AUXÍLIO DO FLUXO DIGITAL NA CONFECÇÃO DE APARELHOS PARA EXPANSÃO MAXILAR

Assistance of digital workflow in the fabrication of maxillary expansion appliances

Carina dos Santos Silva[1]
Tommy Mory Nino[2]
Ricardo Colombo Penteado[3]
Desirée Saddi Monteiro[4]
Ronaldo Henrique Shibuya[5]

Resumo

A expansão maxilar é um tratamento ortodôntico comum para corrigir a mordida cruzada posterior resultante da redução da largura maxilar. A tecnologia CAD/CAM oferece melhorias significativas no planejamento e confecção de aparelhos de expansão maxilar. Este trabalho tem por objetivo por meio de uma revisão bibliográfica, apresentar o uso potencial do fluxo digital para a construção de aparelhos de expansão maxilar. Nos disjuntores apoiados em mini-implantes, entre os principais fatores que afetam o sucesso da expansão da maxila estão a posição do expansor, a posição anteroposterior dos mini-implantes, inserção bicortical *versus* monocortical, espessura óssea, sexo, idade cronológica e frequência de ativação. O uso de ancoragem esquelética é cada vez mais comum, facilitando o manejo de biomecânicas ortodônticas complexas e servindo como alternativa à cirurgia ortognática em adultos. O planejamento digital para a confecção de aparelhos disjuntores de maxilar começa com a reconstrução tridimensional do complexo maxilar usando imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico, e o modelo

[1] Especialista em Ortodontia – Esfera Centro de Ensino Odontológico.
[2] Especialista em Ortodontia e Ortopedia Facial – Universidade Cruzeiro do Sul; Professor Assistente do Curso de Especialização em Ortodontia – Esfera Centro de Ensino Odontológico.
[3] Mestre em Ciências da Saúde - Universidade Cruzeiro do Sul; Professor Assistente do Curso de Especialização em Ortodontia – Esfera Centro de Ensino Odontológico.
[4] Doutora em Ortodontia – Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo; Professora Assistente do Curso de Especialização em Ortodontia – Esfera Centro de Ensino Odontológico.
[5] Mestre em Radiologia Odontológica – Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic; Coordenador do Curso de Especialização em Ortodontia – Esfera Centro de Ensino Odontológico.

reconstruído da arcada adicionado à reconstrução esquelética, permitindo o planejamento e impressão com maior precisão. Esse fluxo digital permite ajustar a posição e inclinação dos mini-implantes, melhorando a precisão e segurança do procedimento. Na dentição mista precoce, tanto os disjuntores tipo Haas quanto Hyrax podem ser customizados, com redução considerável de volume e aumento de conforto. Dessa forma, o fluxo digital está se tornando cada vez mais presente e necessário, ao permitir um planejamento melhor, facilitando o trabalho do ortodontista e reduzindo os erros clínicos.

Palavras-chave: Técnica de Expansão Palatina. Procedimentos de Ancoragem Ortodôntica. Desenho Assistido por Computador. Impressão Tridimensional.

Abstract

Maxillary expansion is a common orthodontic treatment used to correct posterior crossbite resulting from reduced maxillary width. CAD/CAM technology offers significant improvements in the planning and fabrication of maxillary expansion appliances. This paper aims to present, through a literature review, the potential use of digital workflows in constructing maxillary expansion appliances. For expanders supported by mini-implants, key factors affecting the success of maxillary expansion include the position of the expander, the anteroposterior position of the mini-implants, bicortical *versus* monocortical insertion, bone thickness, sex, chronological age, and activation frequency. Skeletal anchorage is becoming increasingly common, facilitating the management of complex orthodontic biomechanics and serving as an alternative to orthognathic surgery in adults. Digital planning for maxillary expander fabrication begins with the three-dimensional reconstruction of the maxillary complex using cone beam computed tomography images, with the reconstructed arch model added to the skeletal reconstruction, allowing for more precise planning and printing. This digital workflow allows for adjustments to the position and inclination of the mini-implants, improving the accuracy and safety of the procedure. In early mixed dentition, both Haas and Hyrax type expanders can be customized, resulting in a considerable reduction in volume and increased comfort. Thus, digital workflows are becoming increasingly prevalent and necessary, enabling better planning, assisting orthodontists, and reducing clinical errors.

Keywords: Palatal Expansion Technique. Orthodontic Anchorage Procedures. Computer-Aided Design. Printing, Three-Dimensional.

Introdução

A expansão da maxila é um tratamento ortodôntico comum usado para a correção da mordida cruzada posterior que resulta da redução da largura maxilar (COZZANI et al., 2020). Na modalidade de expansão rápida, o método é considerado eficaz para corrigir a atresia maxilar, especialmente quando o tratamento é realizado no período pré-pico de crescimento. Durante este período, de

fato, os efeitos esqueléticos são significativamente maiores, pois a sutura palatina mediana é muito menos interdigitada e a expansão rápida da maxila envolve também a dentição decídua (DRAGO et al., 2023).

No entanto, não se obtém uma abertura puramente esquelética, resultando em efeitos indesejados nos dentes de ancoragem e no tecido de suporte, como reabsorção radicular, perda óssea marginal e redução da espessura do osso bucal (GIUDICE et al., 2021). A expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes tem oferecido resultados bem sucedidos na correção da deficiência transversal da maxila, proporcionando uma alternativa ao método cirúrgico principalmente para pacientes adultos (CANTARELLA et al., 2020; HSU et al., 2023; WANG et al., 2024).

Tradicionalmente, o planejamento é realizado com modelos de gesso e radiografias cefalométricas bidimensionais. No entanto, a dificuldade inerente a esta metodologia é a incapacidade de verificar o correto posicionamento em relação às estruturas esqueléticas, além do risco em potencial de danificar estruturas nobres na inserção dos mini-implantes (CANTARELLA et al., 2020; GIUDICE et al., 2021).

A tecnologia conhecida como projeto assistido por computador e fabricação assistida por computador (“Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing” – CAD/CAM), já é realidade na Odontologia, mais especificamente na prótese dentária, desde 1985, com o sistema Cerec da Sirona[6], inicialmente para a fabricação de coroas unitárias e, posteriormente, para próteses fixas completas. Na ortodontia, a tecnologia CAD/CAM foi usada pela primeira vez para a fabricação de bases de braquetes individuais, dobra de fios e alinhadores (GRAAF et al., 2017).

Este trabalho tem por objetivo, por meio de uma revisão bibliográfica, apresentar o uso potencial do fluxo digital para a construção de aparelhos de expansão maxilar.

Revisão de Literatura e Discussão

Dentre os principais fatores que afetam o sucesso da expansão da maxila, principalmente em adultos, é a posição do expansor, e se a ancoragem com mini-implantes for utilizada, a posição anteroposterior destes, a inserção bicortical *versus*

[6] Siemens, Bensheim, Alemanha.

monocortical, a espessura óssea, o sexo, a idade cronológica e a frequência de ativação (HSU et al., 2023; WANG et al., 2024).

O uso de ancoragem esquelética está se tornando cada vez mais difundido, pois facilita o manejo de biomecânicas ortodônticas complexas; como consequência, é útil no tratamento de casos limítrofes em adultos, tornando-se opção à cirurgia ortognática (WANG et al., 2024). A avaliação quantitativa e qualitativa das características ósseas, bem como da posição mais adequada dos mini-implantes no palato, são críticas para o sucesso da expansão maxilar assistida por ancoragem esquelética (GIUDICE et al., 2021).

O fluxo digital para o planejamento e confecção dos aparelhos disjuntores de maxilar inicia-se pela reconstrução tridimensional do complexo maxilar. O arquivo de imagens obtidas pela tomografia computadorizada de feixe cônico, em formato padrão internacional para comunicação de imagens digitais em medicina ("Digital Imaging and Communications in Medicine" – DICOM), é convertido para o formato de arquivo usado na estereolitografia de impressão 3D (Standard Triangle Language ou "Standard Tessellation Language" – STL).

Vários programas estão disponíveis para essa conversão e trabalho das imagens de tomografia, como o VG Studio Max[7] (CANTARELLA et al., 2020), Mimics Medical v20.0 (SÁNCHEZ-RIOFRÍO; VIÑAS; USTRELL-TORRENT, 2020).

A arcada dentária e o palato, intrabucal *in vivo* ou modelo de gesso, são escaneados em arquivo STL por meio de programas como Optical Revenge Dental[8] (CANTARELLA et al., 2020), 3Shape Dental System v.2017 (SÁNCHEZ-RIOFRÍO; VIÑAS; USTRELL-TORRENT, 2020; WANG et al., 2024), Aaton scanner[9] (CANTARELLA et al., 2021), Trios 3 cuja imagem é convertida para STL pelo Orthosystem[10] (GIUDICE et al., 2021), iTero Element 2[11] cuja imagem é convertida para STL pelo myCadent-Database (CANTARELLA et al., 2021), CS3600 Carestream Dental (POZZAN et al., 2022), ou Autodesk Meshmixer[12] (HSU et al., 2023), e assim, o modelo reconstruído da arcada é então adicionado à reconstrução

[7] Volume Graphics GmbH, Heidelberg, Alemanha.
[8] Open Technologies, Brescia, Itália.
[9] 88Dent, Pero, Itália.
[10] 3Shape A/S, Copenaghen, Dinamarca.
[11] Align Technology, San Jose, EUA.
[12] Autodesk Inc., San Rafael, EUA.

esquelética por outros programas, como Geomagic Studio 12[13] (CANTARELLA et al., 2020), 3-Matic Medical v12.0 (SÁNCHEZ-RIOFRÍO; VIÑAS; USTRELL-TORRENT, 2020), Real Guide[14] (CANTARELLA et al., 2021), Dolphin 3D version 11.8.06.15 premium[15] (GIUDICE et al., 2021), Easy Driver[16] (WILMES et al., 2022a), Viewbox[17] (POZZAN et al., 2022), ou 3Shape Implant Studio[18] (HSU et al., 2023; WANG et al., 2024).

Por fim, o modelo combinado deve ser importado para outro programa de impressão 3D, neste caso, citam-se o Rhinoceros v.6[19] (CANTARELLA et al., 2020; CANTARELLA et al., 2021). Dentro do ambiente destes programas é onde ocorre todo o planejamento virtual e a impressão, por meio do fluxo CAD-CAM.

É possível analisar a espessura do osso do palato na região onde os mini-implantes serão inseridos e, simultaneamente, ajustar a posição e a inclinação, o vetor de força da expansão do aparelho em relação às estruturas ósseas da maxila e da face média. Comparada à abordagem tradicional, a metodologia apresentada para posicionar o disjuntor com planejamento digital baseado em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico tem a vantagem de aumentar a precisão e a segurança do procedimento, levando em consideração fatores anatômicos e biomecânicos. Além disso, a metodologia serve para planejar a expansão esquelética maxilar suportada por mini-implantes com parâmetros objetivamente mensuráveis (CANTARELLA et al., 2020; WANG et al., 2024).

Hsu et al. (2023) consideram que a disponibilidade de imagens tridimensionais permite que mais fatores anatômicos possam ser considerados na localização do aparelho, como posição do zigoma, configuração do septo, orientação da sutura mediana, inclinação do palato, inclinação da abóbada palatina e espessura do osso palatino.

A confecção de um guia intermediário pode ser necessária para o correto posicionamento do disjuntor no modelo, a fim de que seus braços de suporte sejam soldados às bandas molares (CANTARELLA et al., 2020; GIUDICE et al., 2021). Há

[13] 3D Systems, Morrisville, EUA.
[14] 3Diemme, Figino Serenza, Itália.
[15] Dolphin Imaging, Chatsworth, EUA.
[16] Uniontech Orthodontic Lab, Parma, Itália.
[17] dHAL Software, Kifissia, Grécia.
[18] 3Shape, Copenhagen, Dinamarca.
[19] Robert McNeel & Associates, Seattle, EUA.

três formas pelos quais os disjuntores podem ser mantidos em posição: guia vazado, no qual as roscas são impressas no modelo resina tridimensional impresso para conexão do expansor com os próprios mini-implantes; guia pino, no qual dois pinos em diagonal são suficientes para o posicionamento do disjuntor, porém são finos e fáceis de quebrar se o eixo de inserção do mini-implante não for paralelo ao das duas bandas molares; guia cubo, a posição do expansor é delimitada por quatro cubos próximos aos ângulos retos, sendo este guia o mais fácil de manusear e resistente, com a altura diferenciada dos cubos para garantir a precisão vertical do expansor.

Guias cirúrgicos para a inserção dos mini-implantes também podem ser impressos em poliamida (SÁNCHEZ-RIOFRÍO; VIÑAS; USTRELL-TORRENT, 2020), e dependendo da região e quantidade de mini-implantes a serem colocados, pode ser necessário mais de um guia por conta do espaço ocupado pelos cilindros direcionadores da broca e pelo estreitamento do palato (WILMES et al., 2022a).

Contudo, o fluxo digital pode propagar erros advindos da moldagem virtual. Pozzan et al. (2022) encontraram divergência no eixo longitudinal dos mini-implantes planejados e do modelo com os mini-implantes impressos, um desvio de 2,12° ± 1,62°, e deste modelo para o escaneado intrabucal após a colocação dos mini-implantes, um desvio de 6,23° ± 3,75°, ambos considerados clinicamente irrelevantes, mas sugerindo precaução nos expansores apoiados em três ou mais mini-implantes.

Quanto aos tipos de aparelhos, o disjuntor esquelético maxilar é caracterizado pelo emprego de quatro mini-implantes com inserção bicortical, ou seja, no palato e no assoalho nasal, em região mais posterior (CANTARELLA et al., 2020; GIUDICE et al., 2021; HSU et al., 2023; WANG et al., 2024). Esse disjuntor tem indicação para adolescentes no período final de desenvolvimento e adultos, com a diferença de que os mini-implantes são inseridos de acordo com a melhor localização do disjuntor (GIUDICE et al., 2021).

Os mini-implantes neste tipo de disjuntor podem adentrar a cavidade nasal em até 1 mm sem causar efeitos adversos, mas aparentemente, Cantarella et al. (2021) não encontraram sequelas após inserir mini-implantes com 11 mm de comprimento em uma espessura cortical palatina menor que 2,5 mm. Neste caso, o fluxo digital permitiu a construção de um disjuntor com seis mini-implantes, com os dois mini-implantes adicionais entre segundo pré-molar e primeiro molar bilateral,

soldados a laser no disjuntor. Dessa forma, o efeito ortopédico da expansão foi maximizado, dado que os seis mini-implantes foram colocados próximos à linha bizigomática, local de maior resistência durante a expansão. Por outro lado, Wilmes et al. (2022a) recomendaram que os mini-implantes sejam inseridos na região anterior se não houvesse altura posteriores suficiente, para haver maior comprimento e contato ósseo dos mini-implantes.

Pelo fluxo digital, o disjuntor esquelético é posicionado com maior precisão em relação à linha bizigomática, a fim de melhorar a biomecânica da expansão, ou seja, superar as resistências dos pilares zigomáticos; obtém a maximização da espessura óssea nos locais de inserção dos mini-implantes, além de definir o comprimento mínimo do mini-implante bicortical; por fim, permite obter o paralelismo entre os quatro mini-implantes, em relação ao plano sagital mediano e o septo nasal (GIUDICE et al., 2021; HSU et al., 2023; WANG et al., 2024).

Em pacientes jovens com dentição mista, a separação da sutura mediana é eficaz tanto com aparelhos de ancoragem dentária quanto esquelética e trouxe à tona, adoção outros critérios para justificar o uso de disjuntores apoiados em mini-implantes, como o tamanho do dispositivo para melhor conforto, envolvimento de menos estruturas anatômicas parte suporte do dispositivo (dentes, palato, número de mini-implantes, etc.) e a relação custo-benefício de tempo de atendimento clínico, entre outros (SÁNCHEZ-RIOFRÍO; VIÑAS; USTRELL-TORRENT, 2020).

Com o posicionamento mais preciso, pacientes jovens podem se beneficiar do uso dessa tecnologia, obtendo o melhor resultado de expansão, com risco mínimo de trauma às estruturas esqueléticas e dentárias em formação. Um disjuntor maxilar sem apoios dentários ou em mucosa produzido pelo fluxo CAD/CAM permite personalizar o aparelho, adaptando-o à abóbada palatina do paciente e reduzindo seu tamanho para maior eficácia, e determinar a posição exata dos mini-implantes, garantindo suporte ósseo de alta qualidade (SÁNCHEZ-RIOFRÍO; VIÑAS; USTRELL-TORRENT, 2020; WILMES et al., 2022b).

Cantarella et al. (2020) instalaram um disjuntor apoiado em quatro mini-implantes em uma paciente de 12,9 anos com maloclusão de Classe III, na qual a sutura mediana foi aberta em 3,06 mm e 2,8 mm, na espinha nasal anterior e posterior, respectivamente. Sánchez-Riofrío, Viñas e Ustrell-Torrent (2020), por uma questão de conforto para a paciente de 13 anos, devido ao formato do arco maxilar profundo e estreito, utilizaram um disjuntor sem qualquer apoio dentoalveolar,

apenas apoiado em dois mini-implantes inseridos com inclinação de aproximadamente 30° posterior e 20° lateral, maximizando a quantidade de superfície ósseo em contato com os mini-implantes e simplificando o procedimento de inserção manual, obtendo 3,63 mm de separação paralela da sutura mediana.

Também é possível customizar os desenhos dos disjuntores e utilizar outras ligas metálicas que possuam maior resistência ao escoamento e módulo de Young. O aumenta da rigidez do aparelho como um todo resulta em melhor expansão esquelética, direcionando a tensão para o centro de rotação da maxila no interior desta em direção superior (BOCKLET et al., 2024; GRAAF et al., 2017; YORDANOVA-KOSTOVA; EMILIYANOV; YANEV, 2023).

Na dentição mista precoce, os disjuntores do tipo Haas são os mais utilizados, dando-se preferência para sua fixação nos molares decíduos, reduzindo assim riscos aos primeiros molares permanentes. Além disso, devido à anatomia expulsiva da coroa dos molares decíduos, a instalação de bandas é difícil, e a confecção destas requer cooperação de pacientes que são muitos jovens, mas nestes casos, a tomografia computadorizada não é necessária. Cozzani et al. (2020) desenharam um disjuntor do tipo Haas totalmente customizado sobre o modelo escaneado, em que a porção palatina e o plano de mordida em resina foram substituídos por uma estrutura apoiada no palato e grampos nos molares e caninos decíduos em cromo-cobalto, contendo inclusive ganchos para protração maxilar.

Da mesma forma para o disjuntor do tipo Hyrax obtido pela tecnologia de derretimento a laser seletivo, Drago et al. (2023) encontraram maior torque nos apoios dentários de pré-molares e primeiros molares, do que nos apoios em caninos e molares decíduos, sugerindo vantagens na aplicação do fluxo digital na abordagem precoce da mordida cruzada, com melhor resultado esquelético. Yordanova-Kostova, Emiliyanov e Yanev (2023) incorporaram ao desenho do disjuntor, um gancho distal na extensão do apoio molar para o tracionamento do segundo molar incluso, mostrando a flexibilidade do planejamento. Bocklet et al. (2024) verificaram que o disjuntor do tipo Hyrax totalmente impresso em 3D com liga de cromo-cobalto, inclusive do apoio dentário em substituição às bandas, apresentava 24,76% mais tensão do que o disjuntor tradicional em aço inoxidável, além de mobilizar 12,80% a mais no deslocamento das suturas circunmaxilares. Modelado como grampos circunferenciais, o disjuntor do tipo Hyrax customizado

pode ser instalado em pacientes jovens sem desconforto, e mantidos por até seis meses como contenção após o período ativo de expansão (GRAAF et al., 2017).

O escaneamento da arcada dentária e do palato permite acompanhar a expansão efetiva obtida. Entre um expansor lento de alças ômega confeccionado com fio de níquel-titânio termoativado e um disjuntor do tipo Hyrax, Montaruli et al. (2022) ao compararem as imagens tridimensionais do palato, ambos os aparelhos foram igualmente efetivos, mas o disjuntor apresentou inicialmente uma ação predominantemente ortopédica com mínimo movimento ortodôntico, enquanto nas semanas seguintes houve um aumento na expansão dentária às custas da expansão esquelética, enquanto que o expansor lento, o aumento na largura foi, desde o início, 50% ortodôntico e 50% ortopédico.

Considerações Finais

O fluxo digital permite a customização dos aparelhos de expansão maxilar, tornando a estratégia de tratamento mais flexível, criando oportunidades para incluir novos mecanismos de ancoragem e alcançando resultados mais previsíveis. Os aparelhos impressos e seus elementos de suporte são mais bem recebidos pelos pacientes por serem mais confortáveis, devido à sua adaptação excepcional aos dentes e estruturas adjacentes, palato, rebordo alveolar e mucosa. Dessa forma, o fluxo digital está se tornando cada vez mais presente e necessário, ao permitir um planejamento melhor, facilitando o trabalho do ortodontista e reduzindo os erros clínicos.

Referências

1. BOCKLET, Michael; AHMADI, Farhad; TREMONT, Timothy; ROSS, Loring; YAO, Hai; ANDRADE JR., Ildeu. Comparison of 3D-printed and laboratory-fabricated Hyrax on stress distribution and displacement of the maxillary complex: a 3D finite element study. **Progress in Orthodontics**, Heidelberg, v. 25, n. 1, p. 11, Mar. 2024.

2. CANTARELLA, Davide; KARANXHA, Leka; ZANATA, Paola; MOSCHIK, Christian; TORRES, Antonio; SAVIO, Giuseppe; DEL FABBRIO, Mauro; MOON, Won. Digital planning and manufacturing of maxillary skeletal expander for patients with thin palatal bone. **Medical Devices: Evidence and Research**, Auckland, v. 14, p. 299-311, Oct. 2021.

3. CANTARELLA, Davide; SAVIO, Giuseppe; GRIGOLATO, Luca; ZANATA, Paola; BERVEGLIERI, Claudio; LO GIUDICE, Angelo; ISOLA, Gabriele; DEL FABBRIO, Mauro; MOON, Won. A new methodology for the digital planning of micro-implant-supported maxillary skeletal expansion. **Medical Devices: Evidence and Research**, Auckland, v. 13, p. 93-106, Mar. 2020.

4. COZZANI, Marco; ANTONINI, Stefano; LUPINI, Daniele; DECESARI, Daniele; ANELLI, Francesco; DOLDO, Tiziano. A new proposal: a digital flow for the construction of a Haas-inspired rapid maxillary expander (HIRME). **Materials**, Basel, v. 13, n. 13, p. 2898, Jun. 2020.

5. DRAGO, Stefano; CAMPOBASSO, Alessandro; BATTISTA, Giovanni; DE MARI, Angelo; MENINI, Maria; MIGLIORATI, Marco. Torque changes of anchorage units in preadolescent patients treated with a digitally designed tooth-borne expander anchored to deciduous vs. permanent molars. **European Journal of Paediatric Dentistry**, v. 24, n. 4, p. 297-303, Dec. 2023.

6. GRAF, Simon; CORNELIS, Marie A.; HAUBER GAMEIRO, Gustavo; CATTANEO, Paolo M. Computer-aided design and manufacture of Hyrax devices: can we really go digital? **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Saint Louis, v. 152, n. 6, p. 870-874, Dec. 2017.

7. GIUDICE, Angelo Lo; QUINZI, Valeria; RONSIVALE, Valentina; MARTINA, Stefano; BENNICI, Ornella; ISOLA, Gabriele. Description of a digital work-flow for CBCT-guided construction of micro-implant supported maxillary skeletal expander. **Materials**, Basel, v. 13, n. 8, p. 1815, Apr. 2020.

8. HSU, Lih-Fen; MOON, Won; CHEN, Shih-Chung; CHANG, Kelvin W. Digital workflow for mini-implant-assisted rapid palatal expander fabrication – a case report. **BMC Oral Health**, v. 23, n. 1, p. 887, Nov. 2023.

9. MONTARULI, Giuseppe; VIRGILIO, Salvatore; LAURENZIELLO, Marco; TEPEDINO, Marcella; CIAVARELLA, Daniele. Maxillary transverse deficit: a retrospective study of two biologically oriented devices through a digital workflow. **Bioengineering**, Basel, v. 9, n. 1, p. 31, Jan. 2022.

10. POZZAN, Laura; MIGLIORATI, Marco; DINELLI, Luca; RIATTI, Roberta; TORELLI, Luigi; DI LENARDA, Roberto; CONTARDO, Luca. Accuracy of the digital workflow for guided insertion of orthodontic palatal TADs: a step-by-step 3D analysis. **Progress in Orthodontics**, Heidelberg, v. 23, n. 1, p. 27, Aug. 2022.

11. SÁNCHEZ-RIOFRÍO, Daniel; VIÑAS, María J.; USTRELL-TORRENT, José M. CBCT and CAD-CAM technology to design a minimally invasive maxillary expander. **BioMed Central Oral Health**, London, v. 20, n. 1, p. 303, Nov. 2020.

12. WANG, Chao; XIANG, Xiaoyang; MAO, Qing; LIU, Chen. CAD/CAM design and 3D printing of a personalised rapid palatal expander for maxillary transverse deficiency. **Journal of Pakistan Medical Association**, Karachi, v. 74, n. 1, p. 153-157, Jan. 2024.

13. WILMES, Benedict; DE GABRIELE, Renzo; DALLATANA, Gianluca; TARRAF, Nour; Ludwig, Björn. “Bone first” principle with CAD/CAM insertion guides for mini-implant-assisted rapid palatal expansion. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v. 56, n. 3, p. 158-166, Mar. 2022a.

14. WILMES, Benedict; TARRAF, Nour Eldin; DE GABRIELE, Renzo; DALLATANA, Gianluca; DRESCHER, Dieter. Procedure using CAD/CAM-manufactured insertion guides for purely mini-implant-borne rapid maxillary expanders. **Journal of Orofacial Orthopedics**, München, v. 83, n. 4, p. 277-284, Jul. 2022b.

15. YORDANOVA-KOSTOVA, Gergana R.; EMILIYANOV, Evgeni; YANEV, Nikolay. Digital laser-sintered expander in adolescent patient with hyperdontia and molar impaction. **Case Reports in Dentistry**, Cairo, v. 2023, p. 8824900, Nov. 2023.