

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

A INFLUÊNCIA DA EXPANSÃO MAXILAR NA RESPIRAÇÃO NASAL EM CRIANÇAS E JOVENS-ADULTOS COM DIFICULDADES RESPIRATÓRIAS

Trabalho submetido por
Ana Raquel Leandro Silvestre
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

A INFLUÊNCIA DA EXPANSÃO MAXILAR NA RESPIRAÇÃO NASAL EM CRIANÇAS E JOVENS-ADULTOS COM DIFICULDADES RESPIRATÓRIAS

Trabalho submetido por
Ana Raquel Leandro Silvestre
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Mestre François Durand Pereira

outubro de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

A INFLUÊNCIA DA EXPANSÃO MAXILAR NA RESPIRAÇÃO NASAL EM CRIANÇAS E JOVENS-ADULTOS COM DIFICULDADES RESPIRATÓRIAS

Trabalho submetido por
Ana Raquel Leandro Silvestre
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Mestre François Durand Pereira

e coorientado por
Prof. Doutora Iman Bugaighis

outubro de 2023

“Dreams don't work unless you do”
John C. Maxwell

Aos meus pais, avós e estrelinha no céu.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que desempenharam um papel fundamental na realização deste trabalho e no meu percurso acadêmico:

Primeiramente, quero agradecer ao meu orientador, o Mestre François Durand Pereira, e à minha coorientadora, a Prof. Doutora Iman Bugaighis, pela disponibilidade de me orientar, pela sabedoria compartilhada e pelo apoio incansável ao longo da elaboração deste trabalho.

Aos docentes do Instituto Universitário Egas Moniz, expresso minha gratidão por todo o conhecimento que me transmitiram ao longo do meu curso de Mestrado em Medicina Dentária. Este foi fundamental para o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus pais e avós, agradeço pelo carinho e por estarem sempre ao meu lado. A confiança que depositaram em mim foi essencial para as minhas conquistas.

De maneira especial, quero agradecer, à minha amiga e parceira de box, Theresa Cardoso, pela amizade verdadeira e por ser o meu pilar de confiança e apoio constante ao longo desta jornada. A box 66 tem um lugar muito especial no meu coração.

Por fim, um obrigada a mim, por nunca desistir e por puxar todos os limites que sempre houve para puxar.

RESUMO

De acordo com McNamara, a displasia transversal do maxilar superior é um dos problemas esqueléticos mais comuns na região craniofacial. Este problema esquelético é caracterizado por uma largura transpalatina diminuída a nível dos primeiros molares superiores e traduz-se numa discrepância entre a dimensão transversal do maxilar e a dimensão transversal da mandíbula. Deste modo, é comum a displasia transversal do maxilar se manifestar através de uma mordida cruzada posterior uni ou bilateral, apinhamento dentário e assimetrias faciais, entre outros, podendo também estar associada a dificuldades respiratórias, uma vez que, na presença de atresia do palato, a distância entre as paredes laterais da cavidade nasal e o septo nasal encontra-se frequentemente diminuída. A correção desta anomalia esquelética requer geralmente expansão do palato ao nível da sutura palatina mediana em combinação com movimentos ortopédicos ou dentoalveolares.

Diversos autores defendem que ao aumentar a dimensão transversal do maxilar ao nível do palato, a dimensão transversal das fossas nasais seria aumentada concomitantemente, levando a uma eventual redução da resistência aérea nasal e a um aumento do fluxo aéreo. No entanto, esta afirmação não é consensual.

Este trabalho consiste numa revisão bibliográfica sobre a influência da expansão maxilar na respiração nasal em crianças e adolescentes com dificuldades respiratórias, baseando-se nos artigos de maior qualidade e evidência sobre o tema em questão até à atualidade.

Pretende-se assim, numa fase inicial, descrever o desenvolvimento normal craniofacial e do sistema respiratório. De seguida, serão abordadas as condições de displasia transversal da maxila e de insuficiência respiratória, avaliando principalmente os efeitos do tratamento da displasia transversal da maxila, por meio da expansão maxilar, nas estruturas aéreas superiores. Por fim, o objetivo deste trabalho é debater, com base na evidência científica mais recente, se a expansão maxilar pode ser considerada uma opção terapêutica para melhorar as dificuldades respiratórias.

Palavras-chave: expansão maxilar, respiração, vias aéreas superiores

ABSTRACT

According to McNamara, transverse dysplasia of the upper jaw is one of the most common skeletal problems in the craniofacial region. This skeletal problem is characterized by a reduced transpalatal width between the upper first molars and manifests a discrepancy between tooth size and the size of the maxillary bone base. Thus, it is common for transverse jaw dysplasia to be associated with unilateral or bilateral posterior crossbite, dental crowding and facial asymmetries, among others, and may also be associated with respiratory problems, since, in the presence of palate atresia, the distance between the lateral walls of the nasal cavity and the nasal septum is often reduced. Correction of this skeletal anomaly generally requires expansion of the palate at the midline suture in combination with orthopaedic or dentoalveolar movement.

Several authors argue that maxillary expansion increases the size of the nasal cavity and consequently the airflow, leading to a reduction in nasal air resistance and contributing to an improvement in nasal breathing. However, this statement is not consensual.

This study consists of a narrative review on the influence of maxillary expansion on nasal breathing in children and adolescents with breathing difficulties, based on the highest quality articles and evidence on this subject so far.

Initially, the normal craniofacial and respiratory system development will be explained. Then, the conditions of transverse dysplasia of the maxilla and respiratory failure will be addressed, where the effects of maxillary expansion on the upper air structures will be especially evaluated. Finally, the aim of this study is to discuss, based on the most recent scientific evidence, whether maxillary expansion can be considered a therapeutic option for improving breathing difficulties.

Keywords: maxillary expansion, breathing, upper airways

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do desenvolvimento embriológico da face humana. Imagem adaptada de Aldridge, K. (2011).....	18
Figura 2 – Representação da formação do palato secundário, palato mole e palato duro. Imagem adaptada de Paiva et al. (2019).....	19
Figura 3 – Representação das fases da palatogénese num embrião. Imagem adaptada de https://openoregon.pressbooks.pub/app/uploads/sites/101/2020/08/0711.gif	21
Figura 4 – Representação do crescimento do complexo nasomaxilar. Imagem adaptada de Proffit (2013).....	24
Figura 5 – Os 3 estágios da sutura palatina mediana descritos por Melsen (1975). Imagem adaptada de Melsen (1975).....	27
Figura 6 – Ilustração simplificada dos 5 estágios da fusão da sutura palatina mediana descritos por Angelieri et al. (2013). Imagem adaptada de Angelieri et al. (2013).....	28
Figura 7 – Aparência facial típica dos chamados fácies adenoideu. Imagem retirada de https://openverse.org/image/37bc0887-3281-4d1e-8ccb-0633f484a2f0?q=adenoid	31
Figura 8 – Representação da função dos tecidos moles no desenvolvimento e posicionamento das estruturas orofaciais. Imagem adaptada de Rakosi et al. (2010)....	33
Figura 9 – Atresia maxilar (A) com mordida posterior bilateral, apinhamento dentário e desvio da linha média (B). Imagens retiradas de Kuttickal et al. (2019).....	36
Figura 10 – Ilustração de uma (A) oclusão transversa normal, (B) mordida cruzada posterior e (C) mordida em tesoura. Imagem adaptada de Rakosi et al. (1993).....	36
Figura 11 – Ilustração de uma mordida cruzada posterior causada por (A) endognatia e (B) endoalveolia.....	37
Figura 12 – Representação de uma curva de Wilson exagerada.....	38
Figura 13 – Representação óssea da crista de WALA. Imagem retirada de Viazis et al. (2017).....	42
Figura 14 – Pontos de referência usados no Elemento III de Andrews.....	43
Figura 15 – Alguns pontos e planos de referência usados na análise cefalométrica de Ricketts (1969).....	44
Figura 16 – (A) Arco palatino Quadhelix; (B) Disjuntor palatino Hyrax; (C) Disjuntor palatino de Haas. Imagens retiradas de Dakhil & Salamah (2021) (A; B) e Bistaffa et al. (2022) (C).....	49

Figura 17 – Representação da maturação óssea vertebral cervical. Imagem adaptada de Baccetti et al. (2001).....50

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CBCT – Tomografia computadorizada de feixe cônico

CT – Tomografia computadorizada

ERM – Expansão rápida maxilar

SAOS - Apneia Obstrutiva do Sono

INDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO.....	11
1. Materiais e métodos.....	14
II. DESENVOLVIMENTO.....	15
1. Desenvolvimento e crescimento craniofacial.....	15
1.1 Desenvolvimento embriológico da face.....	16
1.2 Desenvolvimento do palato.....	19
1.3 Teoria do desenvolvimento do complexo nasomaxilar.....	21
1.4 Crescimento do complexo nasomaxilar.....	23
1.5 Anatomia do complexo nasomaxilar.....	25
1.6 Estágios da fusão da sutura palatina mediana.....	26
2. Disfunções associadas ao complexo nasomaxilar.....	29
2.1 A insuficiência respiratória.....	29
2.1.1 A relação entre a obstrução nasal e a displasia transversal da maxila.....	31
2.2 A displasia transversal maxilar.....	34
2.2.1 Métodos de diagnóstico da displasia transversal da maxila.....	40
3. Tratamento da displasia transversal da maxila por expansão maxilar.....	47
3.1 Dispositivos utilizados no tratamento por expansão maxilar.....	48
3.2 Momento ideal para a realização da expansão maxilar.....	49
3.3 Limitações da expansão maxilar.....	51
4. A influência da expansão maxilar na função respiratória	52
4.1 Os efeitos da expansão maxilar nas estruturas das vias aéreas superiores e na função respiratória em crianças e adolescentes.....	53
III. CONCLUSÃO.....	63
IV. BIBLIOGRAFIA.....	65

I. INTRODUÇÃO

A displasia transversal da maxila é caracterizada por uma largura transpalatina diminuída a nível dos primeiros molares superiores e traduz-se numa discrepância entre a dimensão transversal da maxila e a dimensão transversal da mandíbula (McNamara, 2000). É classificada como uma anomalia esquelética que pode ocorrer de forma isolada, porém, resulta com maior frequência de uma malformação craniofacial, ocorrendo em conjunto com outras disfunções da região craniofacial (McNamara, 2000; Nowak et al., 2015). Vários estudos apontam que o desenvolvimento inadequado do maxilar superior resulta em anomalias que vão desde a mastigação ineficaz até questões respiratórias, afetando significativamente tanto a função quanto a estética orofacial (De Felippe et al., 2009; Reyneke & Conley, 2020).

As anomalias esqueléticas craniofaciais relacionadas com o maxilar superior podem ser classificadas em anomalias sagitais, verticais e transversais. Entre estas, a displasia transversal da maxila destaca-se como sendo um dos problemas esqueléticos mais comuns e prejudiciais da região da face. O facto de se encontrar na maioria dos casos associada a alterações sagitais e verticais, faz com que seja frequentemente subdiagnosticada (McNamara, 2000).

A displasia transversal da maxila está principalmente associada a mordida cruzada posterior uni ou bilateral, apinhamento dentário, protrusão dentária e palato ogival, originando más oclusões dentárias. Para além das más-oclusões, vários estudos relatam uma correlação entre a atresia do palato e a manifestação de problemas respiratórios, dada a íntima relação anatómica do palato com as estruturas nasais (Haas, 1965; Timms, 1897). Esta correlação é explicada pelo facto de que na presença de défice transversal do palato, a distância entre as paredes laterais da cavidade nasal e o septo nasal encontra-se frequentemente diminuída, o que poderia originar maior dificuldade na respiração nasal (Hartgerink et al., 1987; Rossi et al., 2009).

A correção e a manutenção de uma oclusão normal nas discrepâncias esqueléticas e dentárias constituem um dos principais objetivos do tratamento ortodôntico. As más oclusões, muitas vezes, resultam de alterações de estruturas craniofaciais para além das arcadas dentárias (Kreia et al., 2011). Deste modo, é imprescindível que o ortodontista tenha um conhecimento aprofundado tanto do desenvolvimento craniofacial normal quanto dos mecanismos que os sustentam, de forma a ser capaz de fazer um diagnóstico correto e de definir um plano de tratamento adequado (Proffit et al., 2013).

Em idades precoces, a correção da displasia transversal da maxila requer geralmente expansão do palato ao nível da sutura palatina mediana numa combinação de movimentos ortopédicos e dentoalveolares (Agarwal & Mathur, 2010; Silva Filho et al., 2007). Para a avaliação da idade esquelética é determinante para crianças e adolescentes em crescimento. Ter conhecimento do potencial de crescimento do paciente permite ao ortodontista estimar a quantidade de crescimento esquelético expectável e, assim, decidir qual a abordagem terapêutica adequada e o momento certo para a intervenção ortodôntica (Proffit et al., 2013). A idade esquelética permite ainda avaliar o nível de maturação das estruturas ósseas craniofaciais. A sutura palatina mediana, para além de outras estruturas craniofaciais que circundam o maxilar, é considerada um dos principais pilares de resistência à expansão maxilar, uma vez que tende a consolidar com o avançar da idade, dificultando os movimentos ortopédicos. Logo, o grau de maturação esquelético é um fator determinante para a escolha do tipo de intervenção (Rossi et al., 2009).

De acordo com diversos autores, para além de ser necessária na correção de más oclusões, a expansão maxilar tem também influência nas vias aéreas superiores devido à relação anatómica entre as estruturas (Haas, 1965; Silva Filho et al., 2007). De facto, o processo palatino do osso maxilar constitui pela sua face superior o soalho das fossas nasais. Por esta razão, estudos indicam que a expansão do palato aumenta a dimensão e o volume da cavidade nasal, permitindo assim uma redução da resistência aérea nasal e consequentemente um aumento do fluxo do ar. Uma melhoria da respiração nasal seria assim observada (Alyessary et al., 2019; De Felipe et al., 2009). No entanto, esta afirmação não é consensual e continua a ser discutida atualmente entre os diversos autores (Calvo-Henriquez et al., 2020).

O sistema respiratório tem uma importância vital para a saúde global do organismo humano através do fornecimento de oxigênio para o bom funcionamento fisiológico corporal. Em condições fisiológicas normais, a função respiratória ocorre por via nasal (Basheer et al., 2014). Desde os primeiros dias de vida, a adequada circulação do ar nas vias aéreas é fundamental para o crescimento e desenvolvimento saudáveis das estruturas craniofaciais. O fluxo de ar nasal atua como um estímulo constante, influenciando o desenvolvimento correto destas estruturas, inclusive o desenvolvimento tanto transversal como vertical do palato (Fernandes et al., 2017).

Quando uma criança enfrenta problemas de obstrução nasal, tende a adotar um padrão de respiração oral em detrimento da respiração nasal. Essa adaptação tem como consequência a modificação da postura da cabeça e da coluna cervical com o intuito de

facilitar a passagem do ar, alterando assim as dinâmicas musculares da face e do pescoço. Este desequilíbrio pode resultar em diversas complicações, incluindo a atresia do palato (Limme, 1993). Logo, em idades precoces, qualquer tipo de obstrução nasal pode ter um impacto significativo no crescimento craniofacial e na predisposição para más oclusões. Dada essa importância, é crucial que comprometimentos respiratórios sejam identificados e tratados precocemente, particularmente quando se trata de crianças em desenvolvimento, para assegurar um desenvolvimento saudável da face e da dentição (Linder-Aronson, 1979).

Por um lado, a respiração oral é um dos hábitos prejudiciais em crianças mais estudados por diversas especialidades médicas. Por outro lado, apesar da vasta literatura sobre o tema, ainda há lacunas no que diz respeito ao diagnóstico, tratamento e eliminação efetiva do hábito (Calvo-Henriquez et al., 2020).

Sabe-se que, entre as causas mais comuns de obstrução nasal que levam um indivíduo a adotar um padrão respiratório oral, estão o desvio do septo nasal, a hipertrofia dos adenoides ou das amígdalas, a atresia das coanas, rinites crônicas, reações alérgicas, assim como cavidades nasais estreitas ou a presença de tumores (Bucci et al., 2019; Zhao et al., 2010). Porém, vários estudos demonstram que é comum a respiração oral permanecer mesmo após a remoção bem-sucedida das causas obstrutivas das vias aéreas. Curiosamente, este comportamento verifica-se frequentemente associado a um déficit transversal do palato. Deste modo, autores chegam ao consenso da possível correlação entre a respiração oral e a constrição maxilar, cada uma sendo tanto causa quanto consequência da outra, formando assim um ciclo vicioso (Calvo-Henriquez et al., 2020).

Se a evidência científica atual indica que a expansão maxilar pode, além da necessidade na correção de más-oclusões, ter implicações na morfologia das fossas nasais, tal facto sugere que o seu tratamento poderia ter benefícios também na respiração nasal e na qualidade de vida do paciente (Baratieri et al., 2011). Assim sendo, a persistência do hábito de respirar pela boca após tratamento das causas obstrutivas das vias aéreas, levou diversos autores a investigar os efeitos da expansão maxilar na respiração (Balasubramanian et al., 2023).

Dada a importância da permeabilidade das fossas nasais para o nosso organismo, principalmente em crianças ainda em desenvolvimento, este trabalho propõe avaliar, à luz do conhecimento atual, se a correção da displasia transversal do maxilar por expansão maxilar contribui para a melhoria da função respiratória em crianças e adolescentes com dificuldades respiratórias.

1. Materiais e métodos

Para a elaboração desta revisão bibliográfica, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados *PubMed*, *Google Scholar* e *SciELO*, tanto na língua inglesa como portuguesa, através de palavras-chaves “maxillary expansion”, “upper airways” e “breathing”. A pesquisa tentou englobar todos os artigos publicados até 2022 referentes aos efeitos da expansão maxilar em crianças e adolescentes com dificuldades respiratórias, incluindo respiradores orais. Os artigos foram selecionados principalmente de acordo com a sua qualidade científica, sendo consideradas revisões sistemáticas recentemente registadas no Registo Internacional de Revisões Sistemáticas (*PROSPERO*) ou publicadas em revistas científicas de renome no âmbito da Medicina dentária.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Desenvolvimento e crescimento craniofacial

Uma vez que os médicos-dentistas e ortodontistas estão profundamente envolvidos no desenvolvimento não apenas da dentição, mas de todo o complexo craniofacial, um profissional consciente pode ser capaz de influenciar o crescimento facial em benefício do paciente. Para tal, é essencial que o profissional disponha de um conhecimento aprofundado do crescimento e desenvolvimento craniofacial, assim como dos mecanismos que o fundamentam (Proffit et al., 2013).

O complexo craniofacial é composto por três componentes: o crânio, a base do crânio e a face (Standring, 2016). Ele desempenha um papel central em funções vitais, tais como o Sistema Respiratório e Estomatognático, os quais estão relacionados com o tema deste trabalho. O comprometimento do desenvolvimento embriológico das estruturas craniofaciais pode levar a alterações na morfologia das estruturas nasais e orais e prejudicar, conseqüentemente, o normal funcionamento destes sistemas (Ozawa et al., 2016). Por isso, saber distinguir a normalidade dos efeitos de processos anómalos ou patológicos durante o desenvolvimento craniofacial é crucial para a compreensão de condições observadas em adultos e para entender as causas que possam estar na origem destes problemas (Proffit et al., 2013).

O Sistema Estomatognático é uma unidade complexa e coordenada que envolve principalmente estruturas da região orofacial (Campos et al., 2015). É fundamental para uma série de funções, como a mastigação, deglutição, respiração e comunicação. O sistema constitui uma rede integrada que inclui desde cavidades como a faringe, as fossas nasais e a boca, até estruturas mais específicas como dentes, língua e glândulas, articulações, entre outras (Standring, 2016).

Este sistema tem seu início no desenvolvimento embrionário, com a formação do Aparelho Faríngeo. Este último é crucial não apenas para o desenvolvimento das estruturas cervicais e cranianas, mas também desempenha um papel importante na formação da região orofacial. A face, maxila, mandíbula, palato, lábios, língua e outras estruturas passam por transformações significativas, todas originadas a partir deste aparelho faríngeo (Susaníbar et al., 2013).

Anatomicamente, o Aparelho Faríngeo é composto por vários elementos embriológicos, tais como arcos, bolsas, sulcos e membranas faríngeas. Estas estruturas

embrionárias têm papéis fundamentais no desenvolvimento anatômico e atuam em conjunto na modelagem da cabeça e do pescoço (Moore & Persaud, 2008).

É fundamental entender que o período embrionário, que perdura até à oitava semana de desenvolvimento intrauterino, é a fase mais sensível deste processo. Qualquer interferência durante este período pode resultar em deformidades nas estruturas cervicais e craniofaciais do embrião (Campos et al., 2015).

1.1. Desenvolvimento embriológico da face

O desenvolvimento embriológico da face no humano (Figura 1) ocorre entre a 4^a e a 8^a semana de vida intrauterina. (Moore & Persaud, 2008) A formação da face decorre da proliferação celular e migração do ectomesênquima que está subjacente a cinco proeminências faciais. (Norton, 2007) Estas proeminências são fundamentais para o desenvolvimento adequado das estruturas faciais, contribuindo para a morfologia final da face humana. (Campos et al., 2015)

Os cinco arcos faríngeos ou branquiais começam o seu desenvolvimento na 4^a semana de vida intrauterina. O primeiro arco faríngeo do qual deriva a maior parte da estrutura facial evolui para cinco primórdios faciais: dois processos mandibulares, localizados na parte mais inferior, dois processos laterais chamados de processos maxilares um pouco acima, e, numa posição central e superior, o processo frontonasal. Neste estágio, estes cinco processos estão separados entre si por depressões e circundam o estomodeu, boca primitiva do embrião. A proeminência frontonasal forma a testa, o dorso e a ponte do nariz, enquanto as proeminências mandibulares contribuem para a formação do mento, do lábio inferior e da região inferior das bochechas. As proeminências maxilares originam as partes laterais do lábio superior e a maior parte da maxila, incluindo o palato secundário (Moore & Persaud, 2008).

No início da 4^a semana de desenvolvimento intrauterino, a saliência frontonasal circunda a parte ventrolateral do encéfalo anterior. A parte frontal desta saliência dá origem à testa, enquanto a parte nasal forma o limite rostral do estomodeu, a boca primitiva, e também do nariz. Ainda nesta região ventrolateral do encéfalo anterior, surgem as vesículas óticas que serão fundamentais para a formação dos olhos (Moore & Persaud, 2008).

No final da 4ª semana de desenvolvimento intrauterino, ocorre a fusão dos processos mandibulares que originam a mandíbula e o lábio inferior. Estas estruturas são as primeiras estruturas da face a serem formadas (Moore & Persaud, 2008).

É durante a 5ª semana de desenvolvimento intrauterino que se inicia a formação do nariz e das cavidades nasais. Espessamentos ectodérmicos bilaterais surgem na proeminência frontonasal, conhecidos como placoides nasais. Estes são os primórdios do sistema olfatório e respiratório superior. À medida que se desenvolvem, os placoides invaginam-se, criando uma depressão, dando origem às fossetas nasais. Simultaneamente, o mesênquima ao redor destas fossetas começa a proliferar e dá origem a elevações em forma de ferradura. Estas são chamadas de processos nasais mediais (internos) e laterais (externos), que formarão as bases alares do nariz e as narinas (Norton, 2007; Sadler, 2016).

No final da 5ª semana de desenvolvimento intrauterino, as orelhas começam a se formar nos extremos posteriores do primeiro e segundo arco faríngeo, especificamente em torno do primeiro sulco faríngeo. Estas estruturas auditivas surgem inicialmente na região do pescoço, movendo-se para cima à medida que a mandíbula cresce e se desenvolve, assumindo uma posição superior e lateral na cabeça, alinhadas ao nível dos olhos. Este movimento contribui para a anatomia final da cabeça (Moore & Persaud, 2008).

Ainda durante a 5ª e 6ª semana de desenvolvimento intrauterino, o ectomesênquima dos processos maxilares sofre uma proliferação significativa e levando ao seu deslocamento para baixo (ventralmente) e para o centro (medialmente). Ocorre então a integração dos processos maxilares com os processos nasais. Os processos maxilares unem-se inicialmente aos processos nasais laterais e de seguida à extensão inferior dos processos nasais mediais, completando o segmento intermaxilar ou processo palatino mediano. Este dará origem ao dorso e ápice do nariz, ao filtro nasolabial, à parte média do lábio superior, à pré-maxila e ao palato primário. Tem um formato em cunha e estende-se da pré-maxila, região que aloja os incisivos entrais e laterais, até ao forâmen incisivo, constituindo a porção mais anterior do futuro palato duro (Moore & Persaud, 2008).

Aproximadamente na 7ª semana de desenvolvimento intrauterino, os processos maxilares fundem-se por sua vez com o segmento intermaxilar formando o restante da maxila e do lábio superior. Com esta fusão, as fossetas nasais começam a distanciar-se do estomodeu, orifício bucal primitivo, transformando-se eventualmente em condutos

que formarão as fossas nasais primitivas. No início, as estruturas nasais estão separadas da cavidade oral por uma membrana oronasal. Esta membrana desaparece permitindo uma conexão contínua entre as cavidades nasal e oral através de aberturas chamadas coanas primitivas. A proliferação e fusão dos processos maxilares vai determinar o encerramento do palato. O encerramento do palato deverá estar concluído, por norma, por volta da 12ª semana da vida intrauterina e resulta na separação das cavidades, dando origem às narinas e à cavidade oral (Moore et al., 2016).

No final da 8ª semana de desenvolvimento intrauterino, as estruturas faciais e cranianas já adquirem a sua morfologia característica, dando à face uma aparência "humana" (Moore & Persaud, 2008).

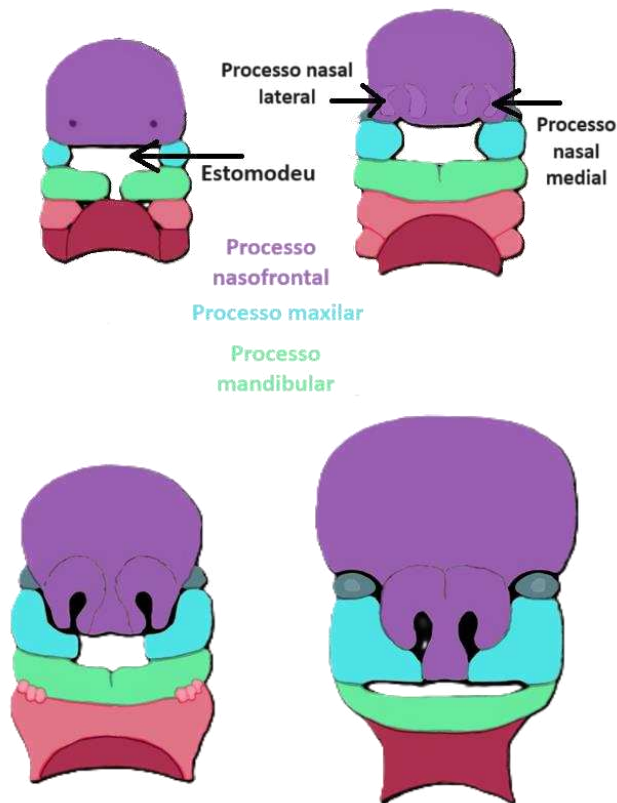


Figura 1 – Ilustração do desenvolvimento embriológico da face humana.
Imagem adaptada de Aldridge, K. (2011)

A maioria das malformações craniofaciais e cervicais ocorre durante o período crítico do desenvolvimento embrionário, em que os arcos faríngeos passam por uma série de transformações para se tornarem estruturas definitivas. Este é um processo altamente

complexo e sensível, regido por vários mecanismos biológicos como diferenciação celular, migração celular, proliferação celular, apoptose e indução celular. Cada um desses mecanismos é crucial para que os arcos faríngeos atinjam um estado de desenvolvimento completo e funcional. Logo, é essencial que durante todo o desenvolvimento embriológico os vários processos e fusões ocorram corretamente de forma a evitar posteriormente más formações da face, como por exemplo o lábio leporino (Moore et al., 2016).

1.2. Desenvolvimento do palato

No final da 8ª semana de desenvolvimento intrauterino, a face já possui a sua morfologia característica. No entanto, apenas o palato primário está completamente formado (Silva Filho & Freitas, 2007). O desenvolvimento do palato envolve um processo complexo de fusão de estruturas altamente regulado que ocorre entre a 5ª e a 12ª semana de vida intrauterina, com a fase crítica ocorrendo entre a 6ª e a 8ª semana, de acordo com Kerrigan et al. (2000).

O desenvolvimento normal do palato é dividido em dois estágios principais, sendo a formação do palato primário, pelo processo palatino mediano, seguido da formação do palato secundário pelo processo palatino lateral. O palato primário forma o lábio superior, a porção anterior do palato duro e o septo nasal. O palato secundário inclui as porções do palato duro e o palato mole (Figura 2) (Ferguson, 1981).

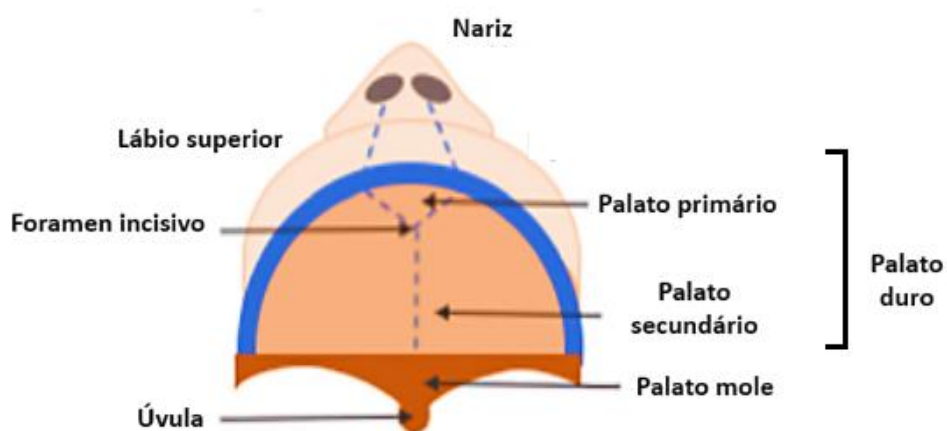


Figura 2 – Representação da formação do palato secundário, palato mole e palato duro. Imagem adaptada de Paiva et al. (2019)

Como referido anteriormente, ao final da 5ª semana de desenvolvimento intrauterino, os processos nasais mediais unem-se para formar o segmento intermaxilar, precursor do palato primário. Este último estende-se desde a região da pré-maxila até a fossa incisiva. (Moore & Persaud, 2008).

Simultaneamente, por volta da 6ª semana de desenvolvimento intrauterino, o ectomesênquima dos processos maxilares forma projeções, conhecidas como cristas ou processos palatinos, que estão na origem do palato secundário. Estas crescem inicialmente para baixo, ladeando a língua, que neste momento ocupa a maior parte da cavidade oral (Ferguson, 1981).

A reorientação das cristas palatinas para uma posição horizontal é fundamental para o desenvolvimento subsequente do palato secundário e o seu encerramento.

A horizontalização das cristas palatinas só é possível quando a língua se desloca para uma posição mais baixa, permitindo que as cristas subam e se posicionem acima desta (Figura 3) (Moore & Persaud, 2008). Existem várias teorias sobre os fatores que influenciam esta reorientação. Alguns autores defendem que a língua é reposicionada inferiormente devido ao crescimento da mandíbula e a movimentos musculares associados, enquanto outros defendem que a horizontalização dos processos palatinos é consequência de transformações bioquímicas a nível da matriz do tecido conjuntivo dos mesmos, como por exemplo alterações da vascularização, ou ainda devido a proliferação celular (Abramovich, 1997).

Entre a 7ª e a 8ª semana de desenvolvimento intrauterino, as cristas palatinas alcançam uma orientação horizontal e se aproximam para finalmente se fundirem na 9ª semana. Esta fusão ocorre de forma sequencial, começando no terço anterior e estendendo-se para os dois terços posteriores. A seguir, fundem-se com o palato primário e a porção inferior do septo nasal. Começa então o processo de ossificação do palato, podendo ocorrer antes do seu encerramento completo, formando o palato duro. O palato mole e a úvula são extensões do palato que não ossificam (Moore & Persaud, 2008).

A sutura palatina mediana, inicialmente constituída por tecido fibroso, indica a linha de fusão das cristas palatinas. Esta sutura passa por várias etapas de maturação óssea até à fusão completa do palato, o qual ocorre, por norma, por volta dos 16 anos de idade no sexo feminino e 18 anos de idade no sexo masculino (Melsen, 1975). No entanto, a incompleta ossificação desta sutura, mesmo em jovens adultos e adultos foi observada por vários autores.

Qualquer interrupção durante este processo coordenado pode resultar em defeitos congênitos, como fendas palatinas e labiais. Estes defeitos são muitas vezes o resultado de uma falta de sincronia nos movimentos e no crescimento dos vários elementos envolvidos como a língua, a mandíbula e os processos palatinos, os quais impedem que os processos entrem em contacto quando estes giram para a posição horizontal, não permitindo uma fusão completa e originando as fendas orofaciais (Moore et al., 2016).

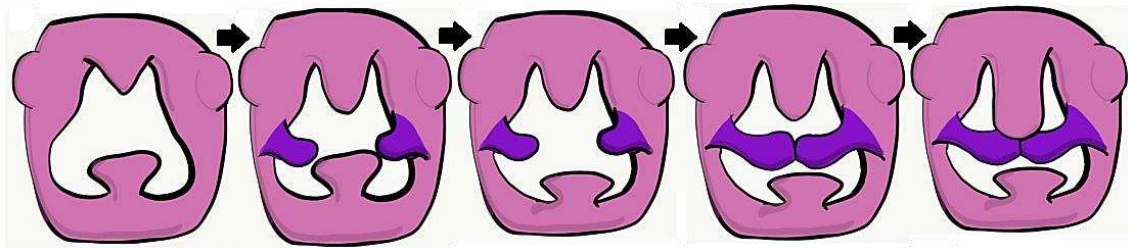


Figura 3 – Representação das fases da palatogênese num embrião.
Imagem adaptada de <https://openoregon.pressbooks.pub/app/uploads/sites/101/2020/08/0711.gif>

1.3 Teoria do desenvolvimento do complexo nasomaxilar

O crescimento é fortemente influenciado por fatores genéticos, como também pode ser significativamente afetado pelo ambiente, incluindo o estado nutricional, o nível de atividade física, a saúde ou doença, entre outros fatores semelhantes (Proffit et al., 2013).

Uma vez que o crescimento dismórfico das arcadas dentárias tem sido uma das causas mais frequentes da necessidade de tratamento ortodôntico, tornou-se essencial perceber como o crescimento craniofacial é influenciado e controlado para compreender a etiologia das más oclusões e deformidades dentofaciais. Embora nos últimos anos tenha havido avanços significativos na investigação dos fatores de controlo do crescimento facial, ainda não há consenso entre os autores (Fernandes et al., 2017).

Três teorias principais têm tentado explicar os determinantes do crescimento craniofacial: (1) o osso, como principal determinante de seu próprio crescimento; (2) a cartilagem, como principal determinante do crescimento esquelético, enquanto o osso responde secundariamente e passivamente; e (3) a matriz funcional como principal determinante do crescimento, e da qual o crescimento de todos os tecidos depende (Proffit et al., 2013).

A primeira teoria do crescimento denominada Teoria Sutural, foi proposta por Harry Sicher em 1947. O crescimento primário do esqueleto craniofacial é regulado geneticamente diretamente através das suturas. O crescimento e desenvolvimento celular nas suturas que unem a região facial às regiões da base craniana, empurra o complexo nasomaxilar para frente e para baixo adaptando o seu crescimento ao da mandíbula. Esta deslocação deve-se ao crescimento das órbitas, do septo nasal e das suturas fontanelas, zigomático-maxilares e pterigomaxilares. Inicialmente, o crescimento transversal da face decorre do desenvolvimento esquelético a nível da sínfise mentoniana e das suturas palatina, internasal e frontal. No entanto, o crescimento tende a diminuir ou cessa por completo quando as suturas na parte frontal do crânio se fecham durante os primeiros anos de vida, à exceção da sutura palatina mediana que continua o seu desenvolvimento até à fase adulta. (Standring, 2016)

De acordo com a teoria de Moss (1969), o crescimento e desenvolvimento adequado do complexo craniofacial seria influenciado pela respiração nasal, ao interagir com outras funções, como a mastigação e a deglutição (Prates et al., 1997). Nesta perspetiva conceitual, o desenvolvimento das estruturas orofaciais pode ser afetado por vários fatores, incluindo alterações no padrão respiratório, na postura da mandíbula e da cabeça, e na função lingual, originando mudanças no sistema estomatognático (Tsuda et al., 2011).

Na revisão desta teoria em 1997, Moss explica o papel relativo do controlo genético e epigenético (ambiental) nos mecanismos que promovem e controlam o crescimento. Determina que ambos são fundamentais e que isoladamente são ineficientes, sendo essencial haver combinação dos mecanismos para que se desencadeiem as ações necessárias ao crescimento e desenvolvimento (Moss, 1997). Esta teoria tem sido a mais consensual (Proffit et al., 2013).

A influência da função respiratória no desenvolvimento das estruturas orofaciais tem sido amplamente discutida. Acredita-se que o fluxo de ar nasal atua como um estímulo constante, influenciando o desenvolvimento correto das estruturas orofaciais, mais precisamente da maxila e das vias aéreas superiores, inclusive o desenvolvimento tanto transversal como vertical do palato (Fernandes et al., 2017).

Sendo assim, qualquer obstrução nas vias aéreas superiores, seja devido a malformação, reação inflamatória da mucosa nasal, desvio do septo nasal ou hipertrofia dos adenoides, resultará em obstrução nasal, forçando o paciente a adotar uma respiração predominantemente oral. Esta adaptação origina, por sua vez, uma posição mais baixa da

língua com concomitante desequilíbrio muscular por aumento da força centrípeta do mecanismo do bucinador, resultando num maxilar mais estreito, com alteração do equilíbrio muscular lábios entreabertos, subdesenvolvimento da maxila, apinhamento dentário e mordida cruzada (Linder-Aronson, 1979).

Considerando assim a Teoria da Matriz Funcional de Moss (1997), a obstrução das vias aéreas superiores poderia ter impacto na orientação do crescimento das estruturas do esqueleto facial, estando diretamente relacionado com o déficit transversal da maxila (Enlow & Hans, 2008).

1.4 Crescimento do complexo nasomaxilar

O crescimento do complexo nasomaxilar ocorre por dois mecanismos básicos: (1) por deslocamento passivo, secundário ao crescimento na base craniana que empurra a maxila para a frente, e (2) por crescimento ativo das estruturas maxilares e do nariz. Uma vez que as sincondroses da base craniana se fecham por volta dos sete anos de idade, o impulso criado por esta estrutura sobre a maxila diminui consideravelmente. Em consequência, a maior parte do crescimento após esse período deve-se ao crescimento ativo nas suturas e superfícies maxilares (Proffit et al., 2013).

O crescimento do complexo nasomaxilar repousa em mecanismos de aposição e remodelação óssea. Por um lado, a aposição envolve a adição de novo osso à superfície existente, aumentando o tamanho e a densidade da estrutura óssea. A remodelação, por outro lado, refere-se à reabsorção e substituição do osso existente por novo osso, permitindo que as estruturas ósseas se ajustem às necessidades em constante mudança do corpo. Estes mecanismos atuam a nível das suturas craniofaciais (Enlow & Hans, 2008).

Na maxila, ocorre aposição óssea posteriormente na região da tuberosidade e a nível das suturas posteriores e superiores. Simultaneamente, ocorre reabsorção óssea na região anterior da maxila. Ambos os mecanismos contribuem para o crescimento da maxila no sentido inferior e anterior (Figura 4) (Proffit et al., 2013).

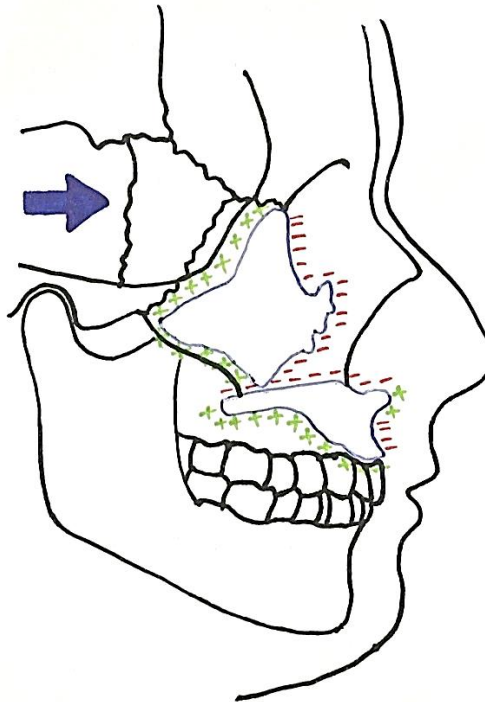


Figura 4 – Representação do crescimento do complexo nasomaxilar
Imagem adaptada de Proffit (2013)

As estruturas nasais seguem o mesmo padrão de deslocamento passivo que o resto da maxila, mas o nariz cresce mais rápido do que o resto do rosto, especialmente durante a adolescência. O crescimento do nariz é parcialmente causado pelo aumento do tamanho do septo nasal cartilaginoso e pela mudança na forma das cartilagens laterais (Proffit et al., 2013).

O crescimento das estruturas ósseas complementa-se por mecanismos de fusão a nível das várias suturas craniofaciais. Estes mecanismos ocorrem de dentro para fora, iniciando-se na parte interna do crânio e progredindo até às regiões externas, como a face. O nível de complexidade das suturas diminui à medida que estas se encontram mais à superfície. Por norma, por volta dos 30 anos, a maioria das suturas concluem o seu encerramento, à exceção da sutura zygomaticofacial, que raramente se funde. Porém, isto difere de indivíduo para indivíduo (Standring, 2016).

Tendo em conta que as estruturas ósseas craniofaciais estão todas interligadas, a fusão prematura de uma sutura durante o crescimento inicial do crânio terá repercussões dismórficas no adulto (Standring, 2016)

1.5 Anatomia do complexo nasomaxilar

O complexo craniofacial é composto por 22 ossos separados, a maioria deles em pares, e pode ser dividido em três partes principais: o crânio, a base do crânio e a face (Standring, 2016).

Enquanto o crânio envolve e protege o cérebro, as estruturas faciais abrigam os órgãos dos sentidos e as vias superiores aéreas e digestivas (Standring, 2016).

A face inclui a mandíbula e é composta por ossos finos, alguns dos quais contêm cavidades preenchidas com ar conhecidas como seios paranasais. Dentre estes, a maxila é considerada o maior osso pneumático da face, abrigando os seios maxilares e suportando os dentes superiores. Em conjunto com o septo nasal, as narinas e o palato duro, forma o complexo nasomaxilar, responsável pelo normal funcionamento do Sistema Respiratório e Estomatognático (Standring, 2016).

O complexo nasomaxilar é uma estrutura anatômica que engloba a maxila, narinas, septo nasal e o palato duro (Martins dos Santos et al., 2011).

A maxila é o osso mais importante deste complexo e desempenha múltiplas funções cruciais na anatomia facial e na função oral. Esta estrutura é responsável pela formação da órbita ocular, do nariz e do palato, suporta os dentes superiores, para além de viabilizar funções vitais como mastigação, deglutição, comunicação e respiração (Proffit et al., 2013).

A maxila pode ser descrita em cinco partes. É constituída pelo corpo, a porção maioritária deste osso, e quatro projeções: o processo frontal, o processo zigomático, o processo palatino e os processos alveolares. Embora pareça um osso único, o maxilar superior é, na verdade, composto por dois ossos maxilares que se unem na linha média por meio da sutura palatina mediana com o avançar do crescimento (Martins dos Santos et al., 2011).

Os demais limites da maxila são representados por suas articulações com os diversos ossos do viscerocrânio por meio de suturas craniofaciais, estabelecendo conexões importantes. Por exemplo, a maxila articula-se superiormente com o osso frontal e posteriormente com os ossos esfenóide, palatino, lacrimal e etmoide. Medialmente, articula-se com o osso nasal, o vômer e a concha nasal inferior, enquanto se articula lateralmente com o osso zigomático (Norton, 2007). Indiretamente, a maxila articula-se com a mandíbula através da articulação temporomandibular e da oclusão dentária (Martins dos Santos et al., 2011).

Estas estruturas adjacentes constituem na realidade pilares de resistência para reforço do maxilar, osso muito pneumatizado, e como tal, mais frágil. No entanto, estes pilares também são adversos aos movimentos ortopédicos induzidos à maxila subjacentes a tratamentos de maloclusões (Bucci et al., 2019). Os pilares de maior resistência são posteriormente as articulações entre os 2 maxilares e o esfenoide, nas suturas pterigo-maxilares e lateralmente as suturas zigomático-maxilares com os ossos zigomáticos (Ghoneima et al., 2011).

Como referido anteriormente, a maxila tem um papel fundamental na formação do nariz, do palato e da órbita ocular, assim como da arcada dentária superior. Anatomicamente, o corpo da maxila forma a margem anterior e o assoalho da órbita ocular, assim como a parte inferior da fossa infratemporal. Em contrapartida, o processo frontal completa a borda medial da órbita ocular. Para além de conter os seios maxilares, o corpo da maxila ainda faz parte da formação das paredes anterior e média da cavidade nasal, delimitando a abertura piriforme do nariz. Os seios maxilares estendem até aos processos alveolares, os quais constituem a arcada dentária superior. O processo palatino da maxila forma uma parte do teto da cavidade oral e do assoalho da cavidade nasal, contribuindo anteriormente para a formação do palato duro, juntamente com o osso palatino posteriormente. Finalmente, o processo zigomático contribui para a formação do arco zigomático em conjunto com o osso zigomático (Norton, 2007).

Por fim, dada a íntima relação anatómica entre as estruturas, qualquer alteração no desenvolvimento de uma das estruturas deste complexo terá impacto nas restantes estruturas do complexo levando ao comprometimento das funções vitais e a desarmonias esqueléticas (Balasubramanian et al., 2023).

1.6 Estágios da fusão da sutura palatina mediana

O desenvolvimento pós-natal do palato duro foi estudado por Melsen em 1975 por meio de métodos histológicos e radiográficos em material de autópsia.

Melsen (1975) propõe que o crescimento sagital do palato duro realiza-se por aposição de osso na margem posterior do palato. Por outro lado, sugere que o crescimento transversal é influenciado pela atividade osteogénica da sutura palatina mediana até aos 16 anos no sexo feminino e 18 anos no sexo masculino (Rossi et al., 2009). Após esta

idade, o crescimento a nível da sutura palatina mediana cessa, mas a adição de osso na região posterior do palato duro parece continuar por mais alguns anos (Melsen, 1975).

A sutura palatina mediana, inicialmente constituída por tecido fibroso, indica a linha de fusão das cristas palatinas. Esta sutura passa por várias etapas de maturação óssea até à fusão completa do palato (Rossi et al., 2009).

Durante o desenvolvimento pós-natal, Melsen (1975) observou mudanças na morfologia da sutura palatina mediana (Melsen, 1975). De um ponto de vista histológico, a sutura palatina mediana sofre alterações, tornando-se mais complexa e calcificada à medida que o indivíduo cresce (Baccetti et al., 2001).

Ao examinar a sutura palatina mediana em diferentes estágios de desenvolvimento, Melsen (1975) afirma que até aos 10 anos de idade, a sutura é ampla e lisa, também descrita em forma de “Y” (Figura 5, A). Dos 10 aos 13 anos, adquire uma forma escamosa com secções sobrepostas e, entre os 13 e 14 anos, a sutura torna-se mais ondulada (Figura 5, B). No estágio final da sua maturação, a sutura palatina mediana adquire uma forma interdigitada (Figura 5, C) (Melsen, 1975).

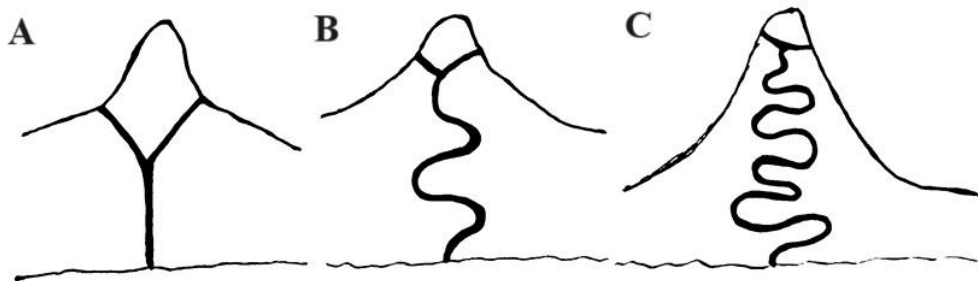


Figura 5 – Os 3 estágios da sutura palatina mediana descritos por Melsen (1975).
Imagem adaptada de Melsen (1975)

Um estudo conduzido por Persson e Thilander em 1977, constatou que a fusão da sutura palatina mediana se observa de posterior para anterior e de oral para nasal. Ambos os autores afirmam que o encerramento da sutura pode ocorrer antes dos 15 anos, Porém, o seu grau de fusão não é considerado elevado antes da terceira década de vida e, curiosamente, outras investigações relatam ainda que indivíduos com idades acima dos 70 anos nem sequer apresentam fusão completa da sutura palatina mediana (N’Guyen et al., 2008; Persson & Thilander, 1977).

Mais recentemente, em 2013, Angelieri et al. apresenta um novo método de classificação para avaliar individualmente a maturação da sutura palatina mediana através de imagens de CBCT, o que torna este método mais fiável pela avaliação nas três dimensões do plano. O autor descreve 5 estágios da fusão da sutura palatina mediana: (A) A linha da sutura apresenta alta densidade, é reta e sem ou com pouca interdigitação; (B) A linha da sutura apresenta alta densidade e tem aparência serrilhada; (C) A linha da sutura apresenta-se como duas linhas paralelas próximas uma da outra com aspeto serrilhado, mas separadas em algumas áreas por pequenos espaços de baixa densidade; (D) Fusão completa no osso palatino, sem evidência de sutura; (E) Fusão na região anterior da maxila (Figura 6) (Angelier et al., 2013). Este estudo coincide com os achados de Melsen (1975) e Persson e Thilander (1977).

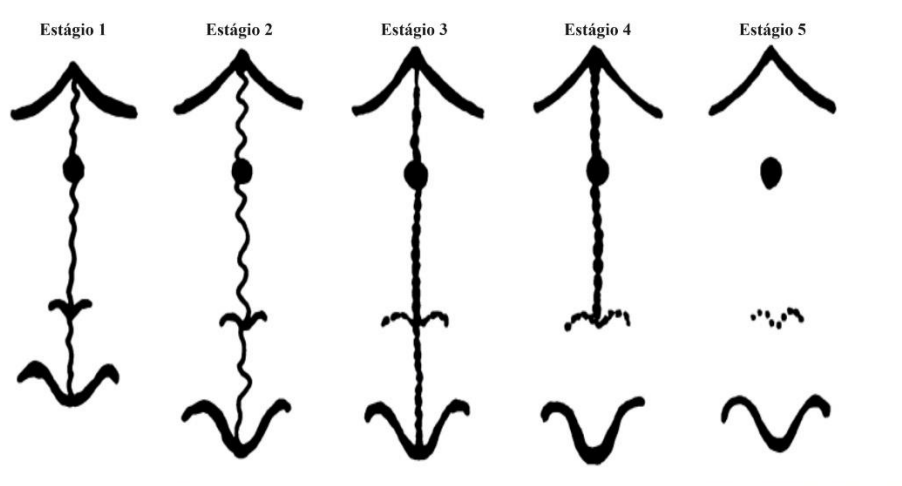


Figura 6 – Ilustração simplificada dos 5 estágios da fusão da sutura palatina mediana descritos por Angelieri et al. (2013). Imagem adaptada de Angelieri et al. (2013)

Em suma, diversos estudos demonstram que não existe um padrão rígido quando se trata do início e do progresso deste processo. A fusão da sutura palatina mediana, para além de variar de indivíduo para indivíduo, varia amplamente em relação ao sexo e à idade. Estudos recentes ressaltam adicionalmente que o processo de fusão não está cronologicamente associado à maturação esquelética do indivíduo (Angelier et al., 2013; N’Guyen et al., 2008; Persson & Thilander, 1977).

Considerando a expansão maxilar como tratamento para a displasia transversal da maxila, a interdigitação da sutura palatina constitui um obstáculo à expansão do palato

impedindo os movimentos ortopédicos (Rossi et al., 2009). A progressão da ossificação da sutura palatina mediana com o amadurecimento esquelético tende a dificultar a resposta esquelética à expansão da maxila, levando a uma falha na sua separação. A falta de clareza e a considerável variabilidade entre os indivíduos destacam a complexidade da decisão do momento ideal para iniciar o tratamento. Portanto, para ter sucesso no tratamento de expansão da maxila, é essencial avaliar individualmente o estágio de ossificação da sutura palatina mediana em cada paciente, de modo a adaptar o tratamento de acordo com as necessidades específicas de maturação óssea de cada um (Narula et al., 2019), como será discutido mais à frente.

2. Disfunções associadas ao complexo nasomaxilar

Como mencionado anteriormente, a maxila, as cavidades nasais, o septo nasal e o palato são estruturas do complexo nasomaxilar, que, em conjunto, coordenam funções fisiológicas vitais inerentes ao Sistema Estomatognático e o Sistema Respiratório (Proffit et al., 2013). O bom funcionamento destes sistemas depende da saúde geral e do equilíbrio entre os seus componentes. Por outras palavras, se houver comprometimento de alguma das estruturas envolvidas, este pode levar a um desequilíbrio em todo o sistema. As estruturas não funcionam de forma isolada, mas em conjunto, portanto, e assim sendo, qualquer alteração anatômica ou funcional pode resultar em desequilíbrios no sistema como um todo (Coutinho et al., 2009).

Nesta linha de pensamento, a morfologia da maxila e do palato pode afetar a respiração, levando a dificuldades respiratórias, assim como a obstrução nasal pode igualmente levar a um subdesenvolvimento destas estruturas.

2.1 A insuficiência respiratória

O sistema respiratório tem uma importância vital para a saúde global do organismo humano através do fornecimento de oxigênio para o bom funcionamento fisiológico corporal. Em condições fisiológicas normais, a função respiratória ocorre por via nasal. Desde os primeiros dias de vida, a adequada circulação do ar nas vias aéreas é

fundamental para o crescimento e desenvolvimento saudáveis das estruturas orofaciais e do resto do corpo. O nariz realiza três funções essenciais: humidificação, filtração e aquecimento adequado do ar inspirado (Kiliç & Oktay, 2008).

Em pacientes que têm o hábito de respirar pela boca e sofrem de constrição maxilar, as funções naturais do nariz estão comprometidas. A ausência de filtração do ar inspirado por via oral aumenta o risco de infecções respiratórias (Kiliç & Oktay, 2008). É, assim, importante incentivar a respiração nasal sempre que possível e tratar quaisquer condições subjacentes que possam afetar a saúde do nariz e das vias respiratórias, a fim de garantir uma respiração saudável. O fluxo de ar nasal atua como um estímulo constante, influenciando o desenvolvimento correto destas estruturas (Basheer et al., 2014).

As vias aéreas podem ser divididas em vias aéreas superiores e inferiores. As vias aéreas superiores incluem várias estruturas, como a cavidade oral, a estrutura nasal, a orofaringe, a nasofaringe e a laringofaringe (Martins dos Santos et al., 2011).

De acordo com Vig (1998), a presença de anomalias anatômicas e fisiológicas nestas estruturas podem se tornar possíveis causas de obstrução das vias aéreas superiores dada a sua complexa anatomia.

Dentre as causas mais comuns de insuficiência respiratória, podem estar o desvio do septo nasal, bases alares estreitas, a atresia das coanas, rinites crônicas, reações alérgicas, a hipertrofia dos adenoides ou das amígdalas, assim como a presença de tumores ou mesmo a atresia maxilar (Bucci et al., 2019).

O comprometimento das vias aéreas superiores, como a obstrução nasal crônica, leva a que os indivíduos adotem um padrão respiratório predominantemente oral (Ricketts, 1968). Se esta adaptação não for corrigida precocemente a cabeça e a coluna cervical tendem a adotar uma postura mais horizontal no intuito de facilitar a passagem do ar. Como consequência, as dinâmicas musculares da face e do pescoço sofrem alterações e criam desequilíbrios que, a longo prazo, vão interferir no desenvolvimento das estruturas orofaciais, como por exemplo no desenvolvimento maxilar (Limme, 1993).

Diversos autores reconhecem que a respiração oral desempenha um papel fundamental nas causas da má oclusão e é considerada um fator de risco, uma vez que perturba o equilíbrio fisiológico do crescimento (Grippaudo et al., 2016), como será explicado a seguir.

2.1.1. A relação entre a obstrução nasal e a displasia transversal da maxila

Desde os primeiros momentos de vida, a adequada circulação do ar nas vias aéreas é fundamental para o crescimento e desenvolvimento saudáveis das estruturas orofaciais, favorecendo igualmente o posicionamento dos maxilares, dos dentes e da língua (Moss, 1997; Proffit et al., 2013).

Em 1968, Ricketts observa indivíduos com insuficiência respiratória devido a obstrução nasal causada por hipertrofia dos adenoides. Estes eram respiradores bucais ou mistos e tinham uma aparência característica designada comumente de "fácies adenoideu" entre diversos autores (Figura 7). As características típicas faciais são uma face longa e estreita com perfil convexo, a boca entreaberta pela hipotonicidade da musculatura labial, um lábio superior curto, a rotação inferior e posterior da mandíbula, para além da presença de olheiras e de bases alares estreitas (Ricketts, 1968). Demais autores, observaram ainda frequentemente hipodesenvolvimento do terço médio da face, apinhamento dentário e mordida cruzada associada à insuficiência respiratória por obstrução nasal (Linder-Aronson, 1979; Valera et al., 2003).



Figura 7 – Aparência facial típica dos chamados fácies adenoideu.

Imagem retirada de <https://openverse.org/image/37bc0887-3281-4d1e-8ccb-0633f484a2f0?q=adenoid>

Como já referido, segundo a Teoria da Matriz funcional, o fluxo de ar nasal atua como um estímulo constante, mantendo a patência das fossas nasais, promovendo a

reabsorção óssea na parte interna das fossas nasais e a deposição óssea na parte externa. Ou seja, a passagem do ar contribui para o crescimento lateral da maxila e para o abaixamento da abóbada palatina (Moss & Salentijn, 1969). Este crescimento implica o distanciamento dos arcos da órbita, das faces nasal e oral do palato, do arco maxilar, dos seios paranasais e arcos zigomáticos. Logo, na presença de obstrução nasal, o desenvolvimento é incompleto e explica eventualmente a atresia do palato (Fernandes et al., 2017; Linder-Aronson, 1979).

Também para Ricketts, a obstrução nasal crônica leva o indivíduo a adotar um padrão de respiração predominantemente oral. Como consequência, a postura da cabeça e da coluna cervical tendem a modificar-se com o intuito de facilitar a passagem do ar, o que resulta, a longo prazo, num desequilíbrio das dinâmicas musculares da face e do pescoço. A redução da tenacidade do músculo orbicular, por exemplo, contribui para uma posição baixa da língua no pavimento da boca, à incompetência labial e ao aumento da altura facial vertical por rotação posterior da mandíbula, o que confere a estes indivíduos um perfil longo e estreito (Grippaudo et al., 2016; Ricketts, 1968). Este desequilíbrio pode resultar em diversas complicações, dentre as quais a displasia transversal da maxila (Limme, 1993).

A importância do posicionamento da língua no céu da boca durante o repouso e a ingestão é destacada como um fator chave no desenvolvimento da maxila e na manutenção da integridade da estrutura óssea facial. Quando a língua está em contato com o palato durante o repouso, os dentes têm espaço adequado para erupcionar ao redor dela, resultando na formação normal e saudável do arco maxilar (Figura 8). No entanto, quando a criança respira pela boca e língua desloca-se para o pavimento da boca, enquanto os músculos bucinadores continuam a exercer pressão interna, levando ao estreitamento do maxilar (Flutter, 2006).

Verifica-se, portanto, que a manutenção de hábitos saudáveis, como a respiração pelo nariz e o posicionamento adequado da língua, são fatores fundamentais para uma formação maxilar adequada e uma oclusão dentária saudável.

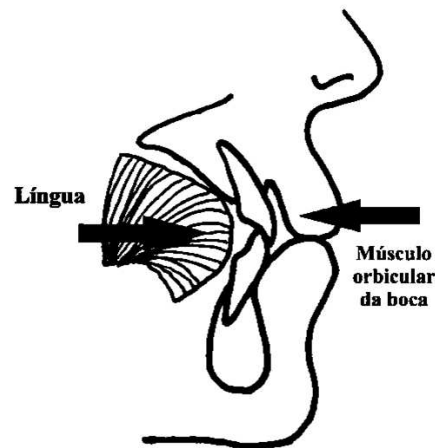


Figura 8 – Representação da função dos tecidos moles no desenvolvimento e posicionamento das estruturas orofaciais. Imagem adaptada de Rakosi et al. (2010)

De outro ponto de vista, Hartgerink et al. em 1987, constatou que a atresia maxilar poderia estar igualmente na origem da insuficiência respiratória, uma vez que um palato diminuído transversalmente implicaria cavidades nasais mais estreitas, maior resistência aérea e consequencialmente dificuldades respiratórias.

Para além disso, estas condições, nomeadamente a diminuição do volume das vias aéreas e o aumento da resistência respiratória, têm vindo a ser igualmente considerados como potenciais fatores de risco para o desenvolvimento da apneia obstrutiva do sono (SAOS), um tema ao qual tem sido atribuída considerável importância nos últimos tempos. A SAOS é uma disfunção respiratória do sono, caracterizada por um maior esforço respiratório, derivado do aumento da resistência das vias aéreas superiores. Este aumento da resistência é frequentemente provocado pelo tamanho relativo dos tecidos linfóides, em relação ao diâmetro das vias aéreas (Brockmann et al., 2013).

Para contornar este problema, a expansão maxilar tem sido proposta como tratamento da displasia transversal da maxila com o intuito de aliviar o comprometimento respiratório. De acordo com diversos estudos e tendo em conta a íntima relação anatómica entre as estruturas nasais e maxilares, a expansão da maxila aumentaria a dimensão e o volume da cavidade nasal e consequentemente o fluxo de ar, levando a uma redução da resistência aérea nasal, contribuindo finalmente para uma melhoria da respiração nasal (Alyessary et al., 2019; De Felipe et al., 2009). No entanto, esta afirmação não é consensual e continua a ser discutida atualmente entre os diversos autores (Calvo-Henriquez et al., 2020).

Para o diagnóstico da obstrução nasal, existem vários métodos mais ou menos invasivos que avaliam as dimensões, o volume e a permeabilidade das vias aéreas nasais e dos tecidos associados. Destes, fazem parte, principalmente, a rinometria acústica, a rinomanometria, a nasofibrosopia e exames radiográficos. A rinometria acústica permite medir as dimensões da cavidade nasal através da relação entre a área da seção transversal e o volume da cavidade nasal. O método se baseia na análise da reflexão do som na cavidade nasal. A rinomanometria, por sua vez, mede a pressão do fluxo aéreo nasal ao longo de um determinado intervalo de tempo e permite calcular a resistência aérea nasal. A nasofibrosopia consiste num endoscópio com microcâmara acoplada, o qual permite observar eventuais deformidades no interior das vias aéreas superiores. Em alguns casos, os exames são realizados em associação com descongestionantes, os quais permitem distinguir se a obstrução é esquelética ou derivada de uma hipertrofia da mucosa nasal. Porém, este método tende a influenciar alguns resultados. Cada uma destas técnicas tem as suas vantagens e limitações, sendo benéfico recorrer a métodos de diagnóstico complementares de forma a identificar a verdadeira etiologia da insuficiência respiratória (Doruk, 2004; Gallarreta, 2010).

Assim, somente ao examinar minuciosamente as vias aéreas superiores e ao avaliar a sua função, é possível detetar o fator etiológico da obstrução nasal e tratar a insuficiência respiratória da forma mais adequada. Esta avaliação requer frequentemente uma avaliação multidisciplinar (Santana et al., 2020).

2.2 A displasia transversal da maxila

As anomalias esqueléticas relacionadas com o maxilar superior podem ser classificadas em anomalias sagitais, verticais e transversais. A displasia transversal da maxila destaca-se, entre estas, como sendo a mais comum, porém, também a mais subdiagnosticada (McNamara, 2000).

De acordo com Betts (2016), fazer o diagnóstico de uma displasia transversal maxilar implica uma avaliação clínica mais abrangente de forma que esta seja corretamente identificada, uma vez que existem poucas alterações significativas dos tecidos moles, assim como também é recorrente estar mascarada por compensações

dentoalveolares. (Betts, 2016) A displasia transversal maxilar pode também ocorrer de forma isolada ou em conjunto com outras alterações sagitais ou verticais, conferindo-lhe a designação de “Síndrome de Deficiência Maxilar” (McNamara, 2000; Thilander & Lennartsson, 2002). Ela manifesta-se, portanto, de diversas formas, apresentando deformidades a nível intra e extraoral, as quais necessitam ser identificadas pelo clínico de modo a classificar corretamente o tipo de anomalia.

Para além das medidas, o clínico deve avaliar os padrões de oclusão, as características faciais e o crescimento facial do indivíduo (Littlewood et al., 2019; Suri & Taneja, 2008). Fatores como o perfil de tecido mole e o tônus muscular devem ser considerados (McNamara, 2000). Algumas ferramentas de diagnóstico serão abordadas em detalhe mais à frente.

Numa fase inicial, o exame extraoral do indivíduo permite ao clínico ter uma primeira perceção das alterações que possam estar associadas a uma displasia transversal maxilar. Estas alterações extraorais correspondem, principalmente, a alterações faciais ou dificuldades respiratórias (Marshall et al., 2005). Embora as alterações dos tecidos moles associadas a displasia transversal maxilar sejam pouco significativas (Betts, 2016), são algumas características a presença assimetrias faciais, como por exemplo o desvio do mento, um rosto longo e estreito, zonas malares menos salientes, bases alares estreitas, mordida aberta anterior e respiração bucal (Marshall et al., 2005).

O desvio lateral do mento pode ser facilmente identificado durante o exame extraoral do paciente. Sabendo que este pode ter origem numa anomalia esquelética ou ser apenas um desvio funcional associado ou não a mordida cruzada, é necessário fazer um diagnóstico diferencial para determinar a sua etiologia. Para tal a mandíbula é manipulada para uma posição ortopedicamente estável a fim de avaliar a concordância das linhas médias dentárias e esqueléticas (Marshall et al. 2005).

A aparência típica dos chamados “fácies adenoideu”, mencionada anteriormente, é frequentemente encontrada em indivíduos com défice transversal da maxila (Ricketts, 1968). Neste indivíduos observa-se a presença de constrição maxilar que leva ao desenvolvimento de uma face longa e estreita, para além de um plano mandibular aumentado pela rotação inferior e posterior da mandíbula, resultando num padrão Classe II esquelético (Tamburrino et al., 2010).

Avançando para o exame intraoral, o clínico deve ter conhecimento das várias alterações potencialmente indicadoras de défice transversal da maxila, para além de

efetuar medições para confirmar o diagnóstico. É principalmente característico da displasia transversal maxilar a presença de uma mordida cruzada posterior, apinhamento, desvio da linha média (Figura 9; B), um corredor bucal alargado, assim como palato ogival e constrição na região anterior do arco maxilar (Figura 9; A). Em alguns casos, é possível observar mordida aberta anterior, assim como a presença de protrusão dentária (Dakhil & Salamah, 2021; Rossi et al., 2009).

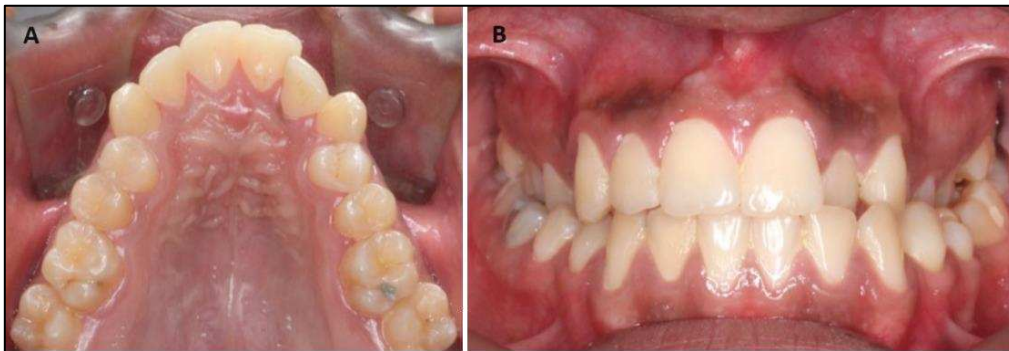


Figura 9 – Atresia maxilar (A) com mordida posterior bilateral, apinhamento dentário e desvio da linha média (B). Imagens retiradas de Kuttickal et al. (2019)

Considerando a dimensão transversal da maxila, quando as arcadas dentárias não se relacionam corretamente devido a um déficit esquelético transversal na maxila, os dentes tendem a erupcionar de maneira desalinhada, resultando na expressão de uma má-oclusão transversal, como por exemplo numa mordida cruzada posterior (Figura 10, B) ou mordida em tesoura (Figura 10, C). Existem casos, porém, nos quais os dentes podem ainda ajustar a sua inclinação para compensar a má-oclusão (Figura 11) (Tamburrino et al., 2010).

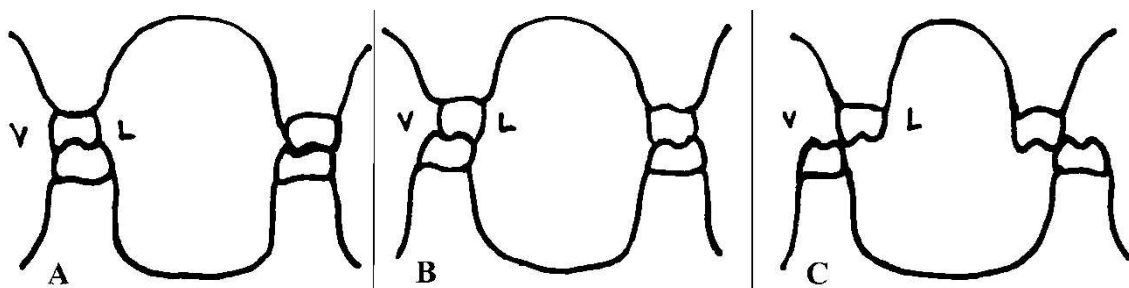


Figura 10 – Ilustração de uma (A) oclusão transversa normal, (B) mordida cruzada posterior e (C) mordida em tesoura. Imagem adaptada de Rakosi et al. (1993)

A alteração encontrada com maior frequência numa displasia transversal maxilar é a presença de mordida cruzada posterior, na qual as cúspides palatinas dos dentes superiores não ocluem na fossa central do seu dente antagonista em oclusão cêntrica (Proffit et al., 2013).

Esta anomalia pode estar subjacente a uma condição de endognatia (Figura 11, A), caracterizada pela constrição transversal esquelética do osso maxilar, ou de endoalveolia (Figura 11, B), onde a dimensão transversal da base óssea está dentro dos parâmetros normais, porém os dentes e suas bases dento-alveolares se encontram com inclinação para lingual (Brusola, 2000).

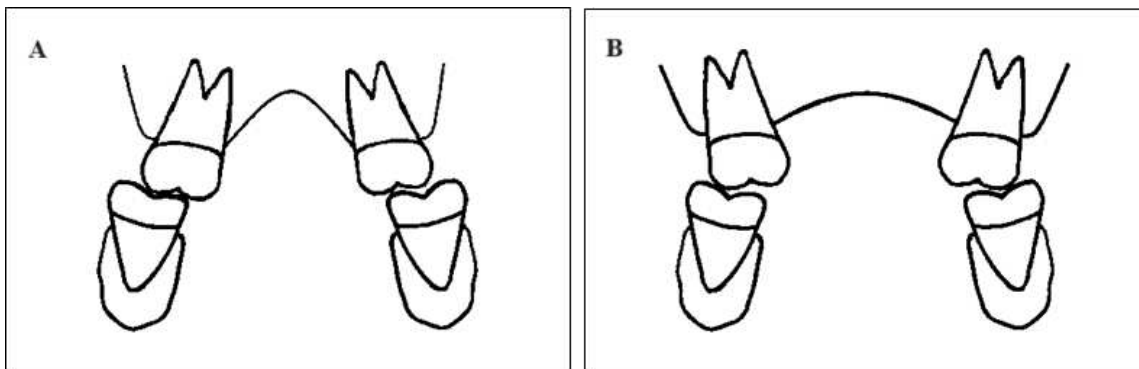


Figura 11 – Ilustração de uma mordida cruzada posterior causada por (A) endognatia e (B) endoalveolia.

Vale ressaltar que, o correto diagnóstico da origem da mordida cruzada posterior é essencial para decidir a atitude terapêutica a adotar. De acordo com a literatura, se a etiologia for esquelética, o tratamento requer a expansão esquelética da maxila. Se a etiologia for dentoalveolar, será suficiente recorrer a tratamento ortodôntico com expansão dentoalveolar para estabelecer uma oclusão normal (Marshall et al., 2005).

A mordida cruzada posterior pode ser parcial ou total, quando envolve um ou mais dentes, e pode se apresentar uni ou bilateralmente. Porém, existem também casos de displasia transversal da maxila onde não se observa nenhuma mordida cruzada, apresentando um apinhamento dentário, entre outros fatores (Rossi et al., 2009).

Este cenário pode ocorrer quando a constrição maxilar é mascarada pela atresia simultânea em ambas as arcadas ou pela dentição. Esta camuflagem deriva de compensações dento-alveolares subjacentes à displasia transversal do maxilar, por

inclinações excessivas tanto dos dentes superiores como inferiores, mascarando a expressão de uma mordida cruzada. Os dentes póstero-inferiores encontram-se, neste caso, excessivamente inclinados para lingual, enquanto os dentes póstero-superiores apresentam uma inclinação excessiva para vestibular (Figura 12) (Tamburrino et al., 2010). Apesar da displasia transversal maxilar não ser clinicamente evidente, a presença de apinhamento dentário, entre outros fatores, levanta a suspeita da sua existência (Rossi et al., 2009).

Quando presente, a mordida cruzada posterior está frequentemente acompanhada de apinhamento e protusão dos dentes. Nestes casos, resultam da discrepância entre a soma dos diâmetros mesiodistais dos dentes de uma arcada e o espaço disponível na apófise alveolar. Uma das primeiras medidas a ser tomada é a medição da largura transpalatina na união do sulco palatino dos primeiros molares superiores com a margem gengival para confirmar a eventual etiologia esquelética ou dentoalveolar da mordida cruzada posterior. Uma largura transpalatina inferior a 36 mm indica frequentemente uma endognatia. Esse valor deve ser confrontado com a avaliação da inclinação dos dentes dos sectores posteriores, a fim de confirmar inclinações dentárias excessivas compensatórias (McNamara, 2000).

Como consequência desta compensação dentária subjacente à displasia transversal do maxilar, resulta uma curva de Wilson acentuada pela inclinação excessiva dos dentes (Figura 12) (McNamara, 2000).

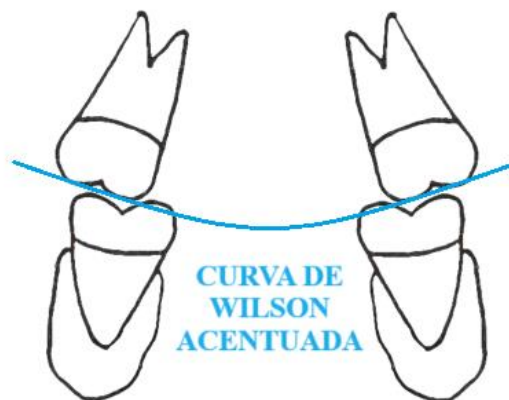


Figura 12 – Representação de uma curva de Wilson exagerada.

A curva de Wilson é uma linha imaginária funcional definida pelas cúspides linguais e vestibulares dos molares e pré-molares superiores e inferiores. Constitui uma curvatura no plano frontal representada pelas cúspides e expressa-se em ambas as arcadas dentárias, sendo que a curva na arcada mandibular é côncava, enquanto a da arcada maxilar é convexa. («The Glossary of Prosthodontic Terms», 2017) Em situações de displasia transversal maxilar compensada, onde não se observa uma mordida cruzada posterior, as cúspides palatinas dos dentes superiores encontram-se posicionadas mais abaixo do que as cúspides vestibulares, acentuando a referida curva. Estudos indicam, além disso, que uma curva de Wilson exagerada leva a interferências oclusais durante os movimentos de trabalho e de balanceio, não permitindo a desocclusão adequada pela guia canina ou guia de grupo. Estas interferências oclusais posteriores contribuem não só para um aumento da atividade dos músculos da mastigação, mas também podem comprometer a articulação temporomandibular e a saúde periodontal a longo prazo. Seguindo este raciocínio, uma curva de Wilson acentuada, uma atividade muscular mastigatória aumentada e o comprometimento da articulação temporomandibular e periodontal, da qual a recessão gengival é uma característica, podem estar associadas à displasia transversal maxilar e exigem a atenção do clínico no momento do diagnóstico (Tamburrino et al., 2010).

Quanto às assimetrias faciais associadas à displasia transversal da maxila, podemos considerar o desvio do mento ou da linha média inferior da face (Figura 9). Estas alterações podem resultar de uma assimetria esquelética ou simplesmente de um desvio funcional. Para realizar o diagnóstico diferencial, o clínico deve manipular a mandíbula para a posição ortopedicamente estável e avaliar a coincidência das linhas médias das arcadas. Se ao fechar para a posição de intercuspidação máxima, é detetado um contacto prematuro que obriga a desviar a mandíbula, a origem do desvio é funcional. É certo no entanto que as duas situações podem existir em simultâneo. (Marshall et al., 2005; «The Glossary of Prosthodontic Terms», 2017)

Tendo em conta que a displasia transversal da maxila se manifesta de diversas formas, vale também destacar a sua associação recorrente a problemas sagitais, os quais envolvem a projeção anterior ou posterior da mandíbula em relação ao maxilar superior. Tais alterações esqueléticas podem ser igualmente classificadas como reais ou relativas, dependendo da dimensão transversal da arcada dentária superior e da relação sagital entre a maxila e a mandíbula (McNamara, 2000).

Um dos principais componentes da Classe III esquelética é a retrusão maxilar, condição presente em quase metade de todos os indivíduos Classe III. (McNamara, 2000) Algumas má-oclusões de Classe II também podem estar relacionadas a esta deficiência, embora quando avaliadas clinicamente, não apresentam constrição transversal maxilar óbvia. Numa tipologia esquelética Classe II, é mais frequente encontrar um déficit da dimensão transversal da arcada superior, conferindo à maxila uma forma triangular e atrésica (Rossi et al., 2009).

Deste modo, se não se observar mordida cruzada quando os modelos de gesso se articulam em chave de oclusão e os dentes parecem estar alinhados, a mordida cruzada é considerada relativa. Em contrapartida, a persistência de mordida cruzada posterior quando os modelos se articulam em chave de oclusão Classe I molar ou canina indica uma verdadeira deficiência transversal da arcada superior. Vale ressaltar que, nestes casos, é necessário avaliar antes de mais a inclinação dos dentes para descartar possíveis mordidas cruzadas causadas por uma endoalveolia, capazes de interferir no correto diagnóstico e na tomada de decisão do tratamento mais adequado da displasia transversal (Rossi et al., 2009).

O reconhecimento de alguns dos aspetos característicos da displasia transversal da maxila é fundamental para o seu diagnóstico e para a tomada de decisão do método de intervenção mais adequado. Neste contexto, torna-se evidente a importância de adotar meios complementares de diagnóstico por meio de ferramentas específicas que proporcionam uma análise mais abrangente da anomalia, permitindo um planeamento do tratamento (Reyneke & Conley, 2020; Sawchuk et al., 2016). Alguns destes métodos serão descritos de seguida.

2.2.1 Métodos de diagnóstico da displasia transversal da maxila

Dada a sua complexidade, o diagnóstico da displasia transversal da maxila requer uma abordagem sequencial e lógica durante a avaliação do paciente, de modo a abranger meticulosamente todas as características e fatores que possam estar associados a esta anomalia e, por fim, selecionar o tipo de tratamento que se adequa mais (Proffit et al., 2013; Rakosi et al., 1993). A avaliação é feita, em primeira mão, por observações clínicas e complementada por meio de medições em modelos de gesso e radiografias bi e tridimensionais.

Enquanto existem métodos bem estabelecidos para diagnosticar a relação esquelética entre a maxila e a mandíbula nas dimensões sagital e vertical, ainda não existe consenso entre os autores qual o método mais apropriado para o diagnóstico da displasia transversal maxilar (Tamburrino et al., 2010).

O diagnóstico deve incluir a avaliação das características faciais e crescimento facial do indivíduo, observação das arcadas e dos padrões de oclusão assim como da oclusão funcional, inicialmente, por meio de avaliações clínicas, e subsequentemente por análises de modelos, oclusogramas e exames radiográficos (Littlewood et al., 2019; Reyneke & Conley, 2020).

Tamburrino et al. (2010), descreve no seu artigo três métodos cientificamente validados para avaliar a dimensão transversal: a análise do Elemento III de Andrews em modelos de gesso; a análise cefalométrica posteroanterior de Ricketts; e a Análise Transversal por meio de Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) da Universidade da Pensilvânia.

A análise do Elemento III de Andrews em modelos de gesso e a análise cefalométrica pósterio-anterior bidimensional de Ricketts são métodos autônomos que podem ser utilizados individualmente. No entanto, a análise tridimensional por CBCT combina elementos desses dois métodos para fornecer uma avaliação mais abrangente e precisa da dimensão transversal. O CBCT permite uma visão tridimensional detalhada das estruturas craniofaciais, incorporando informações das análises anteriores, o que contribui para um diagnóstico mais preciso e uma melhor compreensão das relações dentárias e esqueléticas na dimensão transversal. Assim, os três métodos estão interligados e podem ser usados de forma complementar no diagnóstico ortodôntico (Tamburrino et al., 2010).

Foi na década dos anos 90 que L. Andrews e o seu filho W. Andrews desenvolveram a filosofia dos seis elementos do diagnóstico ortodôntico, entre os quais, formulou o Elemento III. Este baseia-se em pontos de referência tanto ósseos como dentários, os quais permitem fazer a análise da relação transversal entre a maxila e a mandíbula e definir a sua largura ideal. A análise do Elemento III parte do pressuposto de que a crista WALA, iniciais dos nomes dos seus autores, determina a largura da mandíbula, uma vez que esta coincide com a porção mais proeminente do osso alveolar vestibular (Figura 13), quando visto da superfície oclusal. A crista WALA coincide com

a junção mucogengival e é uma aproximação do centro de resistência dos primeiros molares mandibulares (Figura 14). Andrews constata que a morfologia alveolar pode se alterar na região acima da crista WALA com os movimentos dentários. Porém, num indivíduo adulto com maturação esquelética avançada, tanto a região apical à crista WALA, quanto a largura da mandíbula são inalteráveis. Logo, a crista WALA forma uma base estável para a análise do Elemento III e para a identificação de eventuais discrepâncias transversais (Andrews, 2015).



Figura 13 – Representação óssea da crista de WALA. Imagem retirada de Viazis et al. (2017)

Na ortodontia, a posição e inclinação correta dos molares inferiores é fundamental para um sorriso saudável e uma mordida eficaz. Considera-se que os molares mandibulares se encontram numa posição ideal quando o ponto do eixo facial (FA), o qual corresponde ao centro da coroa do dente, tem uma distância horizontal de 2 milímetros da crista WALA. A distância intermolar mandibular ideal medida nos pontos FA corresponde. Para medir a largura transversal da maxila, mede-se a distância horizontal do ponto (FA) do molar superior esquerdo até ao ponto (FA) do molar superior direito e subtrai-se a distância intermolar mandibular ideal medida nos pontos FA. De acordo com Andrews e Andrews (2001), a largura transversal da maxila medida nos pontos referidos deve ser 5 mm maior que a largura transversal da mandíbula para permitir uma intercuspidação correta entre os molares. Um valor inferior indica uma discrepância transversal entre as bases ósseas e eventualmente uma displasia transversal da maxila com necessidade de expansão. O valor da discrepância permite assim quantificar expansão maxilar necessária (Tamburrino et al., 2010).

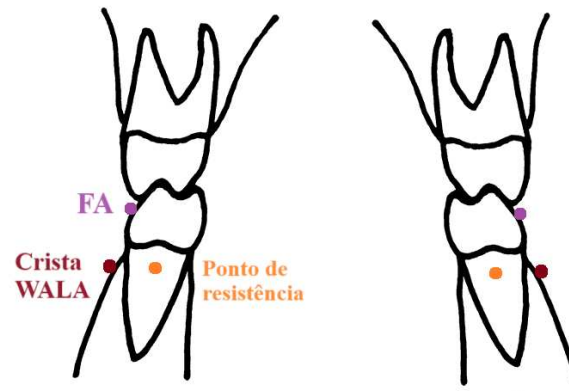


Figura 14 – Pontos de referência usados no Elemento III de Andrews.

Quanto ao uso de exames radiológicos como meio complementar de diagnóstico, Ricketts introduziu, em 1969, a análise da dimensão esquelética transversal como parte de seu método de diagnóstico cefalométrico. Para o efeito, utilizou o cefalograma posteroanterior, o qual é baseado nas dimensões das arcadas comparadas a uma tabela de valores de referência ajustados consoante a idade. A premissa da análise é baseada na localização de dois pontos esqueléticos para determinar a largura maxilar e dois pontos esqueléticos adicionais para determinar a largura mandibular. Estes pontos de referência denominados J (esquerdo) e J' (direito), no caso da maxila, e Ag e Ag' no caso da mandíbula, situam-se no ponto de união entre a maxila e o osso zigomático na protuberância maxilar, e no ponto mais profundo medialmente ao ângulo goníaco da mandíbula, respectivamente (Figura 15) (Ricketts et al., 1972). A largura da estrutura é determinada através da medição da distância horizontal que une os dois pontos maxilares e mandibulares. A largura mandibular é subtraída da largura maxilar para se obter a diferença na largura entre as arcadas. Com base na tabela dos valores de referência elaborada por Ricketts, a diferença esperada ajustada pela idade entre as arcadas é subtraída da diferença medida. Consequentemente, valores diferentes dos valores considerados normais para a idade em questão, podem ser indicadores de displasia transversal maxilar (Tamburrino et al., 2010).

Com o intuito de criar uma técnica de radiografia cefalométrica que seja padronizada e permita a comparação de radiografias, medição de distâncias e avaliação ao longo do tempo, Ricketts propôs uma análise cefalométrica muito completa. Através desta análise é possível medir a discrepância transversal máxilomandibular e o índice diferencial transversal máxilomandibular (Betts, 2016). A primeira medida indica a

diferença da largura entre a maxila e a mandíbula em relação ao plano facial frontal, enquanto a segunda quantifica as diferenças transversais entre a maxila e a mandíbula. Estas medidas podem ser realizadas através dos pontos maxilares (J e J') e mandibulares (Ag e Ag') mencionados anteriormente, mais dois pontos adicionais zigomáticos Z (esquerdo) e Z' (direito) situados bilateralmente na interseção da sutura zigomático-frontal com a órbita (Figura 15) (Uysal & Sari, 2005).

Para medir o índice diferencial transversal máxilomandibular, usa-se a medida da distância máxilomandibular obtida e subtrai-se a medida dessa distância esperada para a idade do paciente. Quando o resultado apresenta um índice diferencial transversal máxilomandibular superior a 5 mm num paciente adulto, este tem indicação para expansão cirúrgica. Este método quantifica a discrepância total, e determina que base esquelética é excessiva ou deficiente (Betts, 2016).

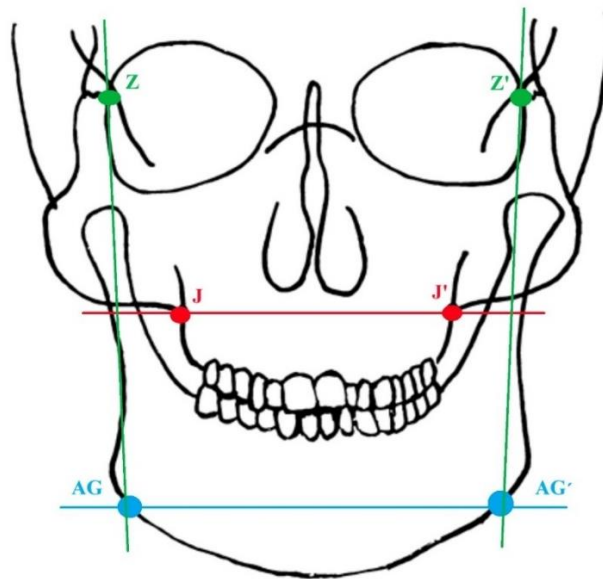


Figura 15 – Alguns pontos e planos de referência usados na análise cefalométrica de Ricketts (1969)

No entanto, as limitações desta técnica têm vindo a ser debatidas ao longo dos anos. Em questão estão principalmente as distorções devido à magnificação e à projeção das estruturas no plano frontal e a imprecisão da reprodutibilidade dos pontos de referência, as quais podem interferir nos resultados. Para além disso, estas análises representam um perfil demográfico específico, ou seja, elas são baseadas em dados e características da população caucasiana, não representar outras populações. Logo, é

importante levar em consideração as diferenças individuais ao usar estas análises como referência ou guia. Apesar disso, a análise cefalométrica posteroanterior de Ricketts continua a ser amplamente utilizada pelos ortodontistas, sendo considerado um método simples e adequado para realizar o diagnóstico de discrepâncias esqueléticas transversais (Nanda et al., 2012).

O desenvolvimento e a utilização da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) em medicina dentária veio permitir o apuramento de diagnósticos mais precisos. A Universidade de Filadelfia propôs, com recurso a imagens obtidas por CBCT, um diagnóstico da displasia transversal do maxilar. O CBCT permite medições sem inerentes às técnicas radiográficas tradicionais ou a dificuldade na localização de pontos de referência anatômicos. Enquanto os métodos estabelecidos por Ricketts e Andrews têm sido úteis e são baseados na identificação de pontos de referência anatômicos facilmente reconhecíveis que indicam a largura da base óssea alveolar, a tecnologia por CBCT oferece uma abordagem mais precisa e menos dependente destes pontos de referência (Tamburrino et al., 2010).

De acordo com a Universidade de Filadelfia, para medir a discrepância entre a maxila e a mandíbula através de CBCT, o melhor ponto de partida parece ser a representação óssea da crista WALA na mandíbula, uma vez que o ponto de referência Ag-Ag usado por Ricketts para a mandíbula tem uma correlação fraca com a base do alvéolo dentário, quando analisado em imagens tridimensionais. Portanto, os pontos de referência transversal da crista WALA parecem representar mais adequadamente a base da mandíbula a usar como referência. Estes constituem os pontos mais externos da cortical óssea, sensivelmente localizados ao nível do centro de resistência dos primeiros molares inferiores, próximo da furca. A escolha deste ponto de referência deve-se à sua estabilidade morfológica, como explicado anteriormente, e permite obter a largura mínima das bases ósseas mandibular e maxilar (Tamburrino et al., 2010).

O mesmo método pode ser usado para encontrar o início da base da maxila. Para tal, é feita a projeção do centro de resistência dos dentes maxilares na superfície vestibular do osso cortical. Este método é considerado atualmente mais apropriado para medir a largura transversal maxilar do que o método de Andrews, que não possui um ponto de

referência claro para a maxila e, o qual depende de mudanças estimadas na angulação dos molares (Tamburrino et al., 2010).

Depois da calibragem e orientação da imagem radiográfica, é possível, selecionando o corte adequado ao nível da furca dos molares, a partir das secções axiais, sagitais e coronais, determinar a largura exata da maxila e da mandíbula localizando os pontos de referência. Para calcular a discrepância entre as arcadas, é necessário subtrair a largura da mandíbula da largura da maxila. Os resultados obtidos pelos autores aproximavam-se dos 5mm, semelhantes aos valores propostos por Ricketts e Andrews. Assim, a diferença de 5 mm parece ser o padrão ideal também quando se utiliza a análise por CBCT para avaliar uma oclusão ideal. Portanto, para determinar a quantidade de expansão necessária de modo a alcançar uma relação transversal ideal entre as arcadas, o valor da discrepância entre estas deve ser subtraído de 5 (Tamburrino et al., 2010).

O CBCT é um exame radiográfico tridimensional usado cada vez mais no diagnóstico ortodôntico. De facto, permite avaliar as estruturas craniofaciais em três dimensões de uma forma mais rápida e precisa, eliminando problemas de magnificação e sobreposição de estruturas frequentes nos exames radiográficos bidimensionais (Coskun & Kaya, 2018). Desta forma, facilita o diagnóstico da displasia transversal maxilar sendo considerado atualmente o exame de eleição, uma vez que os exames radiográficos tradicionais bidimensionais permitem identificar apenas assimetrias frontais (Sawchuk et al., 2016; Suri & Taneja, 2008). Como a decisão sobre o tratamento ideal da displasia transversal maxilar depende da correta identificação da mesma, é indispensável realizar o diagnóstico esquelético e dentário nos três planos do espaço (Tamburrino et al., 2010). Porém, embora o CBCT tenha vantagens notáveis, gera uma maior exposição à radiação. Bem que esta seja cada vez menor com o desenvolvimento da tecnologia, os profissionais de saúde devem considerar cuidadosamente os benefícios e os riscos de uma maior exposição à radiação. Considera-se que esta deve ser apenas aplicada quando a radiografia convencional é insuficiente para fornecer as informações necessárias a um diagnóstico correto. (Coskun & Kaya, 2018; Kau et al., 2005)

3. Tratamento da displasia transversal da maxila por expansão maxilar

Um dos objetivos da ortodontia é corrigir as displasias esqueléticas que podem surgir ao longo do crescimento, mantendo uma oclusão funcional, minimizando o impacto que qualquer anomalia possa ter nas funções vitais, como a mastigação ou a respiração (Tamburrino et al., 2010). Tendo em conta a relação da displasia transversal da maxila na anatomia das fossas nasais e conseqüentemente no comprometimento da respiração, diversos autores propõem a expansão maxilar como tratamento desta anomalia com o intuito de alterar as dimensões das cavidades nasais e reduzir o comprometimento respiratório. Ao expandir o palato, também expandimos o soalho das fossas nasais (De Felippe et al., 2009).

A correção da displasia transversal da maxila pode ser realizada por expansão dento-alveolar ou por expansão esquelética em indivíduos em crescimento. Neste caso, como este trabalho se dedica exclusivamente à expansão esquelética da maxila, irá ser abordada a disjunção do palato a nível da sutura palatina mediana como método de tratamento, assim como os aparelhos utilizados para este fim. De facto, é possível separar o palato por meio de forças ortopédicas ou de cirurgia ortognática, dependendo do grau de expansão necessário (Baccetti et al., 2001). Porém, uma vez que o trabalho se concentra em crianças e adolescentes que ainda não atingiram a maturidade óssea, irão ser descritos apenas os métodos de expansão maxilar ortopédica, e não cirúrgica, através de aparelhos apoiados sobre dentes.

Existem atualmente três técnicas de expansão esquelética que se diferenciam entre si pelo tipo de protocolo da ativação aplicado, isto é, a quantidade de força aplicada sobre a sutura palatina. A expansão pode ser rápida, semi-rápida ou lenta, sendo todas elas equivalentemente eficazes. A escolha da técnica depende da maturidade esquelética do paciente e do grau de expansão necessário. Na expansão rápida são feitas duas ativações por dia, na semi-rápida é feita apenas uma ativação por dia e na expansão lenta é feita uma ativação de dois em dois dias ou menos ainda (Reyneke & Conley, 2020). À medida que o indivíduo cresce, a sutura palatina mediana tende a tornar-se mais interdigitada e a calcificar, exigindo forças mais pesadas para a sua disjunção. Devemos também referir que todas as suturas perimaxilares, nomeadamente a pterigomaxilar entre os maxilares e o esfenoide contribuem para a dificuldade da sua separação (Agarwal & Mathur, 2010).

Em 1860, Angell publica na revista científica *Dental Cosmos* Angell o relato de uma disjunção da sutura intermaxilar ao colocar um parafuso entre bandas cimentadas nos pré-molares. A veracidade do resultado é, no entanto, questionada pelos pares e a técnica não obtém o sucesso esperado. Foi necessário esperar pelos estudos pioneiros do Dr. Andrew J. Haas, na década de sessenta do século passado para que os detalhes clínicos, radiográficos e os mecanismos de ação desta técnica sejam claramente elucidados e popularizados. Desde essa época, muitas pesquisas clínicas e experimentais sobre a expansão da maxila foram publicadas (Rossi et al., 2009).

De acordo com Haas, a técnica procura maximizar o movimento esquelético, minimizando o movimento dentário sobre o qual se apoia o aparelho. A aplicação de uma força pesada e rápida nos dentes posteriores não permite que a movimentação dentária ocorra a tempo, transferindo, em vez disso, a força para as suturas. Quando a força aplicada excede o limite para a movimentação dentária, a sutura palatina mediana abre, afastando os maxilares (Agarwal & Mathur, 2010).

A expansão rápida maxilar enquadra-se como tratamento padrão numa abordagem precoce da displasia transversal maxilar em crianças e jovens adultos que ainda não tenham atingido a maturação óssea (Rossi et al., 2009). Esta técnica tem um efeito ortopédico em idades precoces, durante o período das dentições decídua, mista e permanente jovem, pois a resposta sutural e esquelética é mais favorável durante o período de crescimento (Dakhil & Salamah, 2021). Este é o método mais encontrado nos estudos.

Assim, a ERM consolidou-se como um procedimento padrão para a correção da displasia transversal da maxila, especialmente em indivíduos em fase de crescimento (Baccetti et al., 2001). Porém, vale ressaltar, que a expansão rápida está contraindicada em pacientes muito jovens podendo levar à distorção das estruturas faciais (Dakhil & Salamah, 2021).

3.1 Dispositivos utilizados no tratamento por expansão maxilar

Os dispositivos utilizados na expansão maxilar podem ser dentomucosuportados ou apenas dentosuportados, fixos ou removíveis.

No caso dos aparelhos removíveis, as forças geradas por estes transmitem-se apenas aos dentes, tendo assim apenas um efeito dentoalveolar e não permitindo uma separação da sutura intermaxilar (Dakhil & Salamah, 2021)



Figura 16 – (A) Arco palatino Quadhelix; (B) Disjuntor palatino Hyrax; (C) Disjuntor palatino de Haas. Imagens retiradas de Dakhil & Salamah (2021) (A; B) e Bistaffa et al. (2022) (C)

Quanto aos aparelhos fixos, destacamos o expansor Quad-Helix (dentosuportado) e os disjuntores palatinos de Haas (dentomucosuportado) e Hyrax (dentosuportado) (Figura 16). O expansor Quad-Helix, no entanto, sendo o único que não segue um protocolo de ativação contínuo, tende a exercer as forças geradas maioritariamente sobre os dentes, não tendo capacidade de libertar grandes forças ortopédicas, necessárias à disjunção da sutura intermaxilar. O seu efeito ortopédico sobre a maxila é defendido apenas por alguns autores e somente quando aplicado em crianças muito jovens. Pela dificuldade de exercer forças pesadas não é o aparelho de primeira escolha para a disjunção do maxilar. Assim sendo, apenas os disjuntores de Haas e Hyrax têm capacidade de gerar forças mais progressivas para a expansão esquelética da maxila e são os aparelhos mais usados pelos ortodontistas para este efeito (Dakhil & Salamah, 2021).

3.2 Momento ideal para a realização da expansão maxilar

O período ideal para o tratamento da deficiência transversal maxilar é frequentemente avaliado com base na maturação da sutura intermaxilar. Esta sofre alterações com a idade do indivíduo, tornando-se mais interdigitada e ossificada à medida que o indivíduo amadurece (Baccetti et al., 2001). Com base nestes dados, deduz-se que indivíduos com maturação esquelética avançada podem enfrentar maior dificuldade na expansão maxilar, em comparação com indivíduos que ainda não atingiram o pico de

crescimento. Nestes, observam-se alterações ortopédicas mais significativas e estáveis a longo prazo (Wertz & Dreskin, 1977).

Estudos com implantes realizados em 1966 por Björk, mostraram que o padrão de crescimento transversal da maxila é semelhante ao crescimento em altura do corpo, com momentos semelhantes para o pico e a conclusão do crescimento. Deste modo, os resultados do tratamento por ERM podem ser avaliados de acordo com a maturação esquelética. Vale realçar, que a maturação esquelética varia consideravelmente de indivíduo para indivíduo e pode ser avaliada por indicadores biológicos como altura, maturação esquelética da mão e do pulso, desenvolvimento dentário, menarca e mudanças na voz e no peito (Björk, 1966).

O método de maturação das vertebra cervicais (Figura 17) destacou-se como um indicador biológico confiável da maturação esquelética. Este método é o mais aplicado no âmbito da ortodontia, uma vez que é facilmente obtido através do exame cefalométrico, evitando de expor os pacientes a radiações adicionais, como seria no caso da radiografia do punho. Através do método de maturação das vertebra cervicais, foi detetado um maior crescimento mandibular e craniofacial entre os estágios Cvs3 e Cvs4, que também coincidem com o pico de altura corporal (Baccetti et al., 2001).

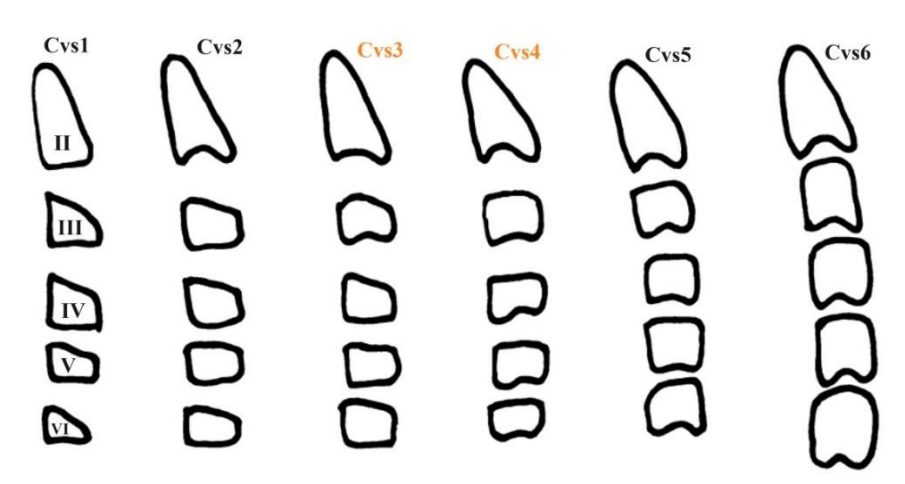


Figura 17 – Representação da maturação óssea vertebral cervical.
Imagem adaptada de Baccetti et al. (2001)

Baccetti et al. (2001), realizaram um estudo sobre os efeitos da expansão maxilar rápida por meio do expansor de Haas a curto e a longo prazo em grupos de indivíduos

antes, durante e após o pico do crescimento. O intuito foi definir o momento ideal do tratamento.

Os dados obtidos indicaram que, a curto prazo, o tratamento por ERM em indivíduos antes do pico de crescimento apresentam aumentos significativos na largura das cavidades nasais e que, a longo prazo, apresentam larguras significativamente maiores do esqueleto maxilar e das distâncias intermolar maxilar, e transversais nasais e orbitais. Em contrapartida, o grupo tratado mais tardiamente, ou seja, durante ou após o pico de crescimento, demonstrou apenas aumentos na largura transversal nasal e nas distâncias intermolares maxilares e mandibulares. Esta descoberta sustenta a ideia de que o tratamento por ERM induz alterações transversais craniofaciais mais acentuadas a nível esquelético quando a intervenção é feita antes do pico de crescimento, enquanto, que as intervenções após o pico de crescimento tendem a ter resultados mais limitados ao maxilar e de componente mais dentoalveolar (Baccetti et al., 2001).

Ao considerar os efeitos da separação maxilar através do expansor Haas, percebe-se ainda que certas regiões esqueléticas anatômicas mais distantes da sutura palatina mediana, como é o exemplo da sutura frontomaxilar, são afetadas somente quando o tratamento é realizado antes do pico de crescimento esquelético. Isto é evidenciado através do aumento significativo da largura transversal orbital no grupo tratado antes do pico de crescimento (Baccetti et al., 2001). Salienta-se outra vez, com o avanço da idade e da maturação esquelética associada, as alterações esqueléticas são mais limitadas (Wertz, 1970).

Deste modo, o momento ideal para realizar a expansão maxilar dá-se no intervalo entre a dentição mista inicial e a dentição definitiva completa, uma vez que é possível aplicar um tratamento interceetivo por alterações ortopédicas.

3.3 Limitações da expansão maxilar

Existem vários fatores que afetam a capacidade de expansão da maxila, como a idade do indivíduo, correlacionado com a maturação óssea, assim como os ossos perimaxilares que constituem pilares de resistência à expansão, os tecidos moles, e o padrão esquelético do indivíduo, entre outros (Rossi et al., 2009).

De acordo com a literatura, o prognóstico da ERM apoiada exclusivamente sobre dentes é desfavorável em indivíduos com idade e maturação esquelética avançada, pois o efeito ortopédico parece ser insuficiente. Isto significa que a capacidade de separação da sutura intermaxilar e das suturas perimaxilares reduz-se em indivíduos mais velhos e com maturação óssea avançada, resultando num efeito mais dentoalveolar com maior instabilidade e recidiva (Haas, 1970).

Na realidade, a maior resistência à ERM provem dos ossos circundantes aos maxilares, em particular dos ossos zigomáticos que se articulam lateralmente e do esfenoide que se articula atrás. As suturas zigomatomaxilares e pterigomaxilares, representam as maiores resistências à expansão do maxilar superior (Melsen, 1975; Persson & Thilander, 1977). Esta limitação acentua-se com a maturação das suturas.

É pela relação dos maxilares com os ossos circundantes que a sua disjunção segue um padrão de abertura triangular com vértice superior e posterior. Ou seja, a disjunção do maxilar é maior na zona do palato do que no soalho das fossas nasais no sentido vertical e maior ao nível da espinha nasal anterior no plano horizontal. Esta característica resulta principalmente dos pilares de resistência zigomático-maxilares e pterigomaxilares (Ghoneima et al., 2011).

Outros fatores podem apresentar resistência à expansão maxilar em idades precoces, como os tecidos moles, se existir tecido cicatricial. Os dentes e alvéolos, em função das suas posições, bem como a saúde e integridade do osso alveolar em que estão inseridos, podem igualmente interferir na capacidade de expansão da maxila (Rossi et al., 2009).

4. A influência da expansão maxilar na função respiratória

Os ossos maxilares constituem aproximadamente 50% da estrutura anatômica da cavidade nasal. Logo, tratamentos que alterem a morfologia da maxila, como a expansão rápida da maxila para corrigir o défice transversal esquelético, podem alterar a dimensão e a função da cavidade nasal. Isto significa que intervenções ortodônticas que afetam a forma do maxilar superior podem ter um impacto direto na estrutura e na função das vias aéreas superiores (De Felipe et al., 2009).

Em 1886, Eysel, foi pioneiro no campo da rinologia ao investigar os efeitos da expansão rápida da maxila na função da cavidade nasal. Segundo o autor, após a ERM, ocorreram diversas alterações no maxilar e nos ossos adjacentes, resultando na abertura da cavidade nasal e na redução da resistência do fluxo de ar nas narinas. Importante notar que, embora o tratamento ortodôntico seja destinado a corrigir discrepâncias dentárias e ósseas, alguns autores argumentaram que os efeitos da ERM podem também beneficiar crianças em crescimento que apresentem problemas relacionados com respiração nasal (Kiliç & Oktay, 2008).

4.1 Os efeitos da expansão maxilar nas estruturas das vias aéreas superiores e na função respiratória em crianças e adolescentes

Diversas revisões sistemáticas têm sido conduzidas nas últimas décadas sobre a influência da expansão maxilar nas dimensões das vias aéreas superiores e na melhoria da respiração oral. O intuito é fornecer uma síntese abrangente sobre este tema e avaliar a qualidade de evidência destes estudos. Entre estas, duas foram registradas na PROSPERO, base de dados internacional de protocolos de revisões sistemáticas prospectivas nas áreas da saúde e áreas relacionadas. Esta plataforma tem o propósito de organizar e padronizar revisões sistemáticas segundo protocolos específicos, garantindo maior qualidade e evidência científica aos estudos realizados.

A revisão sistemática mais recente e inscrita na base de dados PROSPERO sobre este tópico foi conduzida por Balasubramanian et al. em 2022. Os autores realizaram uma revisão sistemática e uma metanálise dos estudos prospectivos publicados entre o ano 2000 e 2018 que avaliaram o impacto da expansão rápida maxilar nas dimensões das vias aéreas superiores e a sua influência no padrão da respiratório em indivíduos com dificuldades respiratórias. O objetivo desta revisão sistemática pretende verificar se estas alterações efetivamente aliviaram os hábitos de respiração oral.

De um total de 189 estudos encontrados, apenas 12 respeitavam os critérios de inclusão e exclusão desta revisão sistemática. Destes, nove puderam ser utilizados para uma meta-análise sobre as alterações das dimensões da via aérea superior pré e pós tratamento.

Os estudos selecionados consistem em ensaios clínicos realizados em crianças, entre os 8 e 15 anos de idade, com displasia transversal da maxila e que foram submetidas a uma expansão rápida maxilar através de aparelhos fixos dentosuportados. As amostras variavam de 10 a 38 indivíduos. Fatores como outro tipo de método de tratamento, outras patologias potencialmente associadas a obstrução nasal ou a dificuldades respiratórias e indivíduos com deformidades craniofaciais, entre outros, foram excluídos. Após o tratamento, foi medido o volume das vias aéreas superiores usando CBCT e CT. Os registos foram feitos em pelo menos dois de três momentos: (T1) antes da expansão; (T2) diretamente após a expansão; e (T3) após a fase de retenção.

Os estudos excluídos foram de (A) Almuzian et al. (2016), o qual comparou dois softwares e não avaliou os parâmetros exigidos; (B) de Pangrázio-Kulbersh et al. (2012), que avaliou a via aérea posterior como um todo e não avaliou o volume nasofaríngeo e orofaríngeo separadamente; e (C) de Bouserhal et al. (2014), que avaliou o volume da cavidade nasal e relatou valores demasiado baixos para incluir na metanálise. Além disso, o estudo de Izuka et al. (2015) avaliou a cavidade nasal e a nasofaringe em conjunto e calculou o volume orofaríngeo separadamente. Para a metanálise foram apenas consideradas as dimensões da orofaringe descritas neste estudo.

A metanálise é constituída por 7 ensaios clínicos randomizados (RCT) e 2 ensaios clínicos não randomizados (NRCT) e tendo sido utilizados diversos programas de software estatístico e recursos online para analisar os dados. Além disso, foram aplicadas várias diretrizes para garantir a qualidade do estudo, tendo em conta os riscos de viés.

Os resultados obtidos indicam que houve alterações tanto no volume da cavidade nasal, assim como da orofaringe e nasofaringe, porém menos significativos.

Os autores Palaisa et al. (2007), Doruk et al. (2007), Gorgulu et al. (2011), Cappellette et al. (2017) e Giudice et al. (2017) constataram um aumento do volume na cavidade nasal. Almuzian et al. (2018) constataram um aumento do volume da cavidade nasal e da orofaringe, enquanto Ribeiro et al. (2012) e Izuka et al. (2015) constataram um aumento do volume da orofaringe e nasofaringe. Por fim, Zeng et al. (2013) constatou um aumento do volume das três áreas.

Balasubramanian et al. concluíram o aumento alterações estruturais significativas nas vias aéreas superiores após a ERM (Niu et al., 2020). O aumento foi mais significativo no volume da cavidade nasal, tendo menor impacto sobre o volume da faringe. Em alguns casos, os efeitos da expansão maxilar mantêm-se após a fase de retenção, indicando uma possível estabilidade a longo prazo.

Quanto ao padrão respiratório oral, esta revisão sistemática não apresenta uma conclusão clara sobre o alívio deste hábito após a ERM. Os autores observam que, apesar da vasta literatura sobre a respiração pela boca, o hábito permanece pouco explorado em termos de diagnóstico, tratamento e eliminação efetiva do mesmo (Calvo-Henriquez et al., 2020; Niu et al., 2020).

Balasubramaniana et al. (2019) analisaram o risco de viés dos estudos incluídos na revisão sistemática. Os estudos de Almuzian et al. (2016), Almuzian et al. (2018), Giudice et al. (2017), Pangrázio-Kulbersh et al. (2012), Ribeiro et al. (2012) e Palaisa et al. (2007) apresentam alto risco de viés. Os outros estudos, os quais são não randomizados, foram no entanto classificados como tendo um baixo a moderado risco de viés.

Assim, embora tenha sido observado um aumento no volume das vias aéreas superiores e uma subsequente redução da resistência ao fluxo de ar, há carência de dados objetivos que respaldem sua eficácia na correção do hábito de respiração oral. Além disso, esses estudos enfrentam limitações, como amostras de tamanho reduzido e a ausência de padronização nos métodos utilizados para avaliar o volume das vias aéreas superiores, o que resulta em resultados ambíguos. Segundo Balasubramanian et al. (2020), essas evidências não sustentam a recomendação da expansão maxilar para aprimorar as vias aéreas.

Sakai et al. (2021) realizaram uma revisão sistemática de artigos que concluíram estudos sobre os efeitos da expansão rápida maxilar na função respiratória nasal em crianças e adolescentes com padrão respiratório oral. O intuito foi verificar de forma sistemática os efeitos da expansão na permeabilidade nasal. A qualidade dos estudos foi igualmente avaliada.

A pesquisa resultou num total de 475 artigos. Destes, 18 artigos foram selecionados para análise de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Os estudos foram classificados como ensaios clínicos controlados (estudos coorte e ensaios clínicos longitudinais), mas não randomizados, com caráter prospectivo. As amostras foram constituídas por crianças e adolescentes com dificuldades respiratórias entre os 4 e os 14 anos inclusive, respiradores orais com displasia transversal maxilar e sem outras patologias associadas.

Dos 18 estudos, apenas 7 incluíram grupo de controlo não sujeitos a intervenção terapêutica, e os quais variavam entre indivíduos não respiradores orais e indivíduos sem

displasia transversal da maxila. O número de indivíduos nas amostras vai de 14 a 91. O tratamento adotado considerou somente a expansão rápida maxilar usando aparelhos fixos, como por exemplo Hyrax, Haas, entre outros. As variáveis analisadas nos estudos foram a distância intermolar, intercanina, intermaxilar e interzigomática, para além do volume da cavidade nasal, orofaringe, nasofaringe e seios maxilares, assim como a largura transversal nasal, a resistência nasal durante inspiração e expiração e o fluxo aéreo nasal. Os instrumentos de avaliação incluíram telerradiografia de perfil, radiografia frontal pósterio-anterior, tomografia computadorizada, rinometria acústica e rinomanometria computadorizada, assim como a análise de modelos e questionários sobre a qualidade de vida de respiradores orais.

Contudo, dos 18 artigos selecionados, apenas 8 avaliaram a estabilidade dos efeitos do tratamento num prazo mais alongado, ou seja, no mínimo doze meses após a expansão maxilar. Dois destes, nomeadamente de Langer et al. (2011) e de Matsumoto et al. (2010), analisaram os efeitos da expansão até 30 meses após o fim do tratamento.

Quinze estudos, nomeadamente de Badreddine et al. (2018), Cappellette et al. (2008), ¹Cappellette et al. (2017), ¹Compadretti et al. (2006), ²Compadretti et al. (2006), Cozza et al. (2007), Giuca et al. (2009), Helal et al. (2019), Itikawa et al. (2012), Izuka et al. (2015), Matsumoto et al. (2010), Monini et al. (2009), Pirelli et al. (2005) e Torre et al. (2012), identificaram alterações estruturais, como por exemplo o aumento da largura e do volume das vias aéreas superiores, após a expansão maxilar. A maioria descreve o aumento da largura transversal da cavidade nasal, apesar de alguns observarem também alterações a nível da nasofaringe, do seio maxilar e da maxila.

Destes 15 estudos, apenas 12 verificaram repercussões na função respiratória logo após a ERM, realçando a diminuição da resistência aérea nasal, o aumento do fluxo aéreo nasal e eventualmente a melhoria do padrão respiratório oral.

Curiosamente, Enoki et al. (2006) observaram alterações estruturais muito pouco significativas, mas relata a diminuição da resistência aérea nasal.

No caso de Giuca et al. (2009), os resultados foram controversos, havendo melhorias apenas nalguns indivíduos quanto ao aumento do fluxo aéreo nasal e diminuição da resistência aérea nasal. Noutros, o padrão respiratório oral permaneceu inalterado ou até piorou.

Langer et al. (2011) verificaram alterações dimensionais na nasofaringe somente 30 meses após o tratamento. A diminuição da resistência aérea nasal observada deve-se, segundo os autores, ao crescimento facial e não à ERM. No entanto, estes relatam uma

recidiva relativamente à diminuição da resistência aérea nasal a longo prazo.

Matsumoto et al. (2010) relataram igualmente que a diminuição da resistência nasal observada inicialmente não se manteve a longo prazo, sendo que 30 meses após o tratamento observaram recidiva. Da mesma forma, Itikawa et al. (2012) observaram a recidiva da diminuição da resistência aérea nasal logo 3 meses após o tratamento. Ambos os estudos realçam que a recidiva se deve provavelmente às alterações inflamatórias da mucosa nasal, uma vez que havia antecedentes de rinite alérgica.

Adicionalmente, o estudo de Pereira et al. (2012), o qual associou a ERM à adenoidectomia, apontou que o crescimento facial é mais favorável quando estes métodos são aplicados em conjunto após ter avaliado os resultados 14 meses após a adenoidectomia.

Por fim, Izuka et al. (2015) reportaram, através de um questionário aos pacientes, a diminuição dos sintomas de respiração oral e a melhoria da qualidade de vida, associada às alterações dimensionais nas vias aéreas superiores. O seu estudo não fornece, porém, resultados estatísticos quantitativos relativamente à melhoria da respiração.

Portanto, de acordo com a revisão sistemática de Sakai et al. (2021), a maioria dos estudos demonstrou um aumento das dimensões e do volume da cavidade nasal e eventualmente nas cavidades faríngeas após o tratamento por ERM. A maioria destes estudos obteve alterações na função respiratória associadas às alterações estruturais após o tratamento. Sakai et al. (2021) a concluíram, que a expansão maxilar melhora o padrão respiratório oral, contribuindo para a alívio das dificuldades respiratórias a curto prazo.

Apesar de todos os artigos selecionados para esta revisão sistemática serem considerados de alta qualidade metodológica, de acordo com a análise de Fowkes e Fulton, é necessário ter em conta algumas limitações. Vale ressaltar que, os estudos apresentam resultados divergentes durante os períodos de reavaliação, o que demonstra a falta de homogeneidade temporal. Para além disso, os estudos não foram controlados nem randomizados, as amostras foram pequenas e os métodos de avaliação foram diversos (Sakai et al., 2021).

Em 2020, Santana et al. conduziram uma revisão sistemática e metanálise de estudos prospetivos que avaliaram os efeitos da expansão rápida da maxila nas dimensões das vias aéreas superiores em crianças. O objetivo da revisão sistemática foi avaliar a alteração para um padrão respiratório nasal após o tratamento por ERM. Os autores

avaliaram adicionalmente a qualidade das evidências na literatura científica, considerando o risco de viés, e o nível de recomendação das mesmas. Este trabalho encontra-se igualmente registado na plataforma PROSPERO e foi realizada de acordo com as recomendações do PRISMA, que é um conjunto de diretrizes para relatar revisões sistemáticas e meta-análises.

A pesquisa resultou num total de 309 artigos correspondentes, porém, apenas 4 foram cumpriram os critérios de inclusão e exclusão . Destes, dois são ensaios clínicos não randomizados controlados (NRCT), enquanto os outros dois foram estudos clínicos não randomizados e não controlados.

A população alvo foram crianças e jovens com uma idade máxima de 14 anos que apresentavam um padrão respiratório oral e/ou distúrbios respiratórios obstrutivos. Estes ainda apresentavam comumente atresia da maxila e mordida cruzada posterior associada.

²Cappellette et al. (2017) avaliaram através de um ensaio clínico não randomizado num grupo de 23 crianças com uma idade média de 9,5 anos e conclui que a RME produziu um aumento significativo na dimensão transversal da maxila, refletida na distância intercanina e intermolar, e um aumento significativo no volume da cavidade nasal e da orofaringe três meses após o tratamento.

Também Izuka et al. (2015) demonstraram, num estudo não randomizado envolvendo 25 crianças com idades compreendidas entre os 6 e os 13 anos, o aumento significativo na distância intercanina e intermolar, assim como o aumento significativo nos volumes nasais e orofaríngeos três meses após o tratamento.

Enquanto os estudos de ²Cappellette et al. (2017), Izuka et al. (2015) e Matsumoto et al. (2016) relataram apenas uma melhoria no padrão respiratório oral, o estudo de ¹Compadretti et al. (2006) descreveu que 42,8% da amostra adotou um padrão respiratório nasal ao invés de oral. Esta melhoria da função respiratória refletiu-se nos resultados positivos obtidos através de rinometria acústica, rinomanometria e questionários sobre a qualidade de vida dos pacientes, entre outros.

Para uma avaliação dos resultados a longo prazo, somente os estudos de ¹Compadretti et al. (2006) e Matsumoto et al. (2016) forneceram dados relevantes.

No ensaio clínico não randomizado realizado por Matsumoto et al. (2016) em 29 crianças entre os 7 e 10 anos de idade, os autores verificaram um aumento significativo da largura transversal da cavidade nasal e na distância interzigomática após um controlo aos 3 e aos 30 meses.

Quanto a ¹Compadretti et al. (2006), os autores levaram a cabo um ensaio clínico

não randomizado e não controlado em 27 crianças com idades entre os 5 e os 13 anos. Os autores concluíram, que a expansão rápida da maxila é um procedimento eficaz no aumento da cavidade nasal em comparação com um grupo de controle não tratado após um follow-up de 12 meses. Este resultado aparenta contribuir para a melhoria na respiração nasal após a ERM, a qual se deve ao aumento significativo na largura das fossas nasais.

Apenas os estudos de Compadretti et al. (2006) e Matsumoto et al. (2016) realizaram uma avaliação da expansão da maxila a longo prazo, após mais de 12 meses de acompanhamento. Eles relatam resultados favoráveis de acordo com as medidas de distância internasal e interzigomática.

No entanto estes artigos foram classificados como tendo baixa qualidade metodológica.

As limitações dos estudos selecionados são evidentes e correspondem a ausência de dados individualizados, diferenças nos projetos dos dispositivos testados, variações nos períodos de acompanhamento, ampla faixa etária, falta de padronização do "normal", além da falta de padronização nas medidas testadas. (Santana et al., 2020)

De acordo com Santana et al. (2020), todos os estudos apresentam um risco de viés moderado a grave. Os autores classificam a qualidade e o nível de evidência dos estudos sobre os efeitos da ERM nas vias aéreas superiores e na melhoria do padrão de respiração em crianças como muito baixa.

Alyessary et al. (2019) analisaram numa revisão sistemática, estudos que abordaram a influência da expansão maxilar na respiração e na morfologia das vias aéreas superiores.

Os critérios de inclusão para esta revisão abrangeram RCT, estudos retrospectivos e de coorte prospectivos, de alta qualidade metodológica. As populações foram crianças e adolescentes entre os 5 e os 16 anos com displasia transversal da maxila. Tratamentos cirúrgicos e indivíduos com anomalias craniofaciais foram excluídos.

Um total de 20 estudos foram considerados elegíveis para a revisão sistemática, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

Dezoito estudos, nomeadamente de Oliveira et al. (2008), Haralambidis et al. (2009), Cordasco et al. (2012), Smith et al. (2012), Aloufi et al. (2012), Iwasaki et al. (2012), Chang et al. (2013), Iwasaki et al. (2014), Caprioglio et al. (2014) e Fastuca et al.

(2015), para além de outros 8 estudos mencionados anteriormente neste trabalho, descreveram alterações estruturais nas vias aéreas superiores e na maxila decorrentes da expansão maxilar. Os autores destes artigos observaram o aumento da largura e do volume das vias aéreas superiores, principalmente da estrutura nasal. Estes resultados foram medidos quantitativamente através de instrumentos como CBCT, tomografia convencional, radiografias pósterio-anteriores ou de perfil, rinometria acústica, entre outros.

Sete estudos observaram um efeito positivo da ERM sobre a função respiratória através do aumento do fluxo aéreo nasal e da saturação de oxigénio ou da diminuição da resistência aérea nasal. Estes resultados foram obtidos através de CBCT, rinomanometria, rinometria acústica, fluidodinâmica computacional (Iwasaki et al. 2012; Iwasaki et al. 2014) e de questionários sobre a qualidade de vida dos pacientes (Izuka et al., 2015).

Caprioglio et al. (2014) concluíram o aumento significativo da saturação de oxigénio e do volume da cavidade nasal através de CBCT e polissonografia. Contudo, os autores afirmam não haver uma relação entre as alterações estruturais e a saturação de oxigénio.

Apesar de terem sido observadas alterações estruturais nas vias aéreas superiores após a expansão maxilar, foi identificada uma recidiva da diminuição da resistência nasal inerente às alterações da mucosa (Matsumoto et al., 2010; Itikawa et al. 2015)

Por fim, dois estudos também observaram a diminuição da resistência aérea nasal. Porém, as alterações estruturais após a expansão não foram significativas (Enoki et al. 2006) ou então resultavam do crescimento facial e não da expansão maxilar em si (Langer et al., 2011).

Alyessary et al. (2019) concluíram, com base na literatura atual, que a ERM aumenta as dimensões das vias aéreas superiores, principalmente da cavidade nasal. Estas alterações estruturais podem eventualmente reduzir a resistência aérea nasal e melhorar a respiração em crianças e adolescentes.

Contudo, os autores da revisão sistemática apontam algumas limitações nos estudos selecionados, como por exemplo o pequeno tamanho das amostras e períodos de reavaliação de curto prazo. Para além da rinometria acústica, os autores sugerem a aplicação da fluidodinâmica computacional para obter avaliações mais precisas dos efeitos da expansão maxilar em estudos futuros.

Bucci et al. (2019) realizaram uma revisão sistemática e uma metanálise de outras revisões sistemáticas e metanálises publicadas até novembro de 2017 sobre os efeitos da expansão maxilar nas dimensões e na função das vias aéreas superiores.

O objetivo é fornecer uma visão geral dos efeitos da expansão maxilar nas vias aéreas superiores e na função respiratória registrados até à data mencionada acima, para além de avaliar a qualidade metodológica dos estudos selecionados.

No total de 171 artigos encontrados, apenas 8 revisões sistemáticas respeitavam os critérios de inclusão e exclusão, e das quais duas incluíam metanálises. Os estudos primários destas revisões sistemáticas basearam-se em ensaios clínicos controlados e não controlados, alguns destes randomizados. O número total de participantes em cada estudo variava de 50 a 483 indivíduos, sendo a amostra constituída por crianças e adolescentes em fase de crescimento que apresentavam mordida cruzada posterior. Patologias ou deformidades craniofaciais associadas pertenciam aos critérios de exclusão. O tipo de tratamento avaliado foi a expansão rápida ou lenta do palato através de disjuntores palatinos fixos, como Hyrax ou Haas, entre outros, e sem assistência cirúrgica. Contudo, não houve nenhum estudo sobre a expansão lenta. O grupo de controlo nas revisões sistemáticas e metanálises selecionadas são indivíduos igualmente em fase de crescimento com os mesmos sinais e sintomas que não tenham sido submetidos a qualquer tipo de tratamento ou aos quais foram aplicados tratamentos alternativos. Os exames aplicados para a medição dos resultados foram diversos, como CBCT, radiografias cefalométricas pósterio-anteriores e laterais, rinomanometria e rinometria acústica, entre outros.

Os estudos de Lagravère et al. (2005), Lagravère et al. (2006), Gordon et al. (2009), Baratieri et al. (2011), Bazargani et al. (2013), Ortu et al. (2014), Di Carlo et al. (2017) e Buck et al. (2017) reportaram alterações nas dimensões e no volume e das vias aéreas superiores a seguir ao tratamento. A maioria dos estudos relatou um aumento significativo na largura e no volume nasal. Quanto às alterações observadas na faringe, os resultados são controversos. A maioria dos estudos relatou a ausência de efeito ou diferenças não significativas na área faríngea após a expansão maxilar, embora dois estudos tenham encontrado, pelo contrário, um aumento significativo da orofaringe.

Vale ressaltar que, apenas Baratieri et al. (2011) e Lagravère et al. (2005) avaliaram os resultados a longo prazo, isto é, respetivamente, 11 meses e 5 anos pós-tratamento, e concluíram que os resultados da expansão maxilar sobre as dimensões e volume das vias aéreas superiores são estáveis, e mais significativos em pacientes mais

jovens.

A melhoria na função respiratória foi mencionada apenas nos estudos de Baratieri et al. (2011), Ortu et al. (2014) e Di Carlo et al. (2017). Os resultados indicam a diminuição da resistência nasal e a melhoria da ventilação das vias aéreas nasais associada a uma alteração da posição da língua e da postura da cabeça, para além do aumento das vias aéreas superiores. Estes resultados foram obtidos através de rinometria acústica, rinomanometria, CBCT e radiografias pósterio-anteriores. Contudo, os três estudos apresentam qualidade baixa a muito baixa.

Observa-se que, apenas o estudo de Buck et al. (2017) se mostrou ser de alta qualidade, de acordo com a análise de AMSTAR-2. Buck et al. (2017) concluíram o aumento efetivo do volume nasal imediatamente após a expansão maxilar e após 8 meses de retenção.

A inconsistência de alguns resultados deve-se provavelmente à falta de homogeneidade nos protocolos de avaliação e de medição aplicados entre os estudos. Os resultados demonstram uma relevância clínica que ainda não está bem estabelecida e devem ser interpretados com cuidado. De acordo com Bucci et al., e até à data, não há evidência científica que a expansão maxilar possa ser recomendada como tratamento para a melhoria de dificuldades respiratórias.

III. CONCLUSÃO

Com base nos artigos analisados, a expansão maxilar parece resultar efetivamente num aumento das dimensões das vias aéreas superiores, particularmente no aumento do volume da cavidade nasal. Alguns estudos concluem que existe uma eventual melhoria na função respiratória associada às alterações estruturais das vias aéreas superiores após a expansão maxilar. Contudo, estas evidências foram apenas comprovadas a curto prazo, sendo necessário avaliar estes efeitos a longo prazo.

A evidência atual sobre os efeitos da expansão maxilar na função respiratória é limitada por vários fatores. Destes, fazem parte a falta de estudos de alta qualidade, a falta de homogeneidade entre os estudos, a falta de padronização em protocolos de avaliação e intervenção, bem como a falta de estudos a longo prazo que avaliem a estabilidade dos resultados.

A relevância clínica da expansão maxilar como tratamento para dificuldades respiratórias é questionável e depende da avaliação individual de cada paciente. Além disso, a maturidade esquelética no início do tratamento pode afetar a eficácia do procedimento.

Em última análise, embora haja indícios de que a expansão maxilar possa ser benéfica na melhoria da função respiratória, é necessária a realização de mais estudos de alta qualidade para estabelecer com confiança a eficácia deste tratamento. Ensaios clínicos randomizados e controlados com amostras representativas, protocolos padronizados e avaliações a longo prazo são essenciais para fornecer evidências mais sólidas.

Portanto, embora a expansão maxilar pareça ter efeitos benéficos na melhoria da função respiratória, não confirmada não entanto a longo prazo, a análise da evidência atual não sustenta a recomendação da expansão maxilar como um tratamento eficaz para a melhoria de dificuldades respiratórias.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Abramovich, A. (1997). *Embriología de la región maxilofacial*. Médica Panamericana.
- Agarwal, A., & Mathur, R. (2010). Maxillary Expansion. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 3(3), 139–146.
- Almuzian, M., Ghatam, H. M. A., & Al-Muzian, L. (2018). Assessing the validity of ITK-SNAP software package in measuring the volume of upper airway spaces secondary to rapid maxillary expansion. *Journal of Orthodontic Science*, 7, 7.
- Almuzian, M., Ju, X., Al-mukhtar, A., et al. (2016). Does rapid maxillary expansion affect nasopharyngeal airway? A prospective cone beam computerized tomography (CBCT) based study. *Surgeon*, 16(1), 1–11.
- Aloufi, F., Preston, C. B., & Zawawi, K. H. (2012). Changes in the upper and lower pharyngeal airway spaces associated with rapid maxillary expansion. *ISRN dentistry*, 2012, 290964.
- Alyessary, A. S., Othman, S. A., Yap, A. U. J., Radzi, Z., & Rahman, M. T. (2019). Effects of non-surgical rapid maxillary expansion on nasal structures and breathing: A systematic review. *International Orthodontics*, 17(1), 12–19.
- Andrews, L. F. (2015). The 6-elements orthodontic philosophy: Treatment goals, classification, and rules for treating. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(6), 883–887.
- Andrews, L. F., & Andrews, W. A. (2001). *Syllabus of the Andrews Orthodontic Philosophy (9th ed.)*. Lawrence F. Andrews.
- Angelieri, F., Cevidanes, L. H. S., Franchi, L., Gonçalves, J. R., Benavides, E., & McNamara Jr, J. A. (2013). Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 144(5), 759–769.
- Baccetti, T., Franchi, L., Cameron, C. G., & Jr, J. A. M. (2001). Treatment Timing for Rapid Maxillary Expansion. *Angle Orthodontist*, 71(5).
- Badreddine, F. R., Fujita, R., Alves, F. E. M., Cappellette, M. (2018). Rapid Maxillary Expansion in Mouth Breathers: A Short-Term Skeletal and Soft-Tissue Effect on the Nose. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 84, 196-205.
- Balasubramanian, S., Kalaskar, R., & Kalaskar, A. (2023). Rapid Maxillary Expansion and Upper Airway Volume: Systematic Review and Meta-analysis on the Role of Rapid Maxillary Expansion in Mouth Breathing. *International Journal of Clinical Pediatric*

Dentistry, 15(5), 617–630.

- Baratieri, C., Alves, M., De Souza, M. M. G., De Souza Araújo, M. T., & Maia, L. C. (2011). Does rapid maxillary expansion have long-term effects on airway dimensions and breathing? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(2), 146–156.
- Basheer, B., Hegde, K. S., Bhat, S. S., Umar, D., & Baroudi, K. (2014). Influence of mouth breathing on the dentofacial growth of children: a cephalometric study. *Journal of international oral health*, 6(6), 50–55.
- Bazargani, F., Feldmann, I., & Bondemark, L. (2013). Three-dimensional Analysis of Effects of Rapid Maxillary Expansion on Facial Sutures and Bones: A Systematic Review. *Angle Orthodontist*, 83, 1074-1082.
- Betts, N. J. (2016). Surgically Assisted Maxillary Expansion. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 24(1), 67–77.
- Bistaffa, A. G. I., Belomo-Yamaguchi, L., Almeida, M. R., Conti, A. C. C. F., Oltramari, P. V. P., & Fernandes, T. M. F. (2022). Immediate skeletal effects of rapid maxillary expansion at midpalatal suture opening with Differential, Hyrax, and Haas expanders. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 27(6), e2220525.
- Björk, A. (1966). Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Acta odontologica Scandinavica*, 24(2), 109–127.
- Bouserhal, J., Bassil-Nassif, N., Tauk, A., et al. (2014). Three-dimensional changes of the naso-maxillary complex following rapid maxillary expansion. *Angle Orthodontist*, 84(1), 88–95.
- Brockmann, P. E., Schaefer, C., Poets, A., Poets, C. F., & Urschitz, M. S. (2013). Diagnosis of obstructive sleep apnea in children: A systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, 17(5), 331–340.
- Brusola, J. A. C. (2000). *Ortodoncia clínica y terapéutica (2nd ed.)*. Elsevier España.
- Bucci, R., Montanaro, D., Rongo, R., Valletta, R., Michelotti, A., & D'Antò, V. (2019). Effects of maxillary expansion on the upper airways: Evidence from systematic reviews and meta-analyses. *Journal of Oral Rehabilitation*, 46(4), 377–387.
- Buck, L. M., Dalci, O., Darendeliler, M. A., et al. (2017). Volumetric upper airway changes after rapid maxillary expansion: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*, 39(5), 463–473.
- Calvo-Henriquez, C., Capasso, R., Chiesa-Estomba, C., Liu, S. Y., Martins-Neves, S., Castedo, E., O'Connor-Reina, C., Ruano-Ravina, A., & Kahn, S. (2020). The role of

- pediatric maxillary expansion on nasal breathing. A systematic review and metanalysis. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 135, 110139.
- Campos, B., Susanibar, F., Carranza, C. A., & Oliveira, N. C. M. (2015). Embriologia do Sistema Estomatognático. In Susanibar, F., Marchesan, I. Q., Ferreira, V. J. A., Douglas, C. R., Parra, D. & Dioses, A. *Motricidade Orofacial: Fundamentos Neuroanatômicos, Fisiológicos e Linguísticos (1ª ed.)*. Ribeirão Preto.
- ¹Cappellette Jr, M., Nagai, L. H. Y., Gonçalves, R. M., Yuki, A. K., Pignatari, S. S. N., & Fujita, R. R. (2017). Skeletal Effects of RME in the Transverse and Vertical Dimensions of the Nasal Cavity in Mouth-Breathing Growing Children. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 22, 61-69.
- ²Cappellette, M. Jr., Alves, F. E. M. M., Nagai, L. H. Y., et al. (2017). Impact of rapid maxillary expansion on nasomaxillary complex volume in mouth-breathers. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 22(3), 79-88.
- Cappellette, M. Jr., Cruz, O. L. M., Carlini, D., Weckx, L. L., Pignatari, S. S. N. (2008). Evaluation of Nasal Capacity before and after Rapid Maxillary Expansion. *American Journal of Rhinology*, 22, 74-77.
- Caprioglio, A., Meneghel, M., Fastuca, R., Zecca, P. A., Nucera, R., & Nosetti, L. (2014). Rapid Maxillary Expansion in Growing Patients: Correspondence between 3-Dimensional Airway Changes and Polysomnography. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 78(1), 23-27.
- Chang, Y., Koenig, L. J., Pruszynski, J. E., Bradley, T. G., Bosio, J. A., & Liu, D. (2013). Dimensional Changes of Upper Airway after Rapid Maxillary Expansion: A Prospective Cone-Beam Computed Tomography Study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(4), 462-470.
- ¹Compadretti, G. C., Tasca, I., & Bonetti, G. A. (2006). Nasal Airway Measurements in Children Treated by Rapid Maxillary Expansion. *American Journal of Rhinology*, 20, 385-393.
- ²Compadretti, G. C., Tasca, I., Alessandri-Bonetti, G., Peri, S., & D'Addario, A. (2006). Acoustic Rhinometric Measurements in Children Undergoing Rapid Maxillary Expansion. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 70, 27-34.
- Coskun, I., & Kaya, B. (2018). Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics. *Turkish Journal of Orthodontics*, 31(2).
- Coutinho, T. A., Abath, M. D. B., Campos, G. J. D. L., Antunes, A. A., & Carvalho, R. W. F. D. (2009). Adaptações do sistema estomatognático em indivíduos com

desproporções maxilo-mandibulares: Revisão da literatura. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 14(2), 275–279.

Cozza, P., Girolamo, S. Di, Ballanti, F., & Panfilio, F. (2007). An Interdisciplinary Approach To Solve Otitis Media. *European Journal of Pediatric Dentistry*, 2, 83-88.

Dakhil, N. B., & Salamah, F. B. (2021). *The Diagnosis Methods and Management Modalities of Maxillary Transverse Discrepancy*. Cureus.

De Felipe, N. L. O., Bhushan, N., Da Silveira, A. C., Viana, G., & Smith, B. (2009). Long-term effects of orthodontic therapy on the maxillary dental arch and nasal cavity. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136(4), 490.e1-490.e8.

Di Carlo, G., Saccucci, M., Ierardo, M., et al. (2017). Rapid Maxillary Expansion and Upper Airway Morphology: A Systematic Review on the Role of Cone Beam Computed Tomography. *BioMed Research International*, 2017, 1-10.

Doruk, C., Sökücü, O., Biçakçi, A. A., et al. (2007). Comparison of nasal volume changes during rapid maxillary expansion using acoustic rhinometry and computed tomography. *European Journal of Orthodontics*, 29(3), 251–255.

Doruk, C., Sokucu, O., Sezer, H., & Canbay, E. I. (2004). Evaluation of nasal airway resistance during rapid maxillary expansion using acoustic rhinometry. *European journal of orthodontics*, 26(4), 397–401.

Enlow, D. H., & Hans, M. G. (2008). *Essentials of facial growth (2nd ed)*. Distributed by Needham Press.

Enoki, C., Valera, F. C. P., Lessa, F. C. R., Elias, A. M., Matsumoto, M. A. N., & Anselmo-Lima, W. T. (2006). Effect of Rapid Maxillary Expansion on the Dimension of the Nasal Cavity and on Nasal Air Resistance. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 70, 1225-1230.

Fastuca, R., Perinetti, G., Zecca, P. A., Nucera, R., & Caprioglio, A. (2015). Airway Compartments Volume and Oxygen Saturation Changes after Rapid Maxillary Expansion: A Longitudinal Correlation Study. *Angle Orthodontist*, 85, 955-961.

Ferguson, M. W. J. (1981). The structure and development of the palate in Alligator mississippiensis. *Archives of Oral Biology*, 26(5), 427–443.

Fernandes, P., Pinto, J., & Ustrell-Torrent, J. (2017). Relationship between oro and nasopharynx permeability and the direction of facial growth. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 1, 37–40.

Flutter, J. (2006). *The negative effect of mouth breathing*.

- Gallarreta, F. W. D. M. (2010). *Efeito da expansão rápida da maxila sobre a nasofaringe e o volume nasal: Avaliação por ressonância magnética e rinometria acústica [Doutorado em Morfofisiologia de Estruturas Faciais, Universidade de São Paulo]*.
- Ghoneima, A., Abdel-Fattah, E., Hartsfield, J., El-Bedwehi, A., Kamel, A., & Kula, K. (2011). Effects of rapid maxillary expansion on the cranial and circummaxillary sutures. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *140*(4), 510–519.
- Giuca, M. R., Galli, V., Casani, A. P., Marchetti, E., & Marzo, G. (2009). Correlations between Transversal Discrepancies of the Upper Maxilla and Oral Breathing. *European Journal of Paediatric Dentistry*, *10*, 23-28.
- Giudice, A. L., Fastuca, R., Portelli, M., et al. (2017). Effects of rapid vs slow maxillary expansion on nasal cavity dimensions in growing subjects: a methodological and reproducibility study. *European Journal of Paediatric Dentistry*, *18*(4), 299–304.
- Gorgulu, S., Gokce, S. M., Olmez, H., et al. (2011). Nasal cavity volume changes after rapid maxillary expansion in adolescents evaluated with 3-dimensional simulation and modeling programs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *140*(5), 633–640.
- Grippaudo, C., Paolantonio, E. G., Antonini, G., Saulle, R., La Torre, G., & Deli, R. (2016). ACTA OTORHINOLARYNGOLOGICA ITALICA. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, *36*(5), 386–394.
- Haas, A. J. (1965). The Treatment Of Maxillary Deficiency By Opening The Midpalatal Suture. *The Angle Orthodontist*, *35*(3), 200–217.
- Haas, A. J. (1970). Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. *American Journal of Orthodontics*, *57*(3), 219–255.
- Haralambidis, A., Ari-Demirkaya, A., Acar, A., et al. (2009). Morphologic changes of the nasal cavity induced by rapid maxillary expansion: a study on 3-dimensional computed tomography models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *136*(6), 815–821.
- Hartgerink, D. V., Vig, P. S., & Abbott, D. W. (1987). The effect of rapid maxillary expansion on nasal airway resistance. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, *92*(5), 381–389.
- Helal, N., Basri, O., Gadi, L. S., Alhameed, A. F., & Grady, J. M. (2019). Parents' Perceptions of Breathing Pattern Changes, Sleep Quality, and Fatigue in Children after Rapid Maxillary Expansion: A Survey and Case Series Study. *The Open Dentistry Journal*,

13, 85-92.

- Helal, N., Basri, O., Gadi, L. S., Alhameed, A. F., & Grady, J. M. (2019). Parents' Perceptions of Breathing Pattern Changes, Sleep Quality, and Fatigue in Children after Rapid Maxillary Expansion: A Survey and Case Series Study. *The Open Dentistry Journal*, 13, 85-92.
- Itikawa, C. E., Valera, F. C., Matsumoto, M. A., & Lima, W. T. A. (2012). Effect of Rapid Maxillary Expansion on the Dimension of the Nasal Cavity and on Facial Morphology Assessed by Acoustic Rhinometry and Rhinomanometry. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 17, 129-133.
- Iwasaki, T., Saitoh, I., Takemoto, Y., et al. (2012). Improvement of Nasal Airway Ventilation after Rapid Maxillary Expansion Evaluated with Computational Fluid Dynamics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 141, 269-278.
- Iwasaki, T., Takemoto, Y., Inada, E., et al. (2014). The Effect of Rapid Maxillary Expansion on Pharyngeal Airway Pressure during Inspiration Evaluated Using Computational Fluid Dynamics. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 78, 1258-1264.
- Izuka, E. N., Feres, M. F. N., & Pignatari, S. S. N. (2015). Immediate impact of rapid maxillary expansion on upper airway dimensions and on the quality of life of mouth breathers. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 20(3), 43-49.
- Kau, C. H., Richmond, S., Palomo, J. M., & Hans, M. G. (2005). Current Products and Practice: Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *Journal of Orthodontics*, 32(4), 282-293.
- Kerrigan, J. J., Mansell, J. P., Sengupta, A., Brown, N., & Sandy, J. R. (2000). Palatogenesis and potential mechanisms for clefting. *Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh*, 45(6), 351-358.
- Kiliç, N., & Oktay, H. (2008). Effects of rapid maxillary expansion on nasal breathing and some naso-respiratory and breathing problems in growing children: A literature review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72(11), 1595-1601.
- Kreia, T. B., Bittencourt Neto, A. C. de, Retamoso, L. B., dos Santos-Pinto, A., & Tanaka, O. (2011). *Type of facial growth trend in orthodontics and dentofacial orthopedics*. Rev Gaúcha Odontol.
- Kuttickal, R. R., Reddy, G., Muddaiah, S., Shetty, B., Somaiah, S., & Mathew, M. (2019). Rapid correction of constricted maxillary arch in a class III patient using a corticotomy assisted expansion technique. *Journal of Multidisciplinary Dental*

- Research*, 5(2), 86-91.
- Lagravere, M. O., Heo, G., Major, P. W., & Flores-Mir, C. (2006). Meta-analysis of Immediate Changes with Rapid Maxillary Expansion Treatment. *Journal of the American Dental Association*, 137, 44-53.
- Lagravere, M. O., Major, P. W., & Flores-Mir, C. (2005). Long-term Skeletal Changes with Rapid Maxillary Expansion: A Systematic Review. *Angle Orthodontist*, 75, 1046-1052.
- Langer, M. R., Itikawa, C. E., Valera, F. C., Matsumoto, M. A., Anselmo-Lima, W. T. (2011). Does Rapid Maxillary Expansion Increase Nasopharyngeal Space and Improve Nasal Airway Resistance? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 75, 122-125.
- Limme, M. (1993). Conséquences orthognathiques et orthodontiques de la respiration buccale. *Acta oto-rhino-laryngologica Belgica*, 47(2), 145–155.
- Linder-Aronson, S. (1979). Respiratory Function in Relation to Facial Morphology and the Dentition. *British Journal of Orthodontics*, 6(2), 59–71.
- Littlewood, S. J., & Mitchell, L. (2019). *An Introduction to Orthodontics (5^a ed.)*. Oxford University Press.
- Marshall, S. D., Southard, K. A., & Southard, T. E. (2005). Early Transverse Treatment. *Seminars in Orthodontics*, 11(3), 130–139.
- Matsumoto, M. A. N., Itikawa, C. E., Valera, F. C., Faria, G., Anselmo-Lima, W. T. (2010). Long-Term Effects of Rapid Maxillary Expansion on Nasal Area and Nasal Airway Resistance. *American Journal of Rhinology and Allergy*, 24, 161-165.
- McNamara, J. A. (2000). Maxillary transverse deficiency. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 117(5), 567–570.
- Melsen, B. (1975). Palatal growth studied on human autopsy material. *American Journal of Orthodontics*, 68(1), 42–54.
- Monini, S., Malagola, C., Pia Villa, M., Tripodi, C., Tarentini, S., Malagnino, I., et al. (2009). Rapid Maxillary Expansion for the Treatment of Nasal Obstruction in Children Younger than 12 Years. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 135, 22-27.
- Moore, K. L., & Persaud, T. V. N. (2008). *The developing human: Clinically oriented embryology* (8. ed). Saunders.
- Moore, K., Persaud, T. V. N., & Torchia, M. G. (2016). *Embriologia Básica*. Elsevier Brasil.
- Moreno, José Martins dos Santos, & Serrano, H. (2011). *Anatomia Geral (6^a ed.)*. Egas Moniz

Publicações.

- Moss, M. L. (1997). The functional matrix hypothesis revisited. 4. The epigenetic antithesis and the resolving synthesis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 112(4), 410–417.
- Moss, M. L., & Salentijn, L. (1969). The primary role of functional matrices in facial growth. *American Journal of Orthodontics*, 55(6), 566–577.
- N’Guyen, T., Ayril, X., & Vacher, C. (2008). Radiographic and microscopic anatomy of the mid-palatal suture in the elderly. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 30(1), 65–68.
- Nanda, R., Snodell, S. F., & Bollu, P. (2012). Transverse Growth of Maxilla and Mandible. *Seminars in Orthodontics*, 18(2), 100–117.
- Narula, K., Shetty, S., Shenoy, N., & Srikant, N. (2019). Evaluation of the degree of fusion of midpalatal suture at various stages of cervical vertebrae maturation. *APOS Trends in Orthodontics*, 9, 235–240.
- Niu, X., Di Carlo, G., Cornelis, M. A., & Cattaneo, P. M. (2020). Three-dimensional analyses of short- and long-term effects of rapid maxillary expansion on nasal cavity and upper airway: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 23(3), 250–276.
- Niu, X., Di Carlo, G., Cornelis, M. A., & Cattaneo, P. M. (2020). Three-dimensional analyses of short- and long-term effects of rapid maxillary expansion on nasal cavity and upper airway: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & craniofacial research*, 23(3), 250–276.
- Norton, N. S., & Netter, F. H. (2007). *Netter’s Head and Neck Anatomy for Dentistry (2^a ed.)*. Elsevier Saunders.
- Nowak, R., Strzałkowska, A., & Zawiślak, E. (2015). Treatment Options and Limitations in Transverse Maxillary Deficiency. *Dental and Medical Problems*, 52(4), 389–400.
- Oliveira De Felipe, N. L., Da Silveira, A. C., Viana, G., Kusnoto, B., Smith, B., & Evans, C. A. (2008). Relationship between Rapid Maxillary Expansion and Nasal Cavity Size and Airway Resistance: Short- and Long-Term Effects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134, 370-382.
- Ortu, E., Giannoni, M., Ortu, M., Gatto, R., & Monaco, A. (2014). Oropharyngeal Airway Changes after Rapid Maxillary Expansion: The State of the Art. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 7, 1632-1638.
- Ozawa, T. O., Da Silva Filho, O. G., De Almeida, A. M., & Lara, T. S. (2016). *Embriologia da cavidade oral – aspectos embriológicos envolvidos na formação da face e palato*

humanos.

- Palaisa, J., Ngan, P., Martin, C., et al. (2007). Use of conventional tomography to evaluate changes in the nasal cavity with rapid palatal expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(4), 458–466.
- Pangrazio-Kulbersh, V., Wine, P., Haughey, M., et al. (2012). Cone beam computed tomography evaluation of changes in the naso-maxillary complex associated with two types of maxillary expanders. *Angle Orthodontist*, 82(3), 448–457.
- Persson, M., & Thilander, B. (1977). Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *American Journal of Orthodontics*, 72(1), 42–52.
- Pirelli, P., Maurizio, S., & Giuseppe, A. (2005). Obstructive Sleep Apnoea Syndrome (OSAS) and Rhino-Tuberic Dysfunction in Children: Therapeutic Effects of RME Therapy. *Progress in Orthodontics*, 6, 48-61.
- Prates, N. S., Magnani, M. B. B. A., & Vladrighi, H. C. (1997). Respiração bucal e problemas ortodônticos: relação causa-efeito. *Rev Paul Odontol*, 19(4), 14-18.
- Proffit, W. R., Fields, H. W., Sarver, D. M., & Ackerman, J. L. (2013). *Contemporary orthodontics (5. ed)*. Elsevier/Mosby.
- Rakosi, T. M., Graber, T. M., & Alexander, R. G. (2010). *Orthodontic and Dentofacial Orthopedic Treatment*. Thieme Medical Publishers.
- Rakosi, T., Jonas, I., & Graber, T. M. (1993). *Orthodontic diagnosis*. Thieme Medical Publishers.
- Reyneke, J. P., & Conley, R. S. (2020). Surgical/Orthodontic Correction of Transverse Maxillary Discrepancies. *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America*, 32(1), 53–69.
- Ribeiro, A. N. C., Paiva, J. B. D., Rino-Neto, J., et al. (2012). Upper airway expansion after rapid maxillary expansion evaluated with cone beam computed tomography. *Angle Orthodontist*, 82(3), 458–463.
- Ricketts, R. M. (1968). Forum on the tonsil and adenoid problem in orthodontics Respiratory obstruction syndrome. *American Journal of Orthodontics*, 54(7), 495–507.
- Ricketts, R. M., Bench, R. W., Hilgers, J. J., & Schulhof, R. (1972). An overview of computerized cephalometrics. *American Journal of Orthodontics*, 61(1), 1–28.
- Rossi, R. R. P., Araújo, M. T. D., & Bolognese, A. M. (2009). Expansão maxilar em adultos e adolescentes com maturação esquelética avançada. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 14(5), 43–52.
- Sadler, T. W. (2016). *Langman's Medical Embryology (13th ed)*. Wolters Kluwer.

- Sakai, R. H., de Assumpção, M. S., Ribeiro, J. D., & Sakano, E. (2021). Impact of rapid maxillary expansion on mouth-breathing children and adolescents: A systematic review. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 13(12), e1258–e1270.
- Santana, D. M. C., Nogueira, V. S., Lima, S. A. M., Fernandes, L. P. A., & Weber, S. A. T. (2020). The effect of rapid maxillary expansion in children: A meta-analysis. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 88(6), 907–916.
- Sawchuk, D., Currie, K., Vich, M. L., Palomo, J. M., & Flores-Mir, C. (2016). Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *The Korean Journal of Orthodontics*, 46(5), 331.
- Silva Filho, O. G. D., Lara, T. S., Silva, H. C. D., & Bertoz, F. A. (2007). Comportamento da sutura palatina mediana em crianças submetidas à expansão rápida da maxila: Avaliação mediante imagem de tomografia computadorizada. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 12(3), 94–103.
- Silva Filho, O. G., & Freitas, J. A. S. (2007). Caracterização morfológica e origem embriológica. In I. E. K. Trindade & O. G. Silva Filho, *Fissuras labiopalatinas: uma abordagem interdisciplinar*. Editora Santos.
- Smith T, Ghoneima A, Stewart K, et al. (2012). Three-dimensional computed tomography analysis of airway volume changes after rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 141(5), 618–626.
- Standring S. (2016). *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice* (Forty-first). Elsevier Limited.
- Suri, L., & Taneja, P. (2008). Surgically assisted rapid palatal expansion: A literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(2), 290–302.
- Susaníbar, F., Douglas, C. R., & Dacillo, C. (2013). *Aspectos Fisiológicos de los Receptores Estomatognáticos y su importancia en la terapia de Motricidad Orofacial*.
- Tamburrino, R. K., Boucher, N. S., Vanarsdall, R. L., & Secchi, A. (2010). *The Transverse Dimension: Diagnosis and Relevance to Functional Occlusion*.
- The Glossary of Prosthodontic Terms. (2017). *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(5), C1-e105.
- Thilander, B., & Lennartsson, B. (2002). A study of children with unilateral posterior crossbite, treated and untreated, in the deciduous dentition, occlusal and skeletal characteristics of significance in predicting the long-term outcome. *Journal of orofacial orthopedics*, 63(5), 371–383.
- Timms, D. J. (1987). Rapid maxillary expansion in the treatment of nasal obstruction and

- respiratory disease. *Ear, Nose, and Throat Journal*, 66(6), 242–247.
- Torre, H., & Alarcón, J. (2012). Changes in Nasal Air Flow and School Grades after Rapid Maxillary Expansion in Oral Breathing Children. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 17, 865-870.
- Tsuda, H., Fastlicht, S., Almeida, F. R., & Lowe, A. A. (2011). The correlation between craniofacial morphology and sleep-disordered breathing in children in an undergraduate orthodontic clinic. *Sleep and Breathing*, 15(2), 163–171.
- Uysal, T., & Sari, Z. (2005). Posteroanterior cephalometric norms in Turkish adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(3), 324–332.
- Valera, F. C. P., Travitzki, L. V. V., Mattar, S. E. M., Matsumoto, M. A. N., Elias, A. M., & Anselmo-Lima, W. T. (2003). Muscular, functional and orthodontic changes in preschool children with enlarged adenoids and tonsils. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 67(7), 761–770.
- Viazis, A. D., Thaveerungsiporn, M., & Pagonis, T. C. (2017). Alveolar bone remodeling and development after immediate orthodontic root movement. *Journal of Dental Health, Oral Disorders, and Therapy*, 6(2), 57-62.
- Vig, K. W. L. (1998). Nasal obstruction and facial growth: The strength of evidence for clinical assumptions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 113(6), 603–611.
- Wertz R. A. (1970). Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *American journal of orthodontics*, 58(1), 41–66.
- Wertz, R., & Dreskin, M. (1977). Midpalatal suture opening: a normative study. *American journal of orthodontics*, 71(4), 367–381.
- Zeng, J., & Gao, X. (2013). A prospective CBCT study of upper airway changes after rapid maxillary expansion. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77(11), 1805–1810.
- Zhao, Y., Nguyen, M., Gohl, E., Mah, J. K., Sameshima, G., & Enciso, R. (2010). Oropharyngeal airway changes after rapid palatal expansion evaluated with cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(4), S71–S78.