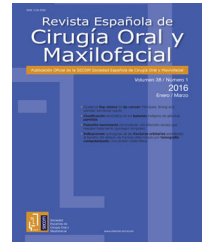




Revista Española de
Cirugía Oral y
Maxilofacial

www.elsevier.es/recom



Revisión

Indicación de las distintas técnicas de expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida y comparativa de la estabilidad



Indication of the different surgically assisted rapid palatal expansion techniques and stability comparison

Violeta Hidalgo García *, Beatriz Solano Mendoza y Enrique Solano Reina

Máster de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial, Facultad de Odontología, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

Introducción

La edad del paciente ha sido considerada por la mayoría de autores¹⁻⁸ un parámetro esencial en la elección entre expansión ortopédica y expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida (SARPE) para tratar las discrepancias transversales maxilomandibulares. La mayoría de los autores coinciden en que la edad límite para realizar disyunción ortopédica sin necesidad de intervención quirúrgica son los 15 años de edad¹⁻⁵. Sin embargo, existe una gran controversia al respecto; autores como Epker et al.⁶ la establecen por encima de los 16 años, Timms et al.⁷ en los 25 años y Mossaz et al.⁸ después de la segunda década de la vida.

Sin embargo, autores como Alpern et al., Capelozza Filho et al. e Inoue et al.⁹⁻¹¹ han demostrado que la expansión ortopédica sin cirugía realizada en pacientes entre los 16-25 años⁹ proporciona buenos resultados; aunque sin un efecto ortopédico puro, obteniendo un estiramiento sutural que produciría un resultado final satisfactorio.

Autores como Suri et al.¹² proponen que la madurez esquelética es determinante para la efectividad ortopédica, sugiriendo que en pacientes de edad más avanzada, pero esqueléticamente inmaduros, la expansión ortopédica sin cirugía resulta exitosa, mientras que en pacientes de edad menos avanzada, pero esqueléticamente maduros, el tratamiento sin cirugía resulta un fracaso¹².

Por lo que la opción terapéutica de elección para la corrección de discrepancias transversales depende principalmente de la madurez esquelética del paciente y de la magnitud de la discrepancia transversal. Según Silverstein et al.¹³ las discrepancias transversales maxilomandibulares menores de 5 mm requieren expansión ortodóncica u ortopédica para su corrección, sin embargo discrepancias transversales mayores a 5 mm¹⁴ en pacientes con madurez esquelética requieren de SARPE.

Técnicas de expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida

Dentro del concepto SARPE son varias las técnicas quirúrgicas aplicables de forma individualizada en cada caso según la literatura científica. Autores como Suri et al.¹² sugirieron que la técnica quirúrgica debía ser individual para cada paciente, así como la extensión de la misma, la cual dependería de las áreas de mayor resistencia y de otros parámetros como el estado periodontal, la magnitud de expansión requerida y la edad del paciente.

Osteotomía transpalatina de 2 segmentos

La osteotomía transpalatina de 2 segmentos se extiende desde la espina nasal anterior, pasando entre los ápices de los incisivos centrales superiores y rafe palatino. Esta técnica siempre va unida a LeFort tipo I, el cual se realiza a través de la pared

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: violeta88@hotmail.com (V. Hidalgo García).

<https://doi.org/10.1016/j.maxilo.2017.01.002>

1130-0558/© 2017 SECOM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

anterior del seno maxilar, crestas infracigomáticas y las paredes laterales nasales.

Osteotomía transpalatina de 3 segmentos

La osteotomía de 3 segmentos, o también denominada segmentaria, se extiende desde la apertura piriforme bilateralmente, pasando entre los ápices de los incisivos laterales superiores-caninos y paladar. Esta técnica siempre va unida a LeFort tipo I, el cual se realiza a través de la pared anterior del seno maxilar, crestas infracigomáticas y las paredes laterales nasales.

Osteotomía transpalatina asimétrica

La osteotomía asimétrica es una modalidad de la osteotomía de 3 segmentos mencionada anteriormente. Se extiende desde la apertura piriforme unilateralmente, pasando entre los ápices del incisivo lateral superior-canino y paladar. Esta técnica siempre va unida a LeFort tipo I, el cual se realiza a través de la pared anterior del seno maxilar, crestas infracigomáticas y las paredes laterales nasales.

La disyunción o separación de la sutura pterigo-maxilar es realizada entre la tuberosidad maxilar, las láminas pterigoideas y el proceso piramidal del hueso palatino. Las osteotomías palatinas de 2 y 3 segmentos pueden combinarse con dicha disyunción de la sutura pterigo-maxilar, aportando esta última una serie de beneficios según la mayoría de los autores¹⁵⁻¹⁹ de la literatura científica. Entre estos beneficios destacan: un menor estrés y fuerzas de resistencia, por tanto, menor perjuicio y carga de estrés para el periodonto; menores pérdidas óseas, menor tipping vestibular dentoalveolar, mayor cantidad de expansión transversal, menores recidivas por la disminución de estrés y una mayor expansión dentaria a nivel posterior.

Material y métodos

Estrategia de búsqueda

En el presente estudio se ha realizado una revisión bibliográfica de la literatura científica incidiendo en la comparativa entre disyuntores de anclaje óseo y dentario, en cuanto a la cantidad de expansión conseguida y activaciones, comparativa entre las técnicas de SARPE de 2 y 3 segmentos (transpalatina-segmentaria) con o sin disyunción de la sutura pterigo-maxilar en relación con los resultados obtenidos, estabilidad de los mismos e indicación de cada una de ellas. Para ello se ha realizado una búsqueda en 5 bases de datos electrónicas (Cochrane, MEDLINE, PubMed, SciELO y Scopus). Se empleó la siguiente estrategia de combinación de términos clave: [Surgically assisted rapid maxillary expansion* AND orthodontic treatment] AND different surgical techniques; con el operador booleano AND*.

Se aplicó un límite de fecha desde enero de 1959 hasta diciembre de 2014, seleccionándose solo los artículos publicados en inglés. Los artículos duplicados fueron identificados y eliminados. Se excluyeron los casos clínicos, series de casos descriptivos, editoriales, revisiones sistemáticas y aquellos que no investigaban la diferencia entre las distintas técnicas de SARPE, en cuanto a magnitud de expansión, estabilidad

e indicaciones, así como el tipo de activación empleada con los disyuntores de anclaje óseo y dentario. Los artículos completos se obtuvieron a partir de los resúmenes/títulos que cumplieron con los criterios de selección iniciales.

Objetivos de la búsqueda

La búsqueda bibliográfica tuvo como objetivo evaluar la cantidad de expansión conseguida y el tipo de activación empleada con los disyuntores de anclaje óseo y dentario, así como valorar los resultados obtenidos con las distintas técnicas de SARPE (de 2 y 3 segmentos, con o sin disyunción de la sutura pterigo-maxilar), la estabilidad de los mismos y las indicaciones para cada una de estas técnicas quirúrgicas.

Resultados y discusión

Disyuntores empleados en expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida

Tipo de disyuntor

La elección del disyuntor depende directamente del estado periodontal del paciente, pudiéndose clasificar principalmente en 2 tipos: disyuntor transpalatino de anclaje óseo, el cual está indicado en pacientes con un número reducido de piezas dentarias y/o soporte periodontal comprometido; estos son anclados entre el segundo premolar y primer molar en el hueso palatino intraoperatoriamente y disyuntor de anclaje dentario, como el de Hyrax, indicado en pacientes con un buen estado periodontal y dentario, paladares extremadamente estrechos y suficiente número de piezas dentarias. Estos son cementados sobre los primeros premolares y los primeros molares¹.

Magnitud de expansión en función del tipo de disyuntor

No hay consenso en la literatura científica acerca del tipo de disyuntor que debería ser empleado con el objetivo de obtener los mejores resultados dentoalveolares y una mayor estabilidad posquirúrgica^{12,20,21}. Autores como Zandi et al.²² no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de disyuntores (de anclaje óseo y dentario) en pacientes sometidos a LeFort tipo I con osteotomía transpalatina de 2 segmentos y separación de la sutura pterigo-maxilar. Obteniendo valores similares en cuanto a la magnitud de expansión lograda (anchura del suelo nasal, anchura del hueso palatino, distancia interradicular e intercuspídea) a nivel del primer premolar y el primer molar.

Son varios los autores que corroboran los resultados obtenidos en el artículo de Zandi et al. Chamberland et al.²³ evaluaron los cambios dentoalveolares producidos con ambos tipos de disyuntores, obteniendo una expansión paralela en sentido posteroanterior en ambos grupos. En el ensayo clínico aleatorizado de Koustaal et al.²⁴ se compararon los cambios dentoalveolares que se producían con ambos tipos de disyuntores. Para ello evaluaron los modelos de escayola y las telerradiografías de los pacientes pre y postratamiento, llegando a la conclusión de que no había diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de disyuntores. En el estudio de cohortes prospectivo de Nada et al.²⁵ se evaluaron

tridimensionalmente los efectos a largo plazo de ambos grupos de disyuntores, obteniendo que la media de expansión conseguida a nivel de los ápices y el arco dentario no difirió significativamente entre ambos grupos de disyuntores.

Sin embargo, en el estudio realizado por Landes et al.²⁶, en el cual evaluaron los efectos a corto plazo de ambos tipos de disyuntores mediante tomografía computarizada, observaron que los disyuntores de anclaje óseo producían en general mayor expansión dentaria y ósea. No obstante, Laudemann et al.²⁷ realizaron un seguimiento durante aproximadamente 20 meses de los pacientes estudiados por Landes et al.²⁶, reevaluando la magnitud de expansión mediante modelos de escayola escaneados. Al analizar los resultados no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de disyuntores.

Otros autores como Kilic et al.²⁸ y Han et al.²⁹ obtuvieron en sus estudios, a diferencia de los anteriores, una mayor expansión al nivel de la región del primer premolar que en la del primer molar con disyuntores de anclaje dentario; al igual que Zemann et al.³⁰, que evidenciaron una mayor cantidad de expansión en la región intercanina que en el área molar con los disyuntores de anclaje dentario.

Activación

La mayoría de los autores recomienda la activación intraoperatoria, con la finalidad de asegurar la estabilidad del aparato y la reducción de las fuerzas que oponen resistencia^{31-33,9,34-39}. Sin embargo, no existe consenso en cuanto a la determinación de la cantidad de activación intraoperatoria y postoperatoria, variando esta última desde 0,25 mm^{8,34,37} a 1 mm por día para la mayoría de los autores^{31,32,39}.

Tras la intervención quirúrgica y la activación intraoperatoria del disyuntor, hay un período de latencia o descanso esencial para la mayoría de los autores, aunque difieren en cuanto a la duración del mismo³³⁻³⁶. Este período es esencial para la formación de un callo óseo, que no llega a consolidarse, y que proporciona estabilidad en la disyunción^{40,41}. La mayoría de los autores que consideran imprescindible dicho período de latencia establecen la duración del mismo de entre 5 a 7 días^{34-36,38,39}. Sin embargo, otros autores como Lines⁴² ampliaron dicho período de latencia a 2-3 semanas y, a diferencia de este último, Glassman et al.³³ lo redujeron a 2 días. No obstante, una gran mayoría de los estudios^{8,9,43,44} no mencionan el período de latencia transcurrido.

Expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida con osteotomía de 2 segmentos versus expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida con osteotomía de 3 segmentos

Indicaciones

La modalidad de SARPE con osteotomía de 3 segmentos está indicada siempre que haya suficiente espacio entre las raíces de los incisivos laterales y los caninos para evitar daño radicular, siendo la técnica de elección en opinión de los autores del presente artículo.

La osteotomía de 3 segmentos presenta una gran cantidad de beneficios^{1,15,45-47} respecto a la de 2 segmentos, entre los que cabe destacar un menor número y tamaño de espacios interdentarios entre incisivos laterales y caninos^{1,45}, evitando

un diastema entre los incisivos centrales^{1,45}; menor riesgo de daño radicular de los incisivos centrales^{1,45}; previene o evita totalmente la pérdida de la papila interincisiva^{1,45}; menor riesgo de desviación del tabique nasal y de ensanchamiento de la columela nasal^{1,45}; expansión más simétrica¹; mayor magnitud de expansión dentaria a nivel posterior que en la osteotomía de 2 segmentos cuando se realiza disyunción pterigo-maxilar^{1,15,45,46}; menor pérdida ósea vestibular con un menor estrés óseo y periodontal, lo cual permite una mayor movilización de los segmentos óseos y mejor estado del periodonto; asimismo permite cambiar el torque de los segmentos maxilares anteroposteriores^{1,47} y se consiguen mejores resultados estético-periodontales en general^{1,45}.

Magnitud de expansión

La gran mayoría de autores ponen de manifiesto una mayor expansión ósea que dentaria en ambas modalidades de SARPE de 2 y 3 segmentos, siendo mayor en la zona posterior que en la anterior, incrementándose cuando esta se acompaña de disyunción de la sutura pterigo-maxilar y esta, a su vez, de la modalidad de 3 segmentos⁴⁶.

Así lo demuestran autores como Habersack et al.⁴⁵, cuyo principal objetivo de estudio fue comparar tras 12 meses de seguimiento la cantidad de expansión maxilar ósea y dentaria que se producía con las 2 modalidades de SARPE de 2 y 3 segmentos, ambas con disyunción de la sutura pterigo-maxilar. Para ello midieron la distancia intercanina y la existente entre los segundos molares, a su vez se midió la expansión ósea, mediante la distancia entre los puntos yugales, concluyendo que ambas técnicas de SARPE obtuvieron una mayor expansión ósea que dentaria. También llegaron a los mismos resultados autores como Landes et al.¹, quienes compararon las 2 técnicas de SARPE de 2 y 3 segmentos, ambas con disyunción pterigo-maxilar. Realizaron una serie de mediciones para valorar el ensanchamiento transversal óseo (distancia medida entre los rebordes marginales gingivales vestibular y palatino y sus contralaterales) y dentario (distancia entre las cúspides vestibulares y palatinas y sus contralaterales), obteniendo un mayor incremento de la anchura transversal ósea que dentaria en ambas modalidades de SARPE, aunque de mayor magnitud y de forma más simétrica con la técnica de 3 segmentos, además de una mayor angulación dentaria (frontal y lateral), sobre todo a nivel de los incisivos laterales.

Sin embargo, otros autores como Chamberland et al.⁴⁸ sugirieron que se producía mayor expansión dental que ósea en pacientes sometidos a las 2 modalidades de SARPE con disyunción de la sutura pterigo-maxilar, diferenciándose del resto de autores anteriores, en los que se demostró una mayor expansión ósea que dentaria por la completa movilización del maxilar.

Estabilidad

Autores como Habersack et al.⁴⁵ han demostrado una mayor estabilidad de los resultados tras realizar expansión con la modalidad de SARPE de 3 segmentos. En este estudio en concreto se compararon tras 12 meses de seguimiento las 2 modalidades de SARPE, ambas con separación de la sutura pterigo-maxilar. La medición de la distancia intercanina reflejó mayor recidiva a los 6 meses y 12 meses posquirúrgicos en el grupo de pacientes sometidos a SARPE

con osteotomía de 2 segmentos que en la de 3 segmentos. Estos mismos resultados se obtuvieron en el estudio de Al-Ouf K et al.⁴⁷, en el cual se mencionaba que la modalidad de SARPE de 3 segmentos producía un mayor callo óseo, lo cual aumentaba la estabilidad de los resultados y disminuía el riesgo de recidiva.

Landes et al.¹, a su vez, llegaron a la misma conclusión, obteniendo menor remodelamiento óseo con la técnica de 3 segmentos, y por tanto, mayor estabilidad en los resultados.

Expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida con disyunción de la sutura pterigo-maxilar versus expansión rápida del paladar quirúrgicamente asistida sin disyunción de la sutura pterigo-maxilar

Indicaciones

Son multitud los artículos que afirman las grandes ventajas¹⁵⁻¹⁹ que aporta la realización de la disyunción de la sutura pterigo-maxilar en combinación con las 2 modalidades de SARPE anteriormente mencionadas. Entre dichos beneficios cabe destacar un menor estrés y fuerzas de resistencia, y por tanto, un menor perjuicio para el periodonto, menor pérdida ósea vestibular, menor tipping vestibular dentoalveolar, mayor magnitud de expansión transversal, menor tasa de recidiva por la disminución del estrés y una mayor expansión dentaria a nivel posterior.

En función de estos beneficios podemos esclarecer las indicaciones para cada una de las modalidades de SARPE, con o sin disyunción pterigo-maxilar, considerando una serie de factores fundamentales, tales como la edad^{17,26,49}, estado periodontal^{17-19,26} y cantidad de expansión requerida^{15,17,49}, siendo recomendada la realización de disyunción pterigo-maxilar en pacientes mayores de 20 años¹⁶, ya que a mayor edad, mayor osificación de las suturas faciales. Por el contrario, los pacientes menores de 20 años no requieren de la realización de la técnica de SARPE con disyunción pterigo-maxilar.

Así mismo, el estado periodontal es otro factor a considerar para determinar la realización o no de la disyunción pterigo-maxilar, siendo necesaria la realización de esta en pacientes con periodonto comprometido, debido a la reducción de las fuerzas de estrés que se generan sobre el soporte periodontal. Sin embargo, aquellos pacientes con un buen estado del soporte periodontal no requieren la realización de la disyunción pterigo-maxilar^{17-19,26}.

Por último, la magnitud de expansión transversal requerida⁴⁹, siendo la modalidad de SARPE con disyunción de la sutura pterigo-maxilar la de elección en casos en los que se necesite una mayor cantidad de expansión, ya que la disyunción de las láminas pterigoideas proporciona una mayor movilización de los segmentos.

Magnitud de expansión

Como mencionamos anteriormente, autores como Laudemann et al.⁴⁹, Lima et al.¹⁷ y Han et al.¹⁵ consideran la magnitud de expansión transversal requerida como un factor esencial a la hora de optar por la realización de la disyunción pterigo-maxilar en las modalidades de SARPE de 2 y 3 segmentos. Laudemann et al.⁴⁹ realizaron un estudio retrospectivo-prospectivo en el cual compararon las 2 modalidades de SARPE (osteotomía de 2 o 3 segmentos), dependiendo

del espacio interradicular de los incisivos laterales y caninos. Los autores tomaron como punto de referencia para determinar la realización de la disyunción pterigo-maxilar aquellos pacientes que requirieron una expansión mayor o igual a 6 mm. Se realizaron una serie de mediciones con tomografía computarizada, llegando a la conclusión de que al realizar la disyunción pterigo-maxilar se reducían las fuerzas de resistencia suturales, y por tanto se producía mayor expansión. Así mismo lo determinaron Han et al. en su estudio¹⁵, en el cual se comprobó que se conseguía mayor expansión y menor estrés durante el SARPE por la disyunción de la sutura pterigo-maxilar. Lima et al.¹⁷ realizaron la técnica fotoelástica para analizar el estrés producido y las fuerzas que se generaban como consecuencia de la expansión en un modelo tridimensional de silicona representando todas las estructuras anatómicas orofaciales, observando que tras la disyunción pterigo-maxilar se disminuyeron considerablemente el estrés y las fuerzas de resistencia en la zona molar, tuberosidad maxilar y placas pterigoideas, por lo que se concluyó que la cantidad de expansión transversal requerida es un factor importante a la hora de seleccionar la técnica. A mayor requerimiento de expansión transversal mayores son las fuerzas de resistencia generadas, por lo que la técnica de SARPE con disyunción pterigo-maxilar está indicada.

Sin embargo, otros autores como Sygouros et al.¹⁸ no encontraron evidencia de que con la disyunción pterigo-maxilar se obtuviese una mayor expansión. El objetivo de su estudio fue evaluar y comparar los distintos cambios que se producen a nivel óseo, dentoalveolar, dentario y periodontal en las 2 modalidades de SARPE, con o sin disyunción pterigo-maxilar mediante ConeBeam. En los 2 grupos de pacientes, con o sin disyunción pterigoidea, se obtuvo un aumento de la anchura transversal a nivel dentario y dentoalveolar; sin embargo, en el grupo no sometido a disyunción pterigo-maxilar se evidenció mayor tipping de las piezas dentarias posteriores y una mayor inclinación alvéolo-vestibular posterior, aunque no llegara a alcanzar niveles estadísticamente significativos.

Estabilidad

Son múltiples los artículos^{15,17,26} que coinciden en que existe una disminución del estrés y las fuerzas de resistencia maxilares cuando se realiza la disyunción de la sutura pterigo-maxilar en las 2 modalidades de SARPE de 2 y 3 segmentos. Algunos de los autores de estos estudios, como Lima et al.¹⁷, consideran que dicha reducción de las fuerzas de resistencia conlleva una disminución en el riesgo de recidiva y, por tanto, genera una mayor estabilidad en los resultados obtenidos. Como mencionamos anteriormente, autores como Lima et al.¹⁷, mediante la técnica fotoelástica, determinaron que la realización de la disyunción pterigo-maxilar disminuye considerablemente el estrés y las fuerzas de resistencia en la zona molar, tuberosidad maxilar y placas pterigoideas, llegando a la conclusión de que a mayor requerimiento de expansión transversal mayores serían las fuerzas de resistencia generadas, por lo que la técnica de SARPE con disyunción pterigo-maxilar estaría indicada para disminuir el riesgo de recidiva y conseguir una mayor estabilidad en los resultados.

En el estudio de Sygouros et al.¹⁸ se evidenció mayor inclinación vestibular alveolar y dentaria en el grupo tratado con

SARPE sin disyunción pterigo-maxilar, por lo que los autores sugieren que probablemente se requiriesen mayores períodos de retención para el enderezamiento dentario cuando no se llevase a cabo la disyunción pterigo-maxilar.

Conclusiones

La elección del disyuntor depende fundamentalmente del estado periodontal del paciente. El disyuntor transpalatino de anclaje óseo está indicado en pacientes con un número reducido de piezas dentarias y/o soporte periodontal comprometido, mientras que el disyuntor de anclaje dentario está indicado en pacientes con un buen estado periodontal y suficiente número de piezas dentarias.

No hay consenso en la literatura científica acerca del tipo de disyuntor que debería ser empleado con el objetivo de obtener los mejores resultados de expansión y una mayor estabilidad posquirúrgica. Se recomienda la activación intraoperatoria, con la finalidad de asegurar la estabilidad del aparato y la reducción de las fuerzas que oponen resistencia.

Tras la intervención quirúrgica y la activación intraoperatoria del disyuntor, hay un período de latencia o descanso esencial para la mayoría de los autores, aunque difieren en cuanto a la duración del mismo. La mayoría de los autores que considera imprescindible dicho período de latencia establece la duración del mismo de entre 5 a 7 días. Este período es esencial para la formación de un callo óseo, que no llega a consolidarse, y que proporciona estabilidad en la disyunción.

La modalidad de SARPE con osteotomía de 3 segmentos estaría indicada siempre que haya suficiente espacio entre las raíces de los incisivos laterales y caninos para evitar daño radicular. Es la técnica que aporta mayor estabilidad y mayor expansión a nivel posterior cuando se combina con la disyunción pterigo-maxilar con respecto a la de 2 segmentos, además de proporcionar los mejores resultados estético-periodontales.

La indicación de la disyunción de la sutura pterigo-maxilar está sujeta a 3 factores fundamentales, tales como la edad, el estado periodontal y la cantidad de expansión requerida. A mayor edad, compromiso periodontal y necesidad de expansión, mayor será el requerimiento de disyunción pterigo-maxilar.

La realización de la disyunción de la sutura pterigo-maxilar, en combinación con las modalidades de SARPE de 2 y 3 segmentos, proporciona mayor expansión y estabilidad por una disminución del estrés y fuerzas de resistencia maxilares, además de un menor perjuicio para el periodonto.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Landes CA, Laudemann K, Petruchin O, Revilla C, Seitz O, Kopp S, et al. Advantages and limits of 3-segment (paramedian) versus 2-segment (median) surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;113:29-40.
- Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod.* 1982;81:32-7.
- Bell WH, Jacobs JD. Surgical-orthodontic correction of horizontal maxillary deficiency. *J Oral Surg.* 1979;37:897-902.
- Koudstaal MJ, Poort LJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Prah-Andersen B, Schulten AJ. Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): A review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005;34:709-14.
- Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod.* 1975;68:42-54.
- Epker BN, Wolford LM. Transverse maxillary deficiency dentofacial deformities: Integrated orthodontic and surgical correction. St. Louis: Mosby; 1980.
- Timms DJ, Vero D. The relationship of rapid maxillary expansion to surgery with special reference to midpalatal synostosis. *Br J Oral Surg.* 1981;19:180-96.
- Mossaz CF, Byloff FK, Richter M. Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *Eur J Orthod.* 1992;14:110-6.
- Alpern MC, Yurosko JJ. Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. *Angle Orthod.* 1987;57:245-63.
- Capelozza Filho L, Cardoso Neto J, da Silva Filho OG, Ursi WJ. Non-surgically assisted rapid maxillary expansion in adults. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1996;11:57-66.
- Inoue N, Oyama K, Ishiguro K, Azuma M, Ozaki T. Radiographic observation of rapid expansion of human maxilla. *Bull Tokyo Med Dent Univ.* 1970;17:249-61.
- Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: A literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:290-302.
- Silverstein K, Quinn PD. Surgically-assisted rapid palatal expansion for management of transverse maxillary deficiency. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997;55:725.
- Pogrel MA, Kaban LB, Vargervik K, Baumrind S. Surgically assisted rapid maxillary expansion in adults. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1992;7:37.
- Han UA, Kim Y, Park JU. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution and displacement of the maxilla following surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2009;37:145.
- Laudemann K, Petruchin O, Mack MG, Kopp S, Sader R, Landes CA. Evaluation of surgically assisted rapid maxillary expansion with or without pterygomaxillary disjunction based upon preoperative and post-expansion 3D computed tomography data. *Oral Maxillofac Surg.* 2009;13:159.
- Lima Júnior SM, Moraes M, Asprino L. Photoelastic analysis of stress distribution of surgically assisted rapid maxillary expansion with and without separation of the pterygomaxillary suture. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:1771-5.
- Sygouros A, Motro M, Ugurlu F, Acard A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: Cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;146:748-57.
- Gauthier C, Voyer R, Paquette M, Rompre P, Papadakis A. Periodontal effects of surgically assisted rapid palatal expansion evaluated clinically and with cone-beam computerized tomography: 6-month preliminary results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139 4 Suppl:S117-28.
- Verstraaten J, Kuijpers-Jagtman AM, Mommaerts MY, Berge SJ, Nada RM, Schols JG. A systematic review of the effects of bone-borne surgical assisted rapid maxillary expansion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2010;38:166-74.

21. Vilani GN, Mattos CT, de Oliveira Ruellas AC, Maia LC. Long-term dental and skeletal changes in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion: A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;114:689-97.
22. Zandi M, Miresmaeili A, Heidari A. Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014;42:1190-5.
23. Chamberland S, Proffit WR. Short-term and long-term stability of surgically assisted rapid palatal expansion revisited. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;39:815-22.
24. Koudstaal MJ, Wolvius EB, Schulten AJ, Hop WC, van der Wal KG. Stability, tipping and relapse of bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion; a prospective randomized patient trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38:308-15.
25. Nada RM, Fudalej PS, Maal TJ, Bergé SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM. Three-dimensional prospective evaluation of tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012;40:757-62.
26. Landes CA, Laudemann K, Schübel F, Petruchin O, Mack M, Kopp S, et al. Comparison of tooth- and bone-borne devices in surgically assisted rapid maxillary expansion by three-dimensional computed tomography monitoring: transverse dental and skeletal maxillary expansion, segmental inclination, dental tipping, and vestibular bone resorption. *J Craniofac Surg.* 2009;20:1132-41.
27. Laudemann K, Petruchin O, Nafzger M, Ballon A, Kopp S, Sader RA, et al. Long-term 3D cast model study: Bone-borne vs. tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion due to secondary variables. *Oral Maxillofac Surg.* 2010;14:105-14.
28. Kilic E, Kilic B, Kurt G, Sakin C, Alkan A. Effects of surgically assisted rapid palatal expansion with and without pterygomaxillary disjunction on dental and skeletal structures: A retrospective review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013;115:167-74.
29. Han IH, An JS, Gu H, Kook MS, Park HJ, Oh HK. Effects of pterygomaxillary separation on skeletal and dental changes following surgically-assisted rapid maxillary expansion. *J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2006;28:320-8.
30. Zemmann W, Schanbacher M, Feichtinger M, Linecker A, Kärcher H. Dentoalveolar changes after surgically assisted maxillary expansion: A three-dimensional evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107:36-42.
31. Bell WH, Epker BN. Surgical-orthodontic expansion of the maxilla. *Am J Orthod.* 1976;70:517-28.
32. Kraut RA. Surgically assisted rapid maxillary expansion by opening the midpalatal suture. *J Oral Maxillofac Surg.* 1984;42:651-5.
33. Glassman AS, Nahigian SJ, Medway JM, Aronowitz HI. Conservative surgical orthodontic adult rapid palatal expansion: Sixteen cases. *Am J Orthod.* 1984;86:207-13.
34. Bays RA, Greco JM. Surgically assisted rapid palatal expansion: An outpatient technique with long-term stability. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992;50:110-5.
35. Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RJ. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1995;10:75-96.
36. Betts NJ, Ziccardi VB. Surgically assisted maxillary expansion. In: Fonseca RJ, editor. *Oral and maxillofacial surgery.* Philadelphia: W.B. Saunders; 2000. p. 211-31.
37. Banning LM, Gerard N, Steinberg BJ, Bogdanoff E. Treatment of transverse maxillary deficiency with emphasis on surgically assisted-rapid maxillary expansion. *Compend Contin Educ Dent.* 1996;17:174-8.
38. Gerlach KL, Zahl C. Transversal palatal expansion using a palatal distractor. *J Orofac Orthop.* 2003;64:443-9.
39. Koudstaal MJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Schulten AJ. The Rotterdam palatal distractor: Introduction of the new bone-borne device and report of the pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006;35:31-5.
40. Suria L, Tanejab P. Surgically assisted rapid palatal expansion: A literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:290-302.
41. Karp NS, McCarthy JG, Schreiber JS, Sissons HA, Thorne CH. Membranous bone lengthening: A serial histological study. *Ann Plast Surg.* 1992;29:2-7.
42. Lines PA. Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *Am J Orthod.* 1975;67:44-56.
43. Converse JM, Horowitz SL. The surgical-orthodontic approach to the treatment of dentofacial deformities. *Am J Orthod.* 1969;55:217-43.
44. Kole H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1959;12:515-29.
45. Habersack K, Becker J, Ristow, Paulus G. Dental and skeletal effects of two-piece and three-piece surgically assisted rapid maxillary expansion with complete mobilization: A retrospective cohort Study. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72:2278-88.
46. Holberg C. Effects of rapid maxillary expansion on the cranial base—An FEM-analysis. *J Orofac Orthop.* 2005;66:54.
47. Al-Ouf K, Krenkel C, Hajeer MY, Sakka S. Osteogenic uni- or bilateral form of the guided rapid maxillary expansion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2010;38:160-5.
48. Chamberland S, Proffit WR. Closer look at the stability of surgically assisted rapid palatal expansion. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:1895.
49. Laudemann K, Santo G, Revilla C, Harth M, Kopp S, Sader RA, et al. Assessment of surgically assisted rapid maxillary expansion regarding pterygomaxillary disjunction using thin volume-rendering technique: in variance analysis and in reliability, accuracy, and validity. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:2631-43.