

Planeamento virtual 3D em Cirurgia Ortognática e produção de Férulas cirúrgicas CAD/CAM

Jessica Scherzberg^{1*}, João Cavaleiro¹, David Sanz², João Pedro Marcelino², Francisco Caramelo¹, Francisco do Vale¹

¹ Área de Medicina Dentária - Faculdade de Medicina - Universidade de Coimbra

² Serviço de Cirurgia Maxilo-Facial - Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

Introdução

A introdução da Tomografia Computorizada de Feixe Cónico (TCFC) como técnica imagiológica tridimensional e o desenvolvimento de softwares inovadores aplicados à cirurgia ortognática vieram trazer consideráveis avanços no planeamento do tratamento ortodôntico-cirúrgico.

Existe atualmente uma mudança de paradigma de um conceito 2D com várias limitações, para um cenário 3D que fornece mais informação ao médico e permite-lhe interagir com as imagens simulando planos cirúrgicos. (1,2)

Em cirurgia ortognática o reposicionamento esquelético é convencionalmente guiado por férulas cirúrgicas, produzidas a partir da cirurgia de modelos que consome bastante tempo e é, por vezes, pouco precisa. (3,4)

O modelo crânio-facial 3D criado no computador, para além de constituir uma valiosa ferramenta de diagnóstico e planeamento, também pode ser usado para produção de férulas cirúrgicas. (5)

Este estudo teve como objetivo testar uma nova técnica de planeamento virtual em cirurgia ortognática, com previsão de resultados pós-cirúrgicos em tecidos duros e produção de férulas cirúrgicas CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing).

Descrição do caso clínico

- ✓ Paciente sexo feminino, 19 anos
- ✓ Microsomia hemifacial esquerda Pruzansky IIA, requerendo tratamento ortodôntico-cirúrgico com cirurgia bimaxilar

Pré-cirúrgico

- Modelo virtual 3D TCFC do complexo crânio-facial (i-CAT, version 17-19, Imaging Sciences International, USA) Digitalização dos modelos de gesso com um scanner de superfície

- Cirurgia virtual - Nemoceph 3D-OS (Software Nemoceph SL, Madrid, Espanha) Segmentação e o reposicionamento dos segmentos ósseos Simulação dos resultados pós-cirúrgicos em tecidos duros

- Produção de férulas cirúrgicas intermédia e final CAD/CAM (fresadas em PMMA (polimetilmetacrilato)) Convencionais - Cirurgia de modelos

Cirurgia

- Guiada pela férula cirúrgica inicial convencional e férulas intermédia e final CAD/CAM
- Prova das férulas convencionais intermédia e final intra-operatoriamente

Pós-cirúrgico

- Segunda aquisição de imagens por TCFC (1 mês após a cirurgia)
- Registo automático "voxel-based" da base do crânio das TCFC pré e pós-cirúrgicas (3D Slicer 4.1 (The Slicer Community))
- Medições lineares entre alguns pontos esqueléticos e dentários (3D Slicer 3.6 (The Slicer Community)) - avaliar a discrepância existente em relação às mesmas medições obtidas da simulação virtual.

Caso clínico

Pré-cirúrgico

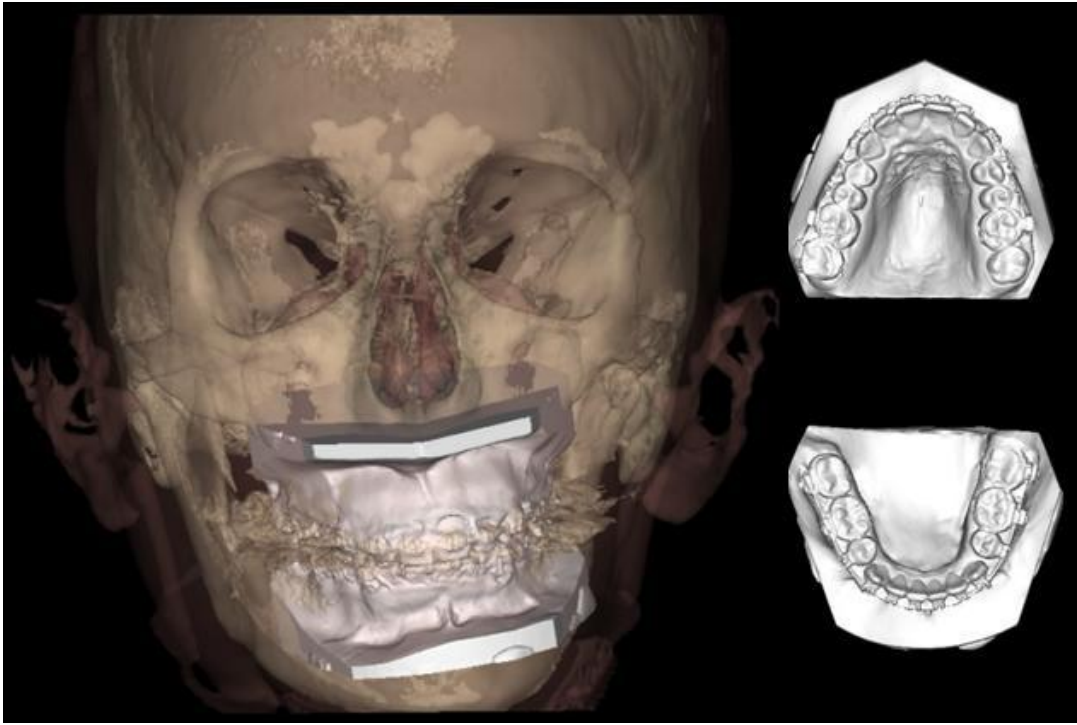


Fig. 1 - Imagem 3D do crânio com sobreposição dos scans (ficheiros STL) dos modelos de gesso.

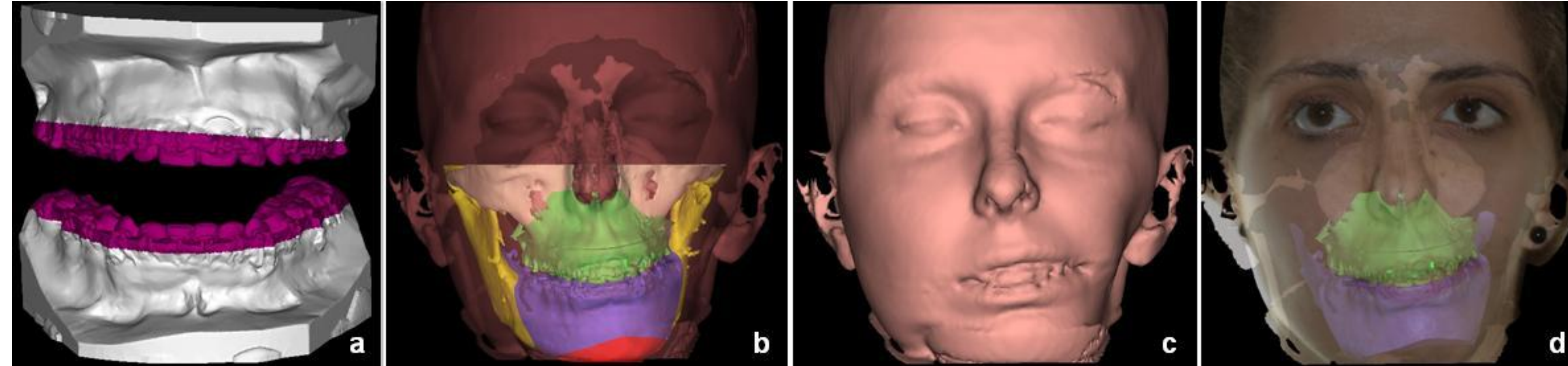


Fig. 2 - Segmentação do scan dos modelos de gesso (ficheiros STL) (a), modelo virtual 3D com visualização dos tecidos moles faciais, esqueleto e estruturas dentárias substituídas pelos ficheiros STL segmentados (b), reconstrução dos tecidos moles faciais a partir da TCFC (c), modelo virtual 3D com incorporação de fotografia digital 2D (d).

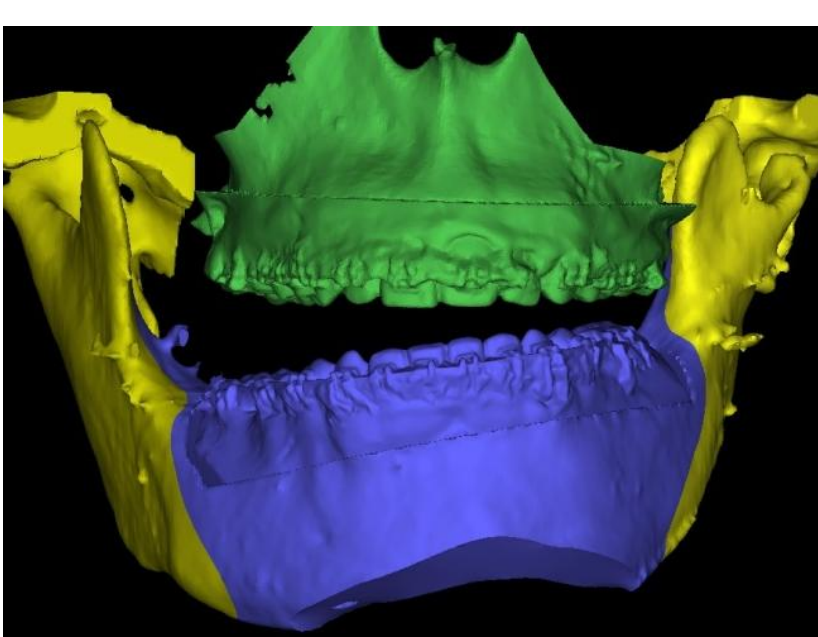


Fig. 3 - Simulação cirúrgica virtual com reposicionamento da maxila a partir de linha de osteotomia predefinida para Le Fort I.

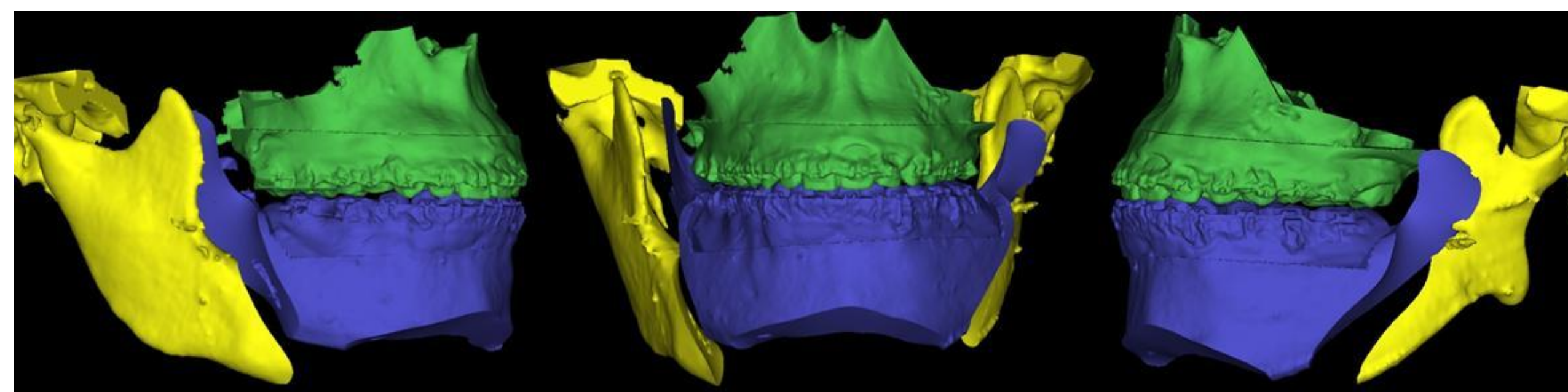


Fig. 4 - Simulação cirúrgica virtual com reposicionamento da maxila e mandíbula a partir de linhas de osteotomia predefinidas para Le Fort I e Osteotomia Sagital Bilateral.

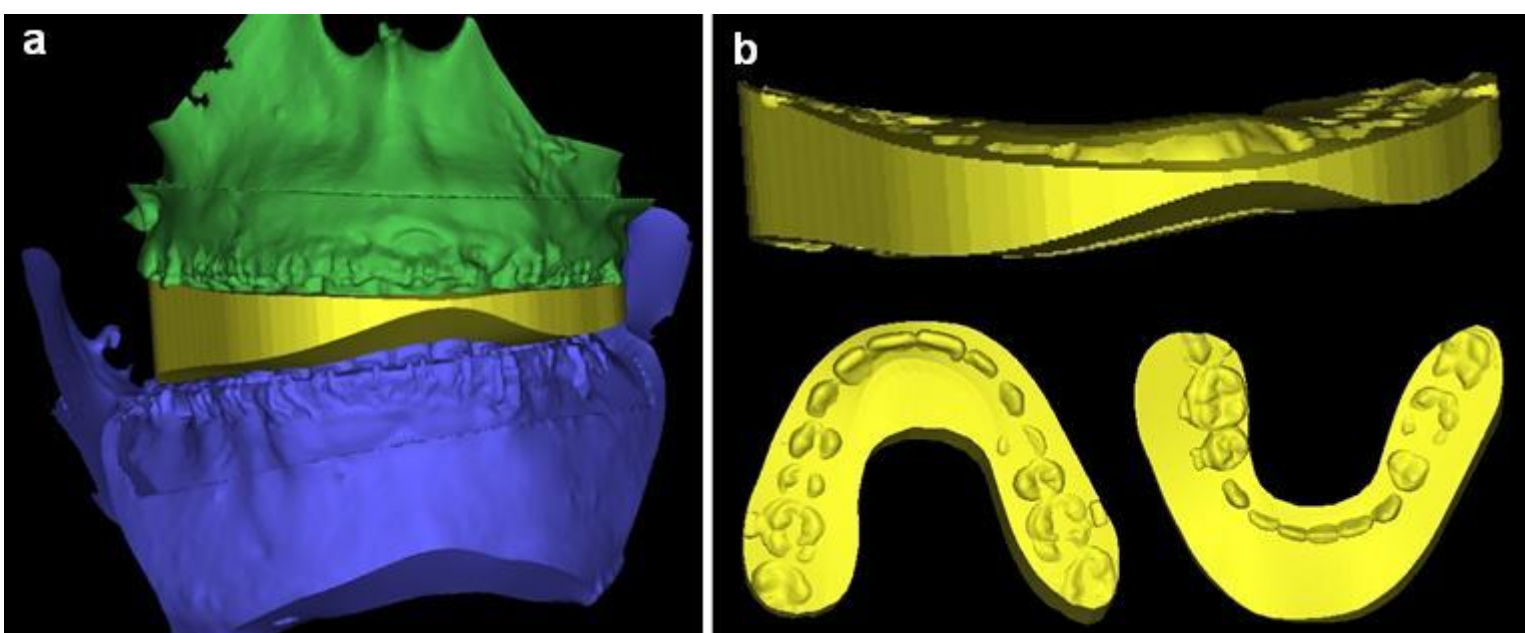


Fig. 5 - Férula cirúrgica intermédia criada no modelo virtual 3D com a maxila reposicionada (a), férula cirúrgica intermédia (ficheiro STL) (b).

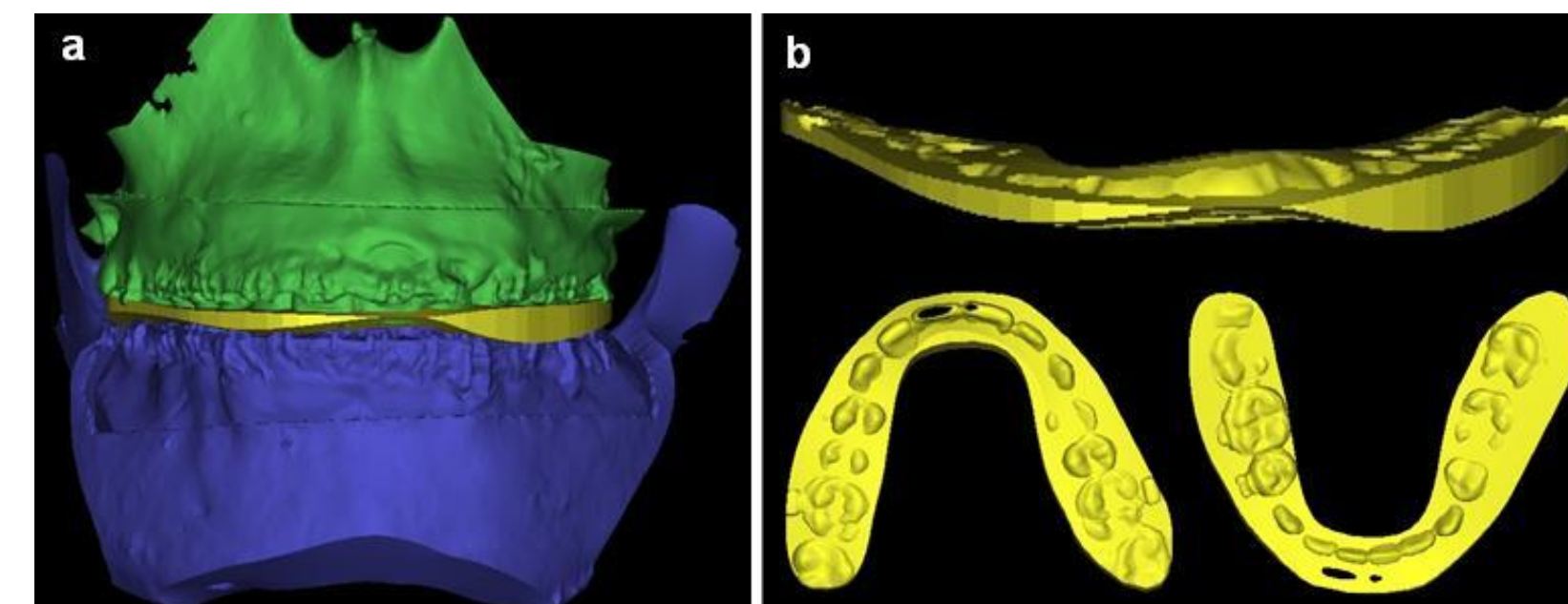


Fig. 6 - Férula cirúrgica final criada no modelo virtual 3D com a maxila e mandíbula reposicionadas (a), férula cirúrgica final (ficheiro STL) (b).

Cirurgia

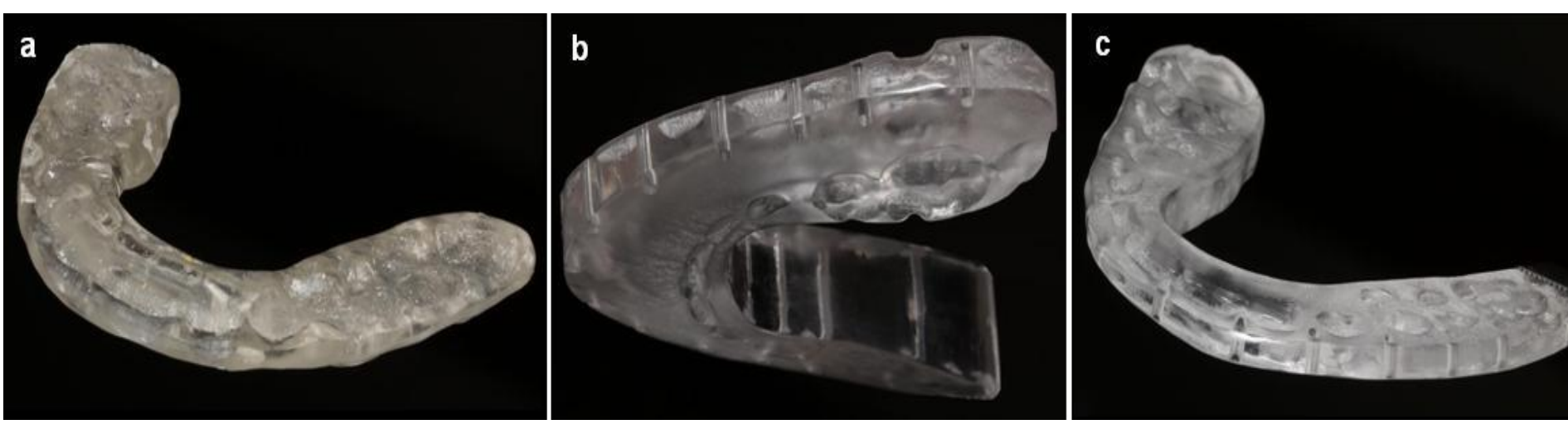


Fig. 8 - Férula cirúrgica inicial convencional (obtida por cirurgia de modelos) (a), Férula cirúrgica intermédia CAD/CAM (b), Férula cirúrgica final CAD/CAM (c).

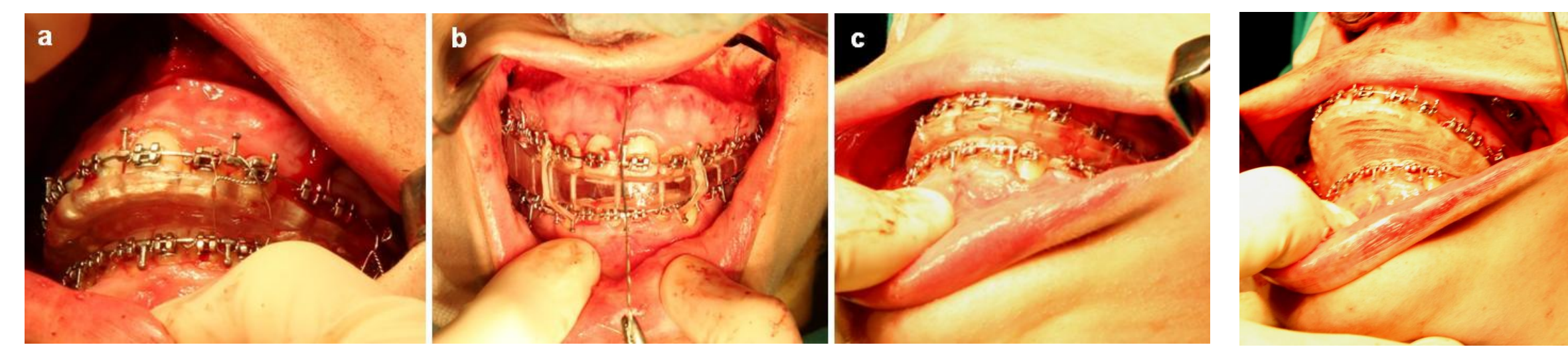


Fig. 9 - Situação intra-operatória da férula cirúrgica inicial convencional (a), férula intermédia CAD/CAM (b) e férula final CAD/CAM (c) entre as arcadas dentárias.

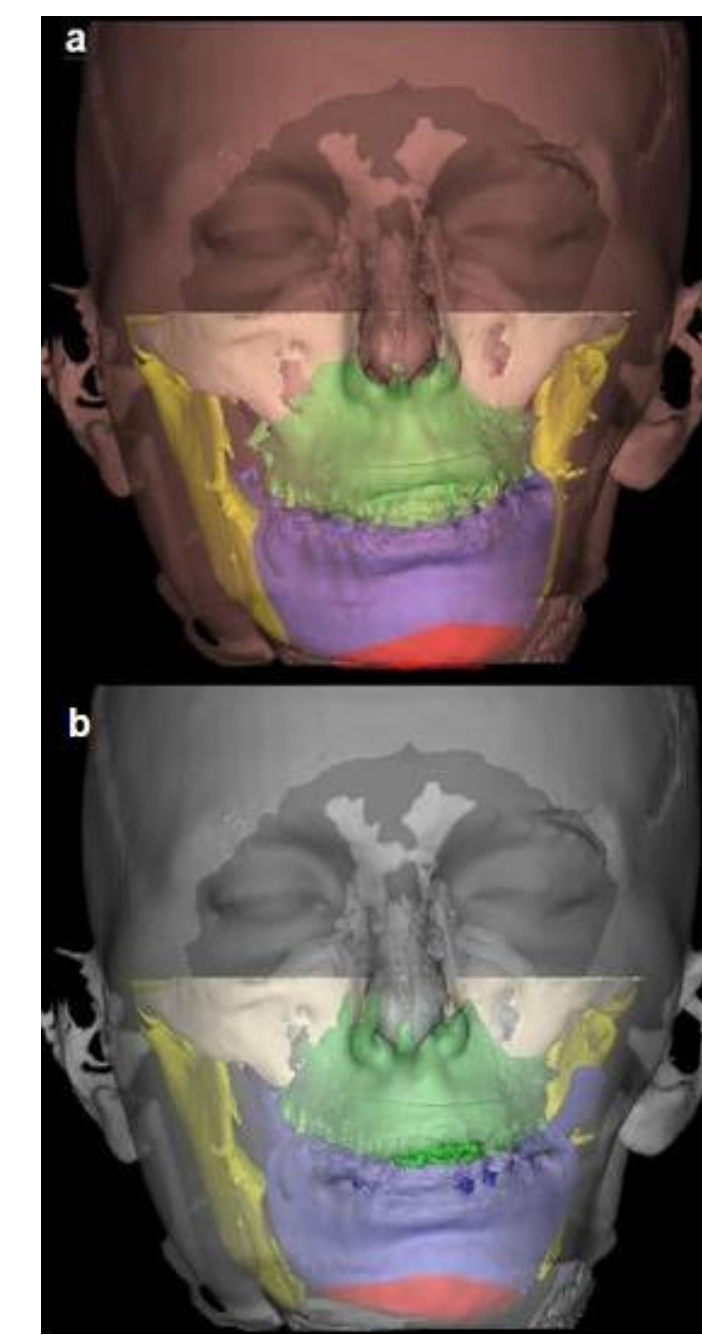


Fig. 7 - Modelo virtual 3D da situação pré-cirúrgica (a) e da simulação pós-cirúrgica com previsão dos resultados para os tecidos duros, após reposicionamento dos maxilares.

Pós-cirúrgico

Tabela 1 - Deslocamento de pontos de referência ósseos e dentários selecionados, entre a sua posição pré-cirúrgica e pós-cirúrgica (simulada virtualmente e obtida na realidade após a cirurgia).

Medições Lineares	Diferença entre posição pré-cirúrgica e simulação virtual pós-cirúrgica (mm) (Nemoceph 3D-OS)	Diferença entre posição pré-cirúrgica e posição pós-cirúrgica real obtida (mm) (3D Slicer 3.6)	Discrepância entre simulação virtual e resultado pós-cirúrgico real obtido (mm)
	Altura 11	+6,5	+10,3
Altura 13	+6,7	+11,5	4,8
Altura 23	+4,1	+6,4	2,3
Altura 16	+9,2	+9,5	0,3
Altura 26	+3,4	+3,3	0,1
Altura 41	+3,6	+5,8	2,2
Altura 43	+5,3	+2,6	1,3
Altura 36	+0,6	+0,1	0,5
Altura 46	+7	+7,6	0,6
Desv. LM Max.	0	-0,2	0,2
Largura 13	-0,2	-0,5	0,3
Largura 23	+0,4	+2,8	2,4
Largura 16	-0,7	-0,1	0,6
Largura 26	+1,1	+0,7	0,4
Desv. LM Mand.	-0,3	-0,4	0,1
Largura 33	+0,5	+0,6	0,1
Largura 43	-0,1	-0,7	0,6
Largura 36	+2,2	+1,1	1,1
Largura 46	-1,3	-0,2	1,1
Profundidade 11	+3	+8,4	5,4
Profundidade 13	+2,4	+10,8	8,4
Profundidade 23	+3	+7,5	4,5
Profundidade 16	+3	+9,1	6,1
Profundidade 26	+3	+6,6	3,6
Profundidade 41	+8,7	+14,7	6
Profundidade 33	+10	+13,2	3,2
Profundidade 43	+7,9	+14,3	6,4
Profundidade 36	+10,7	+14,2	3,5
Profundidade 46	+7,2	+10,9	3,7
Pg			
Desv.	-5	-3	2
Profundidade	+8,6	+1,6	7,4
ENA			
Altura	+4,8	+5,3	0,5
Profundidade	+1,7	+0,2	1,5
ENP			
Altura	+5,6	+3,8	1,8
Profundidade	+6,2	+5,2	1

Fig. 11 - Vista sagital da situação pré-cirúrgica e pós-cirúrgica simulada virtualmente (traçado verde, azul e vermelho) com o software Nemoceph 3D-OS (a), sobreposição das TCFC's pré e pós-cirúrgicas por registo automático "voxel-based" da base do crânio com o software 3D Slicer 4.1 (b).

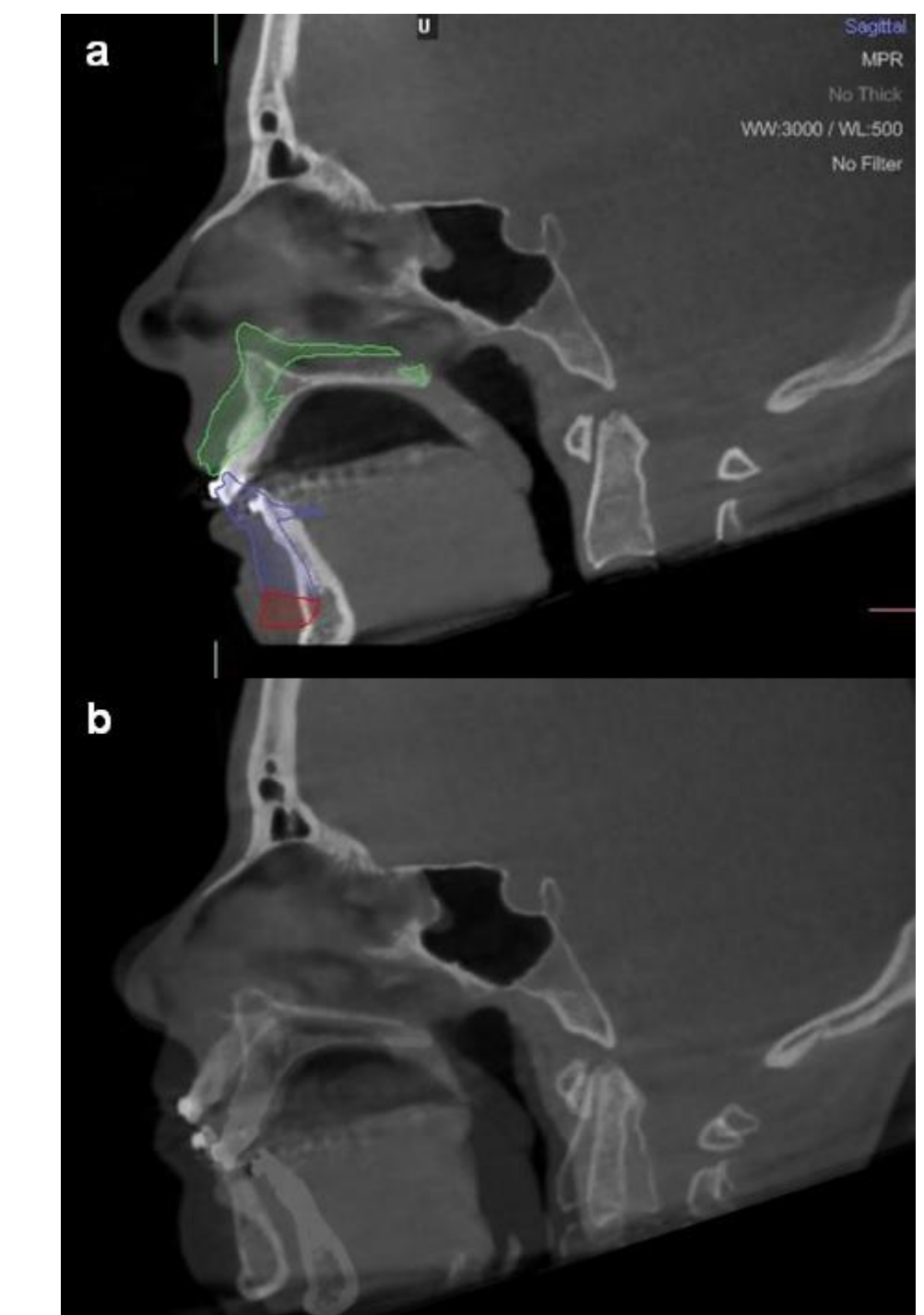


Fig. 11 - Vista sagital da situação pré-cirúrgica e pós-cirúrgica simulada virtualmente (traçado verde, azul e vermelho) com o software Nemoceph 3D-OS (a), sobreposição das TCFC's pré e pós-cirúrgicas por registo automático "voxel-based" da base do crânio com o software 3D Slicer 4.1 (b).

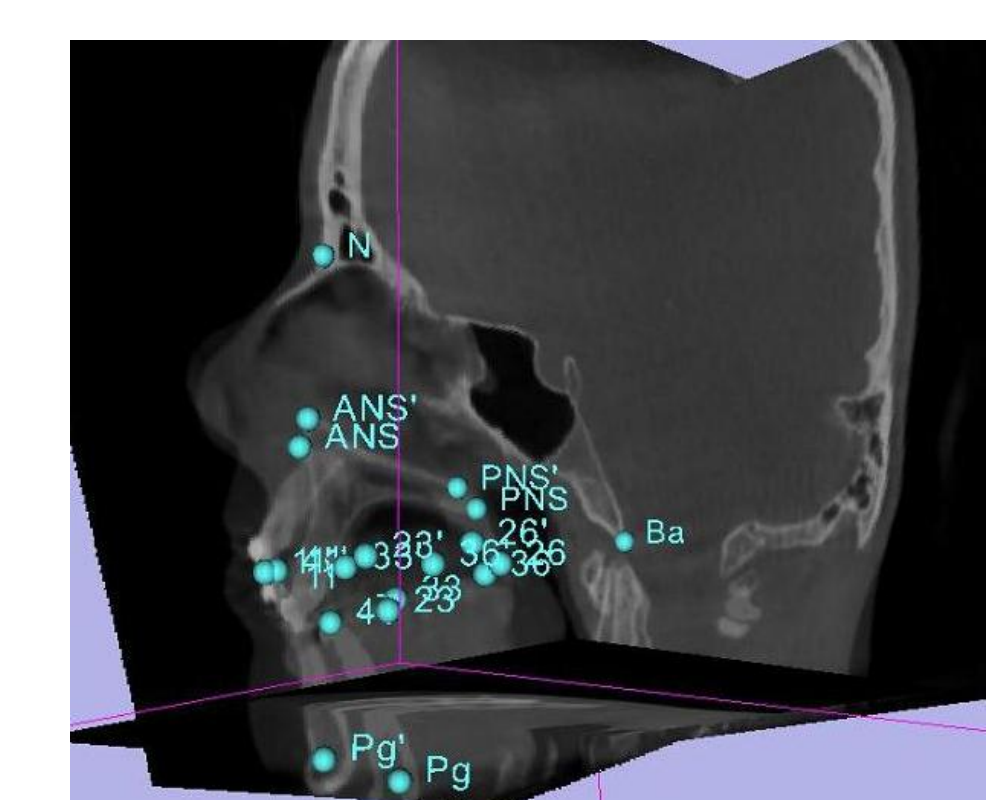


Fig. 12 - Visualização dos três planos espaciais (sagital, axial e coronal) da sobreposição das TCFC's pré e pós-cirúrgica, com a distribuição de alguns pontos esqueléticos e dentários no software 3D Slicer 3.6.

Discussão

- Prova das férulas CAD/CAM antes da cirurgia revelou uma adaptação excelente, sem necessidade de ajustes.
- Grande similaridade entre as férulas cirúrgicas CAD/CAM e convencionais, possibilitando a transferência do mesmo plano cirúrgico aquando da cirurgia.
- Avaliação dos resultados pós-cirúrgicos realizada apenas para tecidos duros devido à presença de edema pós-operatório aquando da segunda aquisição da TCFC e impossibilidade de simulação de alterações em tecidos moles no software utilizado.
- Previsões virtuais de resultados pós-cirúrgicos encorajadoras mas não suficientemente precisas. As medições refletem algumas grandes discrepâncias entre os resultados pós-cirúrgicos obtidos e os previstos na simulação virtual.
- Impossibilidade de determinar a orientação vertical da maxila com as férulas oclusais (3) é uma limitação desta técnica e uma possível explicação para as discrepâncias encontradas.
- No planeamento virtual 3D toda a informação necessária está disponível em imagens passíveis de manipulação num computador, enquanto no planeamento convencional é necessário colher dados de diversas fontes (radiografias, fotografias, modelos de gesso, articulador, arco facial). (1)
- Necessidade de armazenamento de vários elementos físicos é eliminada - os registos dos pacientes podem ser guardados no computador e partilhados facilmente com o paciente ou colegas. (1,5,6,7)
- A análise cefalométrica 3D é uma ferramenta em estudo, pois ainda não se encontra estipulado um goldstandard de planos e pontos cefalométricos a usar nesta análise. (2)
- Os programas de software disponíveis no mercado não permitem ainda simulações biomecânicamente precisas de alterações nos tecidos moles. (8,9,10)
- O exame clínico é ainda essencial para obter informação dinâmica relevante para o plano de tratamento. (11)
- A precisão da tecnologia de prototipagem rápida em cirurgia ortognática é hoje em dia inquestionável, e a fiabilidade das férulas cirúrgicas CAD/CAM já se encontra validada por diversos autores. (1,6,11-17)

Conclusões

- Este estudo confirmou a viabilidade clínica de um protocolo de planeamento virtual em cirurgia ortognática e a sua transferência para a sala de operações através de férulas cirúrgicas produzidas por CAD/CAM.
- As previsões pós-cirúrgicas virtuais não são ainda suficientemente precisas.
- Novos avanços no desenvolvimento de técnicas de aquisição de imagem tridimensional e aperfeiçoamento dos softwares para simulação de alterações pós-cirúrgicas em tecidos moles são necessários no futuro.

Bibliografia

1. Centenero S, Hernández-Alfaro F. 3D planning in orthognathic surgery: CAD/CAM surgical splints and prediction of the soft and hard tissues results - Our experience in 16 cases. J. Cranio-Maxillo-Facial Surg. [Internet]. Elsevier Ltd; 2011 Feb [cited 2014 Jan 11];40(2):162-8.
2. Quevedo L, Ruiz J, Quevedo C. Using a Clinical Protocol for Orthognathic Surgery and Assessing a 3-Dimensional Virtual Approach. Current Therapy. J Oral Maxillofac Surg [Internet]. Elsevier Inc.; 2011 Mar [cited 2014 Jan 11];69(3):37-47.
3. Li B, Zhang L, Sun H, Yuan J, Shen S, Wang X. A novel method of computer aided orthognathic surgery using individual CAD/CAM templates: a combination of osteotomy and repositioning guides. Br J Oral Maxillofac Surg [Internet]. British Association of Oral and Maxillofacial Surgeons; 2013 Dec [cited 2014 Jan 11];51(12):239-244.
4. Ellis E. Bimaxillary Surgery Using an Intermediate Split to Position the Maxilla. J Oral Maxillofac Surg. 1999;57:53-6.
5. Plooi JJ, Maal TJ, Hens P, Bontrop W, Kuijpers-Jagtman AM, Berge SJ. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontic and orthognathic surgery. A systematic review. Int J Oral Maxillofac Surg. [Internet]. 2011 Apr [cited 2014 Feb 1];40:341-52.
6. Metzger MC, Hohweg-Majeri B, Schwarz U, Teschner M, Hammer B, Schmetsenren R. Manufacturing splints for orthognathic surgery using a three-dimensional printer. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol [Internet]. 2008 Feb [cited 2014 Jan 11];105(2):e1-e7.
7. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. Am J Orthod. Dentofac. Orthop. [Internet]. 2006 Jun [cited 2014 Feb 22];129(6):794-803.
8. Mubarek KA, Krogstad O, Espeland L, Lyberg T. Factors Influencing the Predictability of Soft Tissue Profile Changes Following Mandibular Setback Surgery. J Orofac Orthod. 2001;71(3):216-27.
9. Holberg C, Schwentzer K, Rudzki-Janson I. Three-Dimensional Soft Tissue Prediction Using Finite Elements. Part I: Implementation of a New Procedure. J Orofac Orthod. 2005;68(2):110-21.
10. Mollemans W, Schutyser F, Nadjimi N, Maes F, Suetens P. Predicting soft tissue deformations for a maxillofacial surgery planning system: From computational strategies to a complete clinical validation. Med. Image Anal. 2007;11:282-301.
11. Swennen GRJ, Mollemans W, Schutyser F. Three-Dimensional Treatment Planning of Orthognathic Surgery in the Era of Virtual Imaging. J Oral Maxillofac Surg [Internet]. Elsevier Inc.; 2009;67:2880-92.
12. Gateno J, Xia JJ, Teichgraber JF, Christensen AM, Lemoine JJ, Liebschner MA et al. Clinical Feasibility of Computer-Aided Surgical Simulation (CASS) in the Treatment of Complex Cranio-Maxillofacial Deformities. J Oral Maxillofac Surg. 2007;65:728-34.
13. Hernández-Alfaro F, Guajardo-Martínez F. New protocol for three-dimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study. Int J Oral Maxillofac Surg. 2013;42:1547-56.
14. Hernández-Alfaro F, Maior D, Martí C, Biosca M. Planificación virtual y diseño de férulas CAD/CAM en cirugía ortognática: una nueva era? Rev Esp Orthod. 2006;36:363-70.
15. Xia JJ, Gateno J, Teichgraber JF, Lasky RE, Lemoine JJ, Liebschner MAK. Accuracy of the Computer-Aided Surgical Simulation (CASS) System in the Treatment of Patients With Complex Cranio-Maxillofacial Deformity: A Pilot Study. J Oral Maxillofac Surg. 2007;65:248-54.
16. Gateno J, Xia JJ, Teichgraber JF, Rosen A, Hultgren B V. The precision of computer-generated surgical splints. J Oral Maxillofac Surg. 2003;61:814-7.
17. Choi J, Hwang J, Baik S. Virtual model surgery and water fabrication using 2-dimensional cephalograms, 3-dimensional virtual dental models, and stereolithographic technology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol [Internet]. Elsevier; 2012;113(2):193-200.