subjetiva hace que nuestra muestra carezca de un amplio grupo control. Por ello, sería apropiada la ampliación del tamaño muestral en sucesivos estudios con el objetivo de incluir a este perfil de participantes.

La discrepancia entre datos objetivos obtenidos por rinomanometría y la queja subjetiva de los pacientes ya fue documentada en trabajos previos, motivo por el cual algunos autores critican la utilidad de la rinomanometría. Otros autores encuentran una fuerte correlación entre los cambios en la resistencia nasal y los cambios subjetivos en la función ventilatoria nasal tras una intervención.⁸⁶ Esto sugiere que los participantes no son buenos para evaluar su propia capacidad ventilatoria nasal, ya que no tienen referencias para ello. Por este motivo algunos autores sugieren el uso de pruebas objetivas y subjetivas de manera complementaria y no como sustitutos.¹¹²

6.4. RESISTENCIA NASAL Y CENTRO CORPORAL DE GRAVEDAD

Entre los resultados del presente estudio, se ha evidenciado que desplazamiento del CDG muestra una correlación negativa con la resistencia nasal (-0,359) y positiva con el flujo aéreo nasal (0,362), estadísticamente significativas en ambos casos. Es decir, a medida que la resistencia nasal se incrementa, el centro corporal de gravedad se desplaza en sentido posterior. Aunque es un resultado contrario a la hipótesis inicial de trabajo, debe tenerse en cuenta que el cambio en la posición de la cabeza pone en marcha diversos mecanismos compensatorios con el objetivo de conseguir un alineamiento que permita mantener una postura erecta libre de dolor y con el mínimo gasto energético. En estos mecanismos compensatorios desempeñan un papel importante las curvas fisiológicas de la columna en el plano sagital, la rectitud de la columna en el plano coronal, la tensión equilibrada entre los ligamentos espinales y la activación de la musculatura intrínseca, tanto anterior como posterior.

Si bien existen numerosos parámetros para medir el equilibrio sagital espinal, todos ellos se basan en que el verdadero equilibrio espinal se produce cuando el centro de gravedad de la cabeza se encuentra situada sobre las cabezas femorales, permitiendo así un movimiento fisiológica y energéticamente eficiente. Así, cada una de las regiones de la columna vertebral deberán articularse y mantenerse alineadas para conseguir una correcta posición de la cabeza.¹¹³ Schwab *et al.* describen como necesidades humanas básicas la preservación de una mirada horizontal y el retenimiento de la cabeza sobre la pelvis.¹¹⁴ Asimismo, los autores se basan en el ya mencionado cono de economía de Dubouset para recalcar la importancia de un buen alineamiento. Cuando se produce una deformidad en la columna vertebral, los pacientes suelen intentar compensarla mediante la retroversión de la pelvis y la flexión de las rodillas para reposicionar la cabeza y restaurar la horizontalidad de la mirada. Esto genera un incremento del gasto energético muscular y, a menudo, dolor. Además, las modificaciones en la inclinación pélvica, la pendiente sacra y la lordosis lumbar tendrán su repercusión también sobre la columna dorsal.¹¹³ Todo ello justificaría que prevenir de la aparición de dolor, tanto a nivel cervical como lumbar, se encuentre entre los objetivos del abordaje terapéutico de las alteraciones posturales.

Un dato que merece la pena destacar entre los resultados obtenidos en este trabajo es que la fuerza de la correlación entre la resistencia nasal y el desplazamiento anteroposterior del CDG es débil. Esto se traduce en que la resistencia nasal actúa solamente como un factor más, entre muchos otros, en el control del CDG. Muchos otros factores se encuentran relacionados con los captos posturales, como la visión, la función vestibular, la oclusión dental, los pies, y la propiocepción, entre otros.¹¹⁵ Dichos captos posturales podrían actuar como un factor de confusión en este estudio, en el que solamente dos de ellos han podido ser controlados. El primero de ellos ha sido la postura patológica, que ha sido controlado mediante la exclusión de los participantes con patologías que pudiesen condicionar una alteración de la postura corporal. El segundo de los captos controlado fue el captor visual, puesto que para el análisis de los resultados de la posturografía dinámica se han tenido en cuenta solo los valores correspondientes a la segunda condición de la prueba de organización sensorial, en la que se anula la información visual. Trabajos posteriores abordarán esta hipótesis mediante un estudio de regresión

multivariante en el que se controlen diversos factores de confusión potenciales, así como el peso relativo que tiene cada uno de ellos, cuestión que nunca ha sido estudiada hasta la fecha.

6.5. DOLOR Y ALTERACIONES POSTURALES

Los resultados de este trabajo apoyan los mecanismos compensatorios descritos en el apartado anterior y sus consecuencias. Como ya habían observado previamente autores como Christie *et al.*,³⁹ existe una asociación estadísticamente significativa entre la FHP y el dolor lumbar. Se han observado diferencias significativas en las variables empleadas para cuantificar la FHP [ACC ($t = 2,840$; $p = 0,007$) y Eje C2-C7 ($t = -2,090$; $p = 0,042$)] entre los sujetos con dolor lumbar y sin él. Debido a que el interés del estudio está centrado en el ámbito de la otorrinolaringología, las variables lumbares no han sido estudiadas de manera pormenorizada. Por ello, sería necesario un estudio específicamente diseñado para comprobar la hipótesis planteada.

Entre los autores que estudiaron la relación entre la FHP y el dolor cervical figuran Yip *et al.*,³ quienes además evidenciaron que la edad mostraba una correlación positiva con ambas variables. Entre los resultados de este trabajo, se puede observar, a pesar de la falta de significación estadística, que la FHP muestra tendencia a ser mayor en los sujetos con dolor cervical que en los que no lo sufren (ver Tabla 9). La ausencia de significación estadística, tanto para la FHP como para otros parámetros radiológicos, podría estar justificada por el reducido tamaño muestral del estudio, casi un 50 % inferior al del estudio citado. El hecho de que varios resultados se encuentren muy cerca de alcanzar la significación estadística, así como la escasa potencia de las pruebas estadísticas realizadas, también apoya esta justificación. En cuanto a la edad, se ha observado que esta era superior en el grupo de participantes que presentaban dolor cervical, siendo las diferencias estadísticamente significativas ($z = -3,371$; $p = 0,001$). No se ha encontrado relación entre la edad y la FHP. Entre otros motivos mencionables que podrían justificar las diferencias entre ambos, se encuentran la diferente metodología seguida para registrar la proyección cefálica y la presencia de dolor cervical o la heterogeneidad de ambas muestras respecto a la edad. Mientras que dichos autores utilizaron referencias externas para cuantificar la FHP (ángulo cráneo-vertebral) y cuestionarios (*Northwick Park Neck Pain Questionnaire* y *Numeric Pain Rating Scale*) para registrar el dolor, en este estudio se han empleado referencias radiográficas (ACC y Eje C2-C7) para cuantificar la FHP y la anamnesis durante la elaboración de la historia clínica para registrar el dolor cervical.

Protopsaltis *et al.* mencionan en uno de sus trabajos que los pacientes con deformidades espinales sufren con frecuencia dolor cervical y lumbar de manera simultánea, mejorando ambos tras la corrección de la deformidad.¹⁰⁰ En este estudio se ha encontrado una relación estadísticamente significativa entre ambas modalidades de dolor, pues el dolor lumbar se encontraba presente en un 73,03 % de las personas que sufrían dolor cervical al menos una vez a la semana. Por el diseño del estudio, no podemos establecer si esta coexistencia se debe a la existencia de mecanismos para compensar las alteraciones posturales que el dolor a un nivel genera o si, son consecuencias simultáneas de un factor etiológico común.

En cuanto al CDG, se ha observado que aquellas personas con edad < 40 años que sufrían dolor cervical mostraban un marcado desplazamiento sentido posterior respecto a las que no lo sufrían, no presente en los pacientes con edad ≥ 40 años. Debido a las características del estudio y a la ausencia de estudios previos disponibles, no es posible establecer el origen de las diferencias entre ambos grupos de edad. Basándose en la hipótesis de que el desplazamiento del CDG es secundario al dolor cervical, es probable que dichas diferencias estén relacionadas con la presencia, en las personas mayores, de otras patologías concomitantes que puedan impedir el desplazamiento posterior del CDG o de otras que favorezcan un desplazamiento anterior del mismo y lo mantengan en una posición similar a la de aquellos que no tienen dolor. Una hipótesis alternativa podría ser que el dolor fuese secundario al desplazamiento del CDG en los jóvenes, pero con una etiología diferente e independiente del CDG en los mayores. En cualquier caso, sería necesario el diseño de una metodología apropiada para su estudio.

6.6. RESISTENCIA NASAL Y DOLOR

Si bien existen estudios que muestran una relación entre la obstrucción nasal y determinadas alteraciones en la postura,²³⁻²⁶ así como entre estas alteraciones posturales y la aparición de dolor cervical o lumbar,^{3,6,41} en este trabajo no se ha demostrado que la existencia de obstrucción nasal guarde una relación estadísticamente significativa con el dolor cervical ni con el dolor lumbar.

6.7. PAPEL DE LA EDAD

En el grupo de participantes con edad ≥ 40 años, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la lordosis cervical de los que presentaban obstrucción nasal y la de aquellos que no la presentaban. Todos los ángulos empleados para cuantificar la lordosis cervical mostraron valores inferiores en aquellos con una respiración nasal alterada. Esto sugiere que, a medida que aumenta la edad, se acentúa la extensión cefálica que se produce en respuesta al incremento de la resistencia nasal, sumando sus consecuencias, ya descritas previamente, al conjunto de comorbilidades que suelen asociarse al proceso de envejecimiento.

Estratificando el análisis de la correlación entre el desplazamiento del CDG y la resistencia nasal, puede observarse como ésta es más fuerte en el grupo de personas de mayor edad. Además, los resultados en este grupo etario son estadísticamente significativos ($r = -0,509$; $p = 0,016$). Dado que el alineamiento del CDG juega un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio, este hallazgo podría ser clínicamente relevante, pues los trastornos en la movilidad y las caídas se encuentran entre los principales factores que incrementan la mortalidad y la morbilidad en la gente mayor.¹¹⁶

El equilibrio postural implica la coordinación de diferentes estrategias sensoriomotoras, muchas de las cuales pueden verse alteradas con el paso de los años. Algunos de los recursos necesarios para conseguir una adecuada orientación y estabilidad postural, propuestos por Horak,¹¹⁷ son:

- El procesamiento cognitivo. Los recursos cognitivos son limitados y el control postural debe compartirlos con otros procesos cognitivos. Por ello, cuando estos recursos se ven disminuidos, el riesgo de caídas podría verse incrementado al afectarse el control postural durante la realización de una tarea secundaria.
- Las estrategias de movimiento. Cuando se produce un movimiento de un segmento corporal o de la base de sustentación, existen diversas estrategias compensadoras para mantener el cuerpo en equilibrio. La estrategia de tobillo es efectiva cuando el centro corporal de gravedad se mueve despacio y dentro de los límites de estabilidad. La estrategia de cadera se genera cuando la base de sustentación es pequeña y cuando el CDG se mueve rápidamente hacia los límites de estabilidad. Cuando las anteriores no son suficientes, el sujeto se ve en la necesidad de utilizar la estrategia del paso para ampliar la base de sustentación. Una persona mayor con riesgo aumentado de sufrir caídas tiende a utilizar las estrategias de paso y cadera con más frecuencia que la de tobillo.^{118,119}
- La orientación espacial: Una inadecuada percepción de la verticalidad da lugar a una postura no alineada con la gravedad, volviendo a la persona inestable.
- Las estrategias sensoriales: la información somatosensorial, visual y vestibular debe ser integrada por el sistema nervioso central (SNC), ajustando el peso relativo de cada uno de estos tres componentes, para mantener la estabilidad cuando se produce un cambio en el medio sensorial.
- Control dinámico del centro de gravedad. El control del movimiento del centro corporal de gravedad en un sujeto en movimiento es mucho más complejo que el control estático.
- Restricciones biomecánicas: la principal es el tamaño y la calidad de la base de sustentación.

Similar al cono de economía de Dubouset, el cono de estabilidad es el área en la que un sujeto puede mover su centro corporal de gravedad manteniendo el equilibrio sin necesidad de cambiar la base de sustentación. El SNC contiene una representación de este cono, la cual emplea para determinar qué movimientos compensatorios realizar. En muchas personas mayores con trastornos del equilibrio, el cono de estabilidad es más pequeño o su representación en el SNC se encuentra distorsionada, lo que afecta a la selección de las estrategias de movimiento para mantener el equilibrio.

Entre los resultados de este trabajo también se puede observar que la edad muestra una relación estadísticamente significativa con el dolor cervical ($z = -3,371$; $p = 0,001$) y con el dolor lumbar ($z = -3,164$; $p = 0,001$). El dolor cervical y lumbar crónicos han demostrado incrementar el riesgo de sufrir caídas en edades avanzadas, pues se relacionan con una mayor limitación de los movimientos de la columna,¹²⁰ con un mayor número de déficits sensoriomotores¹²¹ y con una inadecuada activación de la musculatura profunda del tronco, dificultando la coordinación del control postural.¹²²

Debido a que las personas de edad avanzada reúnen con frecuencia múltiples factores que incrementan el riesgo de sufrir caídas, la OMS recomienda programas multidisciplinarios para la prevención de caídas en este colectivo. Estos incluyen la identificación de riesgos y modificación del entorno, uso de dispositivos de apoyo adecuados, entrenamiento de la fuerza muscular y el equilibrio, entre otros.¹²³

Tanto la bibliografía disponible, así como los resultados de este trabajo, apoyan la hipótesis de que la evaluación y abordaje de la obstrucción nasal debería tenerse en cuenta durante la evaluación del dolor cervical y las alteraciones posturales. Del mismo modo, la evaluación y tratamiento de la insuficiencia respiratoria nasal en edades precoces podría contribuir a la reducción a largo plazo de la incidencia de dolor, caídas y otras comorbilidades típicamente asociadas a la edad avanzada.

6.8. MASTICACIÓN Y DESPLAZAMIENTO LATEROLATERAL DEL CDG

Una función masticatoria normal se caracteriza por una masticación alternada, bilateral, sincrónica y armónica.¹²⁴ Durante el desarrollo de los individuos con oclusión normal puede generarse, por diversas razones, una masticación viciosa unilateral, causando un problema de maloclusión y desplazamiento lateral de la mandíbula.¹²⁵

Las alteraciones funcionales del sistema masticatorio están relacionadas con la maloclusión, la disfunción oclusal, la disfunción temporomandibular (frecuentemente manifestada como dolor, chasquidos y crepitaciones), la asimetría dentofacial y las alteraciones de la conducta motora, incluido el bruxismo.^{126,127} Entre los masticadores unilaterales se ha observado una mayor frecuencia de maloclusiones clase II y III, mordida abierta, mordida cruzada anterior y mordida cruzada posterior.¹²⁴

Para que el desarrollo nasomaxilar se produzca con la misma intensidad, es necesaria una masticación bilateral y enérgica. Cuando la masticación es predominantemente unilateral, se ejercen estímulos diferentes en el lado masticatorio (lado de trabajo) y en el opuesto (lado de balanza). La falta de masticación, y por tanto de estímulo de los propioceptores dento-periodontales de uno de los lados, es la causa del desarrollo asimétrico de los huesos relacionados con los músculos que intervienen en la masticación, principalmente maxilar y mandíbula, aunque no exclusivamente, puesto que todos los huesos del macizo facial e incluso craneales pueden verse afectados. Esta diferencia hace que se pierda estabilidad oclusal, por lo que la mandíbula se desvía hasta encontrar en la mordida cruzada del lado masticatorio, si los dientes aún no han erupcionado, dicha estabilidad. La distinta estimulación y contracción muscular de un lado y otro provoca que en el lado cruzado se desarrolle el maxilar y el cuerpo mandibular crezca en altura y grosor, mientras la rama de esta última se ve acortada. En el lado no masticatorio el maxilar se encuentra menos desarrollado y el cuerpo mandibular se alarga, girando la mandíbula y desviando la línea media hacia el lado cruzado.^{125,128-130}

Además de los efectos en el desarrollo y crecimiento, la preferencia unilateral de la masticación puede modificar la producción y distribución de saliva en la cavidad bucal. Debido a que la producción salival unilateral como reflejo masticatorio no tiende a distribuirse uniformemente, podría tener

implicación en la salud oral y dental, guardando relación con determinados patrones de caries agregados.¹³¹⁻¹³³

Entre los resultados de este trabajo, se ha observado una relación estadísticamente significativa entre la preferencia unilateral de la masticación y el desplazamiento laterolateral del CDG ($p = 0,038$). Estos hallazgos apoyan evidencia aportada por estudios previos, en los que se describe que las consecuencias de una masticación alterada no se limitan al área craneofacial, sino que la disfunción de uno o varios músculos masticatorios puede ocasionar dolor y/o disfunción en músculos de otros niveles, como en los músculos del cuello.¹²⁷ La desviación mandibular secundaria a una mordida cruzada posterior unilateral hacia el lado masticatorio genera una tendencia a la rotación de la cabeza a ese lado que, al provocar un tono muscular diferente en ambos lados, supone el inicio de las compensaciones musculares. Así, en el lado masticatorio aumenta el tono de los músculos escalenos y del elevador de la escápula, mientras que en el lado opuesto aumenta el tono del ECM y trapecio superior, produciendo la inclinación de la cabeza hacia el lado de la desviación mandibular. Sucesivamente, se van produciendo diferentes compensaciones en sentido craneocaudal que terminará provocando una torsión de toda la columna del paciente que, aunque inicialmente es funcional, puede perpetuarse y llegar a ser definitiva. Desde el punto de vista clínico, se han observado mejorías a nivel muscular después de la intervención sobre la oclusión.¹²⁸

Esta relación entre la masticación y la postura se encuentra respaldada por un incremento electromiográfico de la actividad en los músculos del cuello y del tronco durante la masticación,¹³⁴ así como diversos estudios que describen una mayor incidencia de maloclusiones y mordidas cruzadas en los pacientes que sufren escoliosis.^{135,136}

6.9. EVALUACIÓN CRÍTICA

A continuación, se describen los puntos positivos que fortalecen los resultados de este trabajo:

Para la medición y registro de las variables, se emplearon pruebas objetivas, no sujetas a la interpretación de los investigadores.

Con la finalidad de evitar sesgos, se mantuvo el ciego durante la realización de las pruebas. Para ello, los investigadores encargados de llevar a cabo cada procedimiento desconocían los resultados de las otras pruebas realizadas. Del mismo modo, los técnicos de radiología también desconocían el resultado del resto de pruebas durante la realización de las radiografías. También se mantuvo el ciego durante la fase de interpretación de las pruebas, pues éstas fueron evaluadas por separado para evitar que el resultado de unas pudiese condicionar la interpretación de las otras.

El flujo aéreo nasal proporciona es un parámetro que se encuentra condicionado por otros factores independientes de la cavidad nasal, como la capacidad pulmonar del paciente. Con la finalidad de controlar este fenómeno y permitir la comparabilidad entre los participantes, el parámetro empleado para determinar el grado de obstrucción nasal ha sido la resistencia nasal, pues ofrece un valor relativo que evalúa los cambios de presión para una velocidad determinada del aire a su paso por la cavidad nasal.

Bien por la evidencia científica disponible, bien por el diseño y la metodología escogidos para llevar a cabo el estudio, cualquier trabajo de investigación puede presentar limitaciones y aspectos criticables o susceptibles de mejora. Algunas de las limitaciones con las que cuenta este trabajo son:

La ausencia de métodos estandarizados para el estudio de la postura genera una gran heterogeneidad entre los diferentes estudios disponibles función del método empleado, dificultando así la comparación de los resultados. Esta falta de estandarización es aplicable tanto a las técnicas para el registro de la postura como a los parámetros o puntos de referencia empleados en las mismas. Un ejemplo, ya mencionado al inicio del trabajo, es la falta de unanimidad para establecer cuál es la “postura natural”. A pesar de que comúnmente se define como la postura en la que la persona permanece de pie mirando al horizonte, el método empleado para lograr esta postura difiere entre los investigadores.

Por encontrarse fuera del ámbito de estudio de la otorrinolaringología, en este estudio no se han medido parámetros lumbopélvicos que podrían guardar relación con los mecanismos compensatorios de las alteraciones posturales de la columna vertebral. Asimismo, la realización de una telerradiografía de columna completa, en lugar de radiografías cervicales y lumbares por separado, habrían permitido evaluar otros parámetros importantes en el alineamiento sagital de la columna, como el eje sagital vertebral.

Como se ha descrito en la discusión de los resultados, un 58.33 % de los pacientes asintomáticos presentaban una resistencia nasal compatible con obstrucción nasal leve/moderada. Asimismo, tras realizar la rinomanometría, no se ha evidenciado la obstrucción nasal en un 50 % de los pacientes que la referían. Esta falta de concordancia podría justificar la realización de un estudio con un mayor tamaño muestral dirigido a evaluar la fiabilidad de aquellos pacientes con afectación leve o sin un diagnóstico clínico establecido.

7. Conclusiones

La extensión de la columna cervical presenta una relación positiva con la resistencia nasal y negativa con el flujo aéreo nasal.

El CDG presenta una relación una relación negativa con la resistencia nasal y negativa con el flujo aéreo nasal. Es decir, el CDG se desplaza en sentido posterior a medida que se incrementa el grado de obstrucción nasal, probablemente de mecanismos compensatorios no estudiados todavía.

Las personas que sufren dolor lumbar al menos una vez a la semana presentan una proyección anterior de la cabeza con mayor frecuencia que los que no sufren dolor lumbar. En el caso del dolor cervical, la tendencia de los resultados de este trabajo es similar, pero las diferencias no son estadísticamente significativas.

La masticación unilateral parece asociarse con un desplazamiento lateral del CDG.

La edad parece desempeñar un papel importante en las consecuencias derivadas de la obstrucción nasal. Tanto la hiperextensión cervical como el desplazamiento posterior del CDG se incrementan con la edad de las personas.

Debido a las comorbilidades relacionadas con las alteraciones posturales y con la obstrucción nasal, ambos altamente prevalentes, los hallazgos observados en este trabajo son clínicamente relevantes. Por un lado, los profesionales encargados del abordaje de la patología de la columna y de las alteraciones posturales deben prestar atención a la adecuada función nasal como parte de una evaluación integral. Por otro lado, los médicos especialistas en otorrinolaringología deben tener en cuenta el impacto que la obstrucción nasal ejerce sobre la postura de los pacientes, fomentando el trabajo con los fisioterapeutas para poder ofrecer una evaluación y tratamiento multidisciplinar.

8. Bibliografía

1. Soto-Varela, A. et al. Can we predict the risk of falls in elderly patients with instability? *Auris, nasus, larynx* 42, 8-14 (2015).
2. Tüzün, Ç., Yorulmaz, İ., Cindaş, A. & Vatan, S. Low Back Pain and Posture. *Clinical Rheumatology* 18, 308-312 (1999).
3. Yip, C. H. T., Chiu, T. T. W. & Poon, A. T. K. The relationship between head posture and severity and disability of patients with neck pain. *Manual Therapy* 13, 148-154 (2008).
4. Fortner, M. O., Oakley, P. A. & Harrison, D. E. Alleviation of chronic spine pain and headaches by reducing forward head posture and thoracic hyperkyphosis: a CBF® case report. *Journal of Physical Therapy Science* 30, 1117-1123 (2018).
5. Hoy, D. G., Protani, M., De, R. & Buchbinder, R. The epidemiology of neck pain. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology* 24, 783-792 (2010).
6. Mahmoud, N. F., Hassan, K. A., Abdelmajeed, S. F., Moustafa, I. M. & Silva, A. G. The Relationship Between Forward Head Posture and Neck Pain: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* 12, 562-577 (2019).
7. Ruiz Munuera, A. J., Perelló Talens, I., Caus I Pertegaz, N. & Ruiz Munuera, F. C. La postura corporal. en *Educación Física. Volumen IV. Profesores de Educación Secundaria. Temario Para la Preparación de Oposiciones.* (ed. Editorial MAD S.L.) (2003).
8. Pérez Feito, J. M., Delgado Lopez, D. & Núñez Vivas, A. I. *Fundamentos Teóricos de la Educación Física.* (Pila Teleña Editorial, 2013).
9. Surgeons, A. A. of O. Posture and its relationship to orthopaedic disabilities. A report of the posture committee (1947).
10. Juan García, F. J. Aplicación de la posturografía para el estudio de las alteraciones del equilibrio en bipedestación en pacientes con lesiones de latigazo cervical. (Universidade da Coruña, 2006). doi:10.13140/RG.2.2.14458.70089.
11. Faraldo García, A. Registro postural en personas sanas evaluación del equilibrio mediante el estudio comparativo entre la posturografía dinámica computerizada y el sistema sway star: tesis doctoral. (Universidade de Santiago de Compostela, Servizo de Publicacións e Intercambio Científico, 2009).
12. Broca, M. Sur les projections de la tête, et sur un nouveau procédé de céphalométrie. *Bull de la Société D'Anthropologie de Paris* 1862; 3: 514-44 (cited in: Solow B, Tallgren A. Natural head position in standing subjects. *Acta Odontologica Scandinavica* 29, 591-607 (1971).
13. Cole, S. C. Natural Head Position, Posture, and Prognathism: The Chapman Prize Essay, 1986. *British Journal of Orthodontics* 15, 227-239 (1988).
14. Downs, W. B. Analysis of the Dentofacial Profile. *The Angle Orthodontist* 26, 191-212 (1956).
15. Bjehin, R. A Comparison Between the Frankfort Horizontal and the Sella Turcica -Nasion as Reference Planes in Cephalometric Analysis. *Acta Odontologica Scandinavica* 15, 1-12 (1957).
16. Moorrees, C. F. A. & Kean, M. R. Natural head position, a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs. *American Journal of Physical Anthropology* 16, 213-234 (1958).
17. Cleall, J. F. Deglutition: A study of form and function. *American Journal of Orthodontics* 51, 566-594 (1965).
18. Solow, B. & Tallgren, A. Natural Head Position in Standing Subjects. *Acta Odontologica Scandinavica* 29, 591-607 (1971).
19. Foster, T. D., Howat, A. P. & Naish, P. J. Variation in Cephalometric Reference Lines. *British Journal of Orthodontics* 8, 183-187 (1981).
20. Lundström, A., Lundström, F., Le Bret, L. M. L. & Moorrees, C. F. A. Natural head position and natural head orientation: Basic considerations in cephalometric analysis and research. *European Journal of Orthodontics* 17, 111-120 (1995).
21. Sandham, A. Repeatability of head posture recordings from lateral cephalometric radiographs. *British journal of orthodontics* 15, 157-162 (1988).
22. Peng, L. & Cooke, M. S. Fifteen-year reproducibility of natural head posture: A longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 116, 82-85 (1999).
23. Ricketts, R. M. Respiratory obstruction syndrome. *American journal of orthodontics* 54, 495-507 (1968).
24. Okuro, R. T. et al. Mouth breathing and forward head posture: effects on respiratory biomechanics and exercise capacity in children. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia* 37, 471-9 (2011).
25. Da Silveira, W., De Queiroz Mello, F. C., Silva Guimarães, F. & De Menezes, S. L. S. Postural alterations and pulmonary function of mouth-breathing children. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* 76, 683-686 (2010).
26. Valinhas, S., Paço, M., Santos, R. & Pinho, T. Interrelationship between facial pattern, malocclusion, TMDs, head and neck posture and type of breathing in young people. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial* 59, 67-74 (2018).
27. Hellsing, E. Changes in the pharyngeal airway in relation to extension of the head. *European Journal of Orthodontics* 11, 359-365 (1989).
28. Principato, J. J. Upper Airway Obstruction and Craniofacial Morphology. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 104, 881-890 (1991).
29. Mew, J. The cause and cure of malocclusion. en *Reading the face* 64-108 (2013).
30. Solow, B., Skov, S., Ovesen, J., Norup, P. W. & Wildschjødtz, G. Airway dimensions and head posture in obstructive sleep apnoea. *European journal of orthodontics* 18, 571-9 (1996).
31. Marcotte, M. R. Head posture and dentofacial proportions. *Angle Orthodontist* 51, 208-213 (1981).

32. Vig, P. S., Showfety, K. J. & Phillips, C. Experimental manipulation of head posture. *American Journal of Orthodontics* 77, 258-268 (1980).
33. Solow, B. & Kreiborg, S. Soft-tissue stretching: a possible control factor in craniofacial morphogenesis. *European Journal of Oral Sciences* 85, 505-507 (1977).
34. Yi, L. C., Jardim, J. R., Inoue, D. P. & Pignatari, S. S. N. The relationship between excursion of the diaphragm and curvatures of the spinal column in mouth breathing children. *Jornal de pediatria* 84, 171-7 (2008).
35. Milanesi, J. M. et al. Impact of the mouth breathing occurred during childhood in the adult age: Biophotogrammetric postural analysis. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 75, 999-1004 (2011).
36. Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease. <http://www.healthdata.org/gbd>.
37. Cohen, S. P. Epidemiology, diagnosis, and treatment of neck pain. *Mayo Clinic Proceedings* 90, 284-299 (2015).
38. Hoy, D., Brooks, P., Blyth, F. & Buchbinder, R. The Epidemiology of low back pain. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology* 24, 769-781 (2010).
39. Christie, H. J., Kumar, S. & Warren, S. A. Postural aberrations in low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 76, 218-224 (1995).
40. Moustafa, I. M. & Diab, A. A. The effect of adding forward head posture corrective exercises in the management of lumbosacral radiculopathy: A randomized controlled study. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* vol. 38 167-178 (2015).
41. Kim, D. H., Kim, C. J. & Son, S. M. Neck pain in adults with forward head posture: Effects of craniovertebral angle and cervical range of motion. *Osong Public Health and Research Perspectives* 9, 309-313 (2018).
42. Yoganandan, N., Banerjee, A., DeVogel, N., Pintar, F. A. & Baisden, J. L. A Novel Competing Risk Analysis Model to Determine the Role of Cervical Lordosis in Bony and Ligamentous Injuries. *World Neurosurgery* 119, e962-e967 (2018).
43. Neiva, P. D., Kirkwood, R. N. & Godinho, R. Orientation and position of head posture, scapula and thoracic spine in mouth-breathing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 73, 227-236 (2009).
44. Marks, M. B. Allergy in relation to orofacial dental deformities in children: A review. *Journal of Allergy* 36, 293-302 (1965).
45. Linder-Aronson, S. A comparison between mouth and nose breathers with respect to occlusion and facial dimensions. *Odont Revy* 11, 343-376 (1960).
46. Linder-Aronson, S. Adenoids. Their effect on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition. A biometric, rhino-manometric and cephalometro-radiographic study on children with and without adenoids. *Acta Oto-Laryngologica, Supplement* 265, 1-132 (1970).
47. Harvold, E. P., Tomer, B. S., Vargervik, K. & Chierici, G. Primate experiments on oral respiration. *American Journal of Orthodontics* 79, 359-372 (1981).
48. Forward Head Posture - Physiopedia. https://www.physio-pedia.com/Forward_Head_Posture.
49. Peterson Kendall, F. Kendall's. Músculos: pruebas funcionales, postura y dolor. (Marban, 2007).
50. Lang Tapia, M. Estudio de la Cifosis Torácica y la Lordosis Lumbar mediante un dispositivo electro-mecánico computerizado no-invasivo (SpinalMouse®). Influencia del género, edad y masa corporal. (Universidad de Granada, 2011).
51. Singla, D. & Veqar, Z. Methods of postural assessment used for sports persons. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 8, 2-5 (2014).
52. Molinari, V. S. & de Ornelas Massuia, F. A. Análise da postura e apoio plantar de crianças portadoras de Síndrome de Down consideradas obesas. *Journal of the Health Sciences Institute* 28, 345-347 (2010).
53. Porto, F. et al. O exercício físico influencia a postura corporal de idosos? . *Motriz: Revista de Educação Física* vol. 18 487-494 (2012).
54. Raine, S. & Twomey, L. T. Head and shoulder posture variations in 160 asymptomatic women and men. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 78, 1215-1223 (1997).
55. Raine, S. & Twomey, L. Posture of the head, shoulders and thoracic spine in comfortable erect standing. *Australian Journal of Physiotherapy* 40, 25-32 (1994).
56. Chansirinukor, W., Wilson, D., Grimmer, K. & Dansie, B. Effects of backpacks on students: Measurement of cervical and shoulder posture. *Australian Journal of Physiotherapy* 47, 110-116 (2001).
57. Lewis, J. S., Wright, C. & Green, A. Subacromial impingement syndrome: The effect of changing posture on shoulder range of movement. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 35, 72-87 (2005).
58. Santos, M. M., Silva, M. P. C., Sanada, L. S. & Alves, C. R. J. Análise postural fotogramétrica de crianças saudáveis de 7 a 10 anos: confiabilidade interexaminadores . *Brazilian Journal of Physical Therapy* vol. 13 350-355 (2009).
59. Ferreira, E. A. G., Duarte, M., Maldonado, E. P., Burke, T. N. & Marques, A. P. Postural assessment software (PAS/SAPO): validation and reliability. *Clinics* 65, 675-681 (2010).
60. De Pedro Álvarez, Á. & Castro Piñeiro, J. Técnicas de registro del control postural. en *Valoración e intervención de la actitud postural en la estática en la población escolar 10-13 años* (ed. WANCEULEN EDITORIAL S.L.) 76-88 (2017).
61. Petermann, X. B., Meereis, E. C. W., Petermann, X. B., Meereis, E. C. W. & PETERMANN, X.; MERREIS, E. Postural body : a systematic review about assessment methods. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal* 14, 273 (2016).
62. Le Huec, J. C., Thompson, W., Mohsinaly, Y., Barrey, C. & Faundez, A. Sagittal balance of the spine. *European Spine Journal* 28, 1889-1905 (2019).
63. Le Huec, J. C., Aunoble, S., Philippe, L. & Nicolas, P. Pelvic parameters: origin and significance. *European Spine Journal* 20, 564-571 (2011).
64. Bhavuk, G. & Sangondimath, G. Sagittal Spinopelvic Parameters in Degenerative Lumbar Spinal Stenosis. en *The ASSI Monographs: Lumbar Spinal Stenosis* 13-22 (Thieme, 2018).
65. Üşümez, S. & Orhan, M. Inclínometer method for recording and transferring natural head position in cephalometrics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 120, 664-670 (2001).
66. Murphy, K. E., Preston, C. B. & Evans, W. G. The

- development of instrumentation for the dynamic measurement of changing head posture. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 99, 520-526 (1991).
67. Lundström, F. & Lundström, A. Clinical evaluation of maxillary and mandibular prognathism. *European journal of orthodontics* 11, 408—413 (1989).
 68. Sánchez González, F., Santos Gorjón, P. & Franco Calvo, F. Síndromes Nasales: Insuficiencia Respiratoria Nasal, Rinorrea, Epistaxis, Algas, Alteraciones de la olfacción. en *Libro virtual de formación en ORL* (ed. Sociedad Española Otorrinolaringología y Patología Cervicofacial) (2014).
 69. Keeler, J. & Most, S. P. Measuring Nasal Obstruction. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America* vol. 24 315-322 (2016).
 70. Doty, R. *Handbook of olfaction and gustation*. (Marcel Dekker, Inc, 2003).
 71. Valero, A. et al. Position paper on nasal obstruction: Evaluation and treatment. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 28, 67-90 (2018).
 72. Clarke, R. W. & Jones, A. S. The distribution of nasal airflow sensitivity in normal subjects. *The Journal of Laryngology & Otology* 108, 1045-1047 (1994).
 73. Recker, C. & Hamilton, G. S. Evaluation of the Patient with Nasal Obstruction. *Facial Plastic Surgery* 32, 3-8 (2016).
 74. Spataro, E. & Most, S. P. Measuring Nasal Obstruction Outcomes. *Otolaryngologic Clinics of North America* 51, 883-895 (2018).
 75. Mohan, S., Fuller, J. C., Ford, S. F. & Lindsay, R. W. Diagnostic and therapeutic management of nasal airway obstruction advances in diagnosis and treatment. *JAMA Facial Plastic Surgery* vol. 20 409-418 (2018).
 76. Aziz, T., Biron, V. L., Ansari, K. & Flores-Mir, C. Measurement tools for the diagnosis of nasal septal deviation: A systematic review. *Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery* 43, 1-9 (2014).
 77. Pirsig, W. Nasaler Atemschlagtest bei Zwaardemaker und Glatzel vor über 100 Jahren und in Paestum vor 2 300 Jahren. *Laryngo-Rhino-Otologie* 93, 739-745 (2014).
 78. Pang, Y. T. & Willatt, D. J. Laser reduction of inferior turbinates in children. *Singapore medical journal* (1995).
 79. Giotakis, A. I., Tomazic, P. V., Riechelmann, H. & Vent, J. Objective Assessment of Nasal Patency. *Facial Plastic Surgery* 33, 378-387 (2017).
 80. Vogt, K. et al. The new agreement of the international RIGA consensus conference on nasal airway function tests. *Rhinology* 56, 133-143 (2018).
 81. Casale, M., Cusimano, V., Salvinelli, F., Setola, R. & Soda, P. Video-Rhino-Hygrometer (RH). en *2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* 543-546 (IEEE, 2006). doi:10.1109/IEMBS.2006.259337.
 82. Ottaviano, G. & Fokkens, W. J. Measurements of nasal airflow and patency: A critical review with emphasis on the use of peak nasal inspiratory flow in daily practice. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology* 71, 162-174 (2016).
 83. Clement, P. A. R., Halewyck, S., Gordts, F. & Michel, O. Critical evaluation of different objective techniques of nasal airway assessment: a clinical review. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery* 271, 2617-2625 (2014).
 84. Snow, J. B. & Wackym, P. A. *Ballenger's Otorhinolaryngology: Head and Neck Surgery*. (BC Decker, 2009).
 85. Rodríguez Fernández-Freire, A., Senao Fernández, S. & Porras Alonso, E. Exploración de la nariz y senos paranasales: Rinoscopia, microscopia, endoscopia, exploración funcional: Rinometría y Rinomanometría. Exploración de las fosas nasales. en *Libro virtual de formación en ORL* (ed. Sociedad Española Otorrinolaringología y Patología Cervicofacial) (2014).
 86. Saito, K., Ono, T., Mochida, M. & Ohyama, K. Changes in Nasorespiratory Function in Association with Maxillary Distraction Osteogenesis in Subjects with Cleft Lip and Palate. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 43, 75-83 (2006).
 87. Senior, B. A. Computational fluid dynamics and the study of sinonasal pathophysiology. *International Forum of Allergy and Rhinology* 7, 643-644 (2017).
 88. Kita, S. et al. Computational Fluid Dynamic Study of Nasal Respiratory Function Before and After Bimaxillary Orthognathic Surgery With Bone Trimming at the Inferior Edge of the Pyriform Aperture. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 74, 2241-2251 (2016).
 89. Clement, P. A. R., Gordts, F. & Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway, IRS, and E. Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry. *Rhinology* 43, 169-79 (2005).
 90. Principato, J. J. & Wolf, P. Pediatric nasal resistance. *The Laryngoscope* 95, 1067-9 (1985).
 91. Kirkham, J. A. & Feinberg, S. B. A variation on the Cobb method for calculating scoliotic curves. *Spine* 11, 98-100.
 92. Harrison, D. E. et al. Cobb method or harrison posterior tangent method: Which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine* 25, 2072-2078 (2000).
 93. Harrison, D. D., Janik, T. J., Troyanovich, S. J., Harrison, D. E. & Colloca, C. J. Evaluation of the assumptions used to derive an ideal normal cervical spine model. *Journal of manipulative and physiological therapeutics* 20, 246-56 (1997).
 94. Smith, J. S. et al. Spontaneous improvement of cervical alignment after correction of global sagittal balance following pedicle subtraction osteotomy. *Journal of neurosurgery. Spine* 17, 300-7 (2012).
 95. *Scott-Brown's Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery*. Volume 1. (CRC Press, 2018).
 96. Bagnall, K. M., Harris, P. F. & Jones, P. R. A radiographic study of the human fetal spine. 1. The development of the secondary cervical curvature. *Journal of anatomy* 123, 777-82 (1977).
 97. Torres Cuelco, R. *La Columna Cervical: Evaluación Clínica y Aproximaciones Terapéuticas*. Volumen 1. Principios anatómicos y funcionales, exploración clínica y técnicas de tratamiento. (2008).
 98. Been, E., Shefi, S. & Soudack, M. Cervical lordosis: the effect of age and gender. *The Spine Journal* 17, 880-888 (2017).
 99. BROBERG, K. B. On the Mechanical Behaviour of Intervertebral Discs. *Spine* 8, 151-165 (1983).

100. Protopsaltis, T. S. et al. How the neck affects the back: changes in regional cervical sagittal alignment correlate to HRQOL improvement in adult thoracolumbar deformity patients at 2-year follow-up. *Journal of neurosurgery. Spine* 23, 153-8 (2015).
101. Ameri, E., Ghandhari, H. & Nabizadeh, N. Case report: A new surgical approach to cervical hyperlordosis. *Trauma Monthly* 19, 45-47 (2014).
102. Moustafa, I. M., Diab, A. A. & Harrison, D. E. The effect of normalizing the sagittal cervical configuration on dizziness, neck pain, and cervicocephalic kinesthetic sensibility: A 1-year randomized controlled study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 53, 57-71 (2017).
103. Johnston, M., Jordan, S. & Charles, A. Pain referral patterns of the C1-C3 nerve roots: implications for headache disorders and the development of new therapies. *The Journal of Headache and Pain* 14, P49 (2013).
104. Leigh, J.-H., Cho, K., Barcenas, C. L. & Paik, N.-J. Dysphagia Aggravated by Cervical Hyperlordosis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 90, 704-705 (2011).
105. Cuccia, A. M., Lotti, M. & Caradonna, D. Oral breathing and head posture. *The Angle orthodontist* 78, 77-82 (2008).
106. Dubousset, J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. en *The pediatric spine: principles and practice.* (ed. Weinstein, S.) 479-496 (Raven Press, 1994).
107. Tang, J. A. et al. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery. *Neurosurgery* 71, 662-669 (2012).
108. Hardacker, J. W., Shuford, R. F., Capicotto, P. N. & Pryor, P. W. Radiographic standing cervical segmental alignment in adult volunteers without neck symptoms. *Spine* 22, 1472-1479 (1997).
109. Jackson, R. P. & McManus, A. C. Radiographic Analysis of Sagittal Plane Alignment and Balance in Standing Volunteers and Patients with Low Back Pain Matched for Age, Sex, and Size. *Spine* 19, 1611-1618 (1994).
110. Morningstar, M. W. Cervical hyperlordosis, forward head posture, and lumbar kyphosis correction: A novel treatment for mid-thoracic pain. *J Chiropr Med* vol. 2 (2003).
111. Harrison, D. D. et al. The efficacy of cervical extension-compression traction combined with diversified manipulation and drop table adjustments in the rehabilitation of cervical lordosis: a pilot study. *Journal of manipulative and physiological therapeutics* 17, 454-464 (1994).
112. Sipilä, J., Suonpää, J., Silvonemi, P. & Laippala, P. Correlations between Subjective Sensation of Nasal Patency and Rhinomanometry in both Unilateral and Total Nasal Assessment. *ORL: journal for oto-rhinolaryngology and its related specialties.* 57, 260-263 (1995).
113. Sugrue, P. A. et al. Redefining Global Spinal Balance. *Spine* 38, 484-489 (2013).
114. Schwab, F., Patel, A., Ungar, B., Farcy, J. P. & Lafage, V. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: How much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine* 35, 2224-2231 (2010).
115. Bricot, B. Postura normal y posturas patológicas. *Revista IPP . Instituto de posturología y podoposturología* (2008).
116. Rubenstein, L. Z. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing* 35, (2006).
117. Horak, F. B. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing* 35, 7-11 (2006).
118. Faraldo García, A., San Román Rodríguez, E. & Soto Varela, A. Evaluación del paciente con trastornos del equilibrio y de la marcha. Presbivértigo y caída en el anciano. en *Libro virtual de formación en ORL* (ed. Sociedad Española Otorrinolaringología y Patología Cervicofacial) (2014).
119. Hullar, T. E., Zee, D. S. & Minor, L. B. Evaluation of the Patient with Dizziness. en *Cummings Otolaryngology. Head and neck surgery.* (Sanders, 2014).
120. Falla, D., Gizzi, L., Parsa, H., Dieterich, A. & Petzke, F. People with chronic neck pain walk with a stiffer spine. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 47, 268-277 (2017).
121. Uthakhpur, S., Jull, G., Sungkarat, S. & Treleaven, J. The influence of neck pain on sensorimotor function in the elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 55, 667-672 (2012).
122. Cruz-Díaz, D. et al. Effects of a six-week Pilates intervention on balance and fear of falling in women aged over 65 with chronic low-back pain: A randomized controlled trial. *Maturitas* 82, 371-376 (2015).
123. WHO. WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age. (2007).
124. Camacho Estrada, A. L. Frecuencia de asimetrías dentofaciales y maloclusiones en pacientes con masticación unilateral. (Universidad Nacional Autónoma de México, 2016).
125. Muñoz Vergara, J. L. Diferencias morfológicas y arquitecturales mandibulares en masticadores unilaterales, según ángulo funcional masticatorio: análisis mediante radiografías panorámicas. (Universidad de Chile, 2006).
126. Sanchis, S. B. & Clari, V. R. Guía para la reeducación de la deglución atípica y trastornos asociados. (Nau Llibres (Edicions Culturals Valencianes, S.A.), 2011).
127. Ash, M. M. & Nelson, S. J. Wheeler. Anatomía, fisiología y oclusión dental. Wheeler. Anatomía, fisiología y oclusión dental (Elsevier España S.L., 2010).
128. Caballero, D. B., Marrón, A. M. & Porto, A. D. Relación entre oclusión y postura (II). Fisiopatología de la mordida cruzada. *Gaceta Dental* 124-139 (2007).
129. Nakano, H., Maki, K., Shibasaki, Y. & Miller, A. J. Three-dimensional changes in the condyle during development of an asymmetrical mandible in a rat: A microcomputed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 126, 410-420 (2004).
130. Yamaguchi, H. & Sueishi, K. Malocclusion associated with abnormal posture. *The Bulletin of Tokyo Dental College* 44, 43-54 (2003).
131. McDonnell, S. T. & Hector, M. P. The distribution of stimulated saliva in children. *International Journal of Paediatric Dentistry* 11, 417-423 (2001).
132. Hujoel, P. P., Lamont, R. J., DeRouen, T. A., Davis, S. & Leroux, B. G. Within-subject Coronal Caries

- Distribution Patterns: An Evaluation of Randomness with Respect to the Midline. *Journal of Dental Research* 73, 1575-1580 (1994).
133. Urquiza Rosas, M. del R. Detección precoz de anomalías funcionales masticatorias a través del análisis del Ángulo Funcional Masticatorio de Planas en niños con dentición mixta en las instituciones educativas del distrito Gregorio Albarracín Tacna - 2017. (Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Perú., 2018).
134. Ehrlich, R., Garlick, D. & Ninio, M. The effect of jaw clenching on the electromyographic activities of 2 neck and 2 trunk muscles. *Journal of orofacial pain* (1999).
135. Laskowska, M. et al. Evaluation of a relationship between malocclusion and idiopathic scoliosis in children and adolescents. *Journal of Children's Orthopaedics* 13, 600-606 (2019).
136. Saccucci, M. et al. Scoliosis and dental occlusion: a review of the literature. *Scoliosis* 6, 15 (2011).