

# A Robótica e a Odontologia: uma nova relação

## Robotics and Dentistry: a new relationship

Marlos Loiola<sup>1</sup>  
Wendel Shibasaki<sup>2</sup>  
Maria Cecília Seixas Vieira<sup>3</sup>  
Lucineide Lima<sup>4</sup>  
Luiz Gonzaga Gandini<sup>5</sup>  
Flavio Cotrim-Ferreira<sup>6</sup>

### RESUMO

A Robótica é um ramo da tecnologia que engloba Mecânica, Eletrônica e Computação, e vem se aliando às ciências da saúde com o objetivo de aprimorar as técnicas, tornando-as mais precisas e menos invasivas. O desenvolvimento dessa abordagem tecnológica alcançou a Odontologia nas últimas décadas com trabalhos publicados na área de Cirurgia, Dentística e Ortodontia, no entanto, os dentistas clínicos ainda compreendem pouco as novas possibilidades e limitações, dividindo-se em entusiastas e temerosos quanto à adoção de robôs na prática clínica diária. Buscando entender em qual nível a tecnologia robótica está se desenvolvendo na Odontologia, foram revisados artigos que reportaram estudos de aplicações clínicas odontológicas.

**Unitermos** – Tecnologia; Equipamentos odontológicos; Informática odontológica.

### ABSTRACT

Robotics is a branch of technology that encompasses mechanics, electronics and computing, which has been allied with the health sciences, aiming to improve techniques, making its more accurate and less invasive. The development of this technological approach has reached dentistry in recent decades, with works published in the area of Surgery, Dentistry and Orthodontics, however clinical dentists still misunderstand the new possibilities and limitations, dividing themselves into enthusiastic and fearful about its use in the daily clinical practice. Seeking to understand how robotic technology is developing dentistry, articles were reviewed that reported studies of dental clinical applications.

**Key words** – Technology; Dental equipment; Dental informatics.

<sup>1</sup>Aluno do programa de pós-graduação em Ciências Odontológicas – Unesp. Orcid: 0000-0002-9712-395X.

<sup>2</sup>Aluno do programa de pós-graduação em Ciências Odontológicas – Unesp. Orcid: 0000-0002-6900-112X.

<sup>3</sup>Aluna do programa de pós-graduação em Odontologia – Unopar. Orcid: 0000-0003-2070-1958.

<sup>4</sup>Aluna do programa de pós-graduação em Odontologia – Unopar. Orcid: 0000-0002-7041-2460.

<sup>5</sup>Doutor e professor de Ortodontia – Foar/Unesp; Pós-doutorado em Ortodontia e professor do Depto. de Ortodontia – Baylor College of Dentistry, Dallas/EUA; Professor do Depto. de Ortodontia – Saint Louis University, Saint Louis/EUA. Orcid: 0000-0001-8656-6010.

<sup>6</sup>Mestre em Ortodontia e doutor em Diagnóstico Bucal – Fousp; Professor associado dos cursos de graduação em Odontologia, especialização e mestrado em Ortodontia – Instituto Vellini/Uniararas. Orcid: 0000-0002-3264-5626.

## Introdução

Com o desenvolvimento tecnológico da computação associado ao crescente interesse da população por procedimentos menos invasivos, precisos e baseados em planejamentos virtuais na área da Saúde, as intervenções robóticas vêm paulatinamente sendo utilizadas. Aplicações nas áreas da Cirurgia Bucomaxilofacial, Implantodontia, Prótese e Ortodontia já foram propostas, embora os críticos apontem o tempo e os custos associados ao protocolo serem altos nas diversas etapas, como na simulação, prototipagem e intervenção. Características como a maior previsibilidade, melhor acesso e fidedignidade com o planejado, viabilizam essa abordagem dos procedimentos clínicos.

A Robótica é um ramo da tecnologia que engloba Mecânica, Eletrônica e Computação, e atualmente trata de sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas e controladas por circuitos integrados, tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos elétricos.

São as máquinas que imitam a vida e são desafiadas constantemente a superar o humano nas atividades que não requerem subjetividade, bom senso, ou qualquer outro sentimento. O robô não apenas aumenta a produtividade dos trabalhadores, substituindo o humano em um trabalho

repetido, chato e perigoso, mas também realiza algum trabalho em que o ser humano não é competente.

Durante décadas, robôs e cirurgias por vídeo vieram se desenvolvendo em caminhos independentes. No final da década de 1980 e início de 1990, a inclusão dos robôs nas cirurgias atingiu um estágio suficientemente seguro via telemanipulação em função das inovações cirúrgicas e tecnológicas. O sistema cirúrgico robótico não é uma máquina autônoma (Figura 1), mas sim um sistema baseado em informações, dividido em acesso, análise e saída. Um operador humano, em vez de um computador, é o responsável entre a fase de acesso e de saída, para intervir caso ocorra algum evento transcirúrgico ou alterações anatômicas inesperadas durante o ato cirúrgico<sup>1</sup>.

Assim também acontece com um dos procedimentos odontológicos mais comuns, o preparo de dentes. A alta precisão da tecnologia robótica pode ser benéfica nesse procedimento. Resultados consistentes e bem-sucedidos com alta acurácia e precisão podem ser esperados para a aplicação da Robótica no preparo de dentes voltados à reabilitação com coroas protéticas<sup>2</sup>.

Na Ortodontia, sistemas como SureSmile<sup>3</sup> utilizam técnicas de imagens e softwares 3D para diagnóstico e

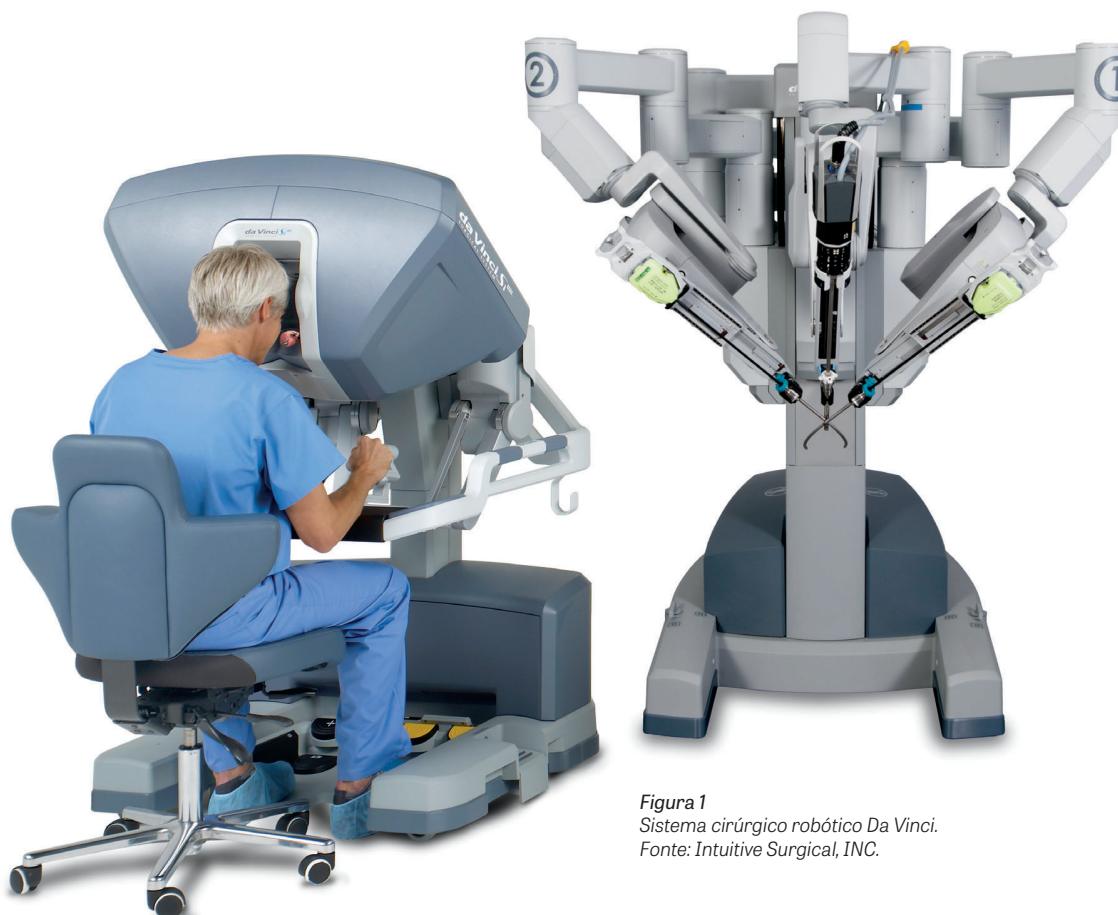


Figura 1  
Sistema cirúrgico robótico Da Vinci.  
Fonte: Intuitive Surgical, INC.

planejamento de tratamento, além de usarem a Robótica para posicionar os acessórios ortodônticos e dobrar arcos ortodônticos customizados. O tratamento pode ser simulado com antecedência e diferentes estratégias podem ser visualizadas. Esse sistema foi o pioneiro a usar robôs fixados em uma superfície que realiza dobras em arcos ortodônticos que são totalmente customizados de acordo com a previsibilidade de dificuldades, baseadas em mecânicas individualizadas.

Buscando entender em qual nível a tecnologia robótica está se desenvolvendo na Odontologia, foram revisados artigos que realizaram estudos de aplicações clínicas de uma tecnologia que de certa forma se configura incipiente na rotina clínica do profissional atuante na área odontológica.

### Revisão da Literatura

A remoção de tecido duro com *laser* para o preparo da coroa dentária é considerada mais segura e mais confortável em comparação com a remoção com as brocas tradicionais, pois produz menos dor, reduz ruídos e vibrações<sup>4</sup>. Comparada à manipulação manual, a manipulação robótica possui benefícios em potencial no planejamento de movimento em 3D para obter maior precisão, evitando tremores nas mãos e reduzindo o tempo da intervenção. Enquanto isso, a manipulação robótica pode ajudar os pacientes a aliviar o medo e o desconforto associados ao tratamento odontológico conservador. Embora resultados experimentais ilustrem o potencial do uso de *lasers* de picossegundos (um trilionésimo de segundo) no preparo da coroa do dente 3D, muitas questões ainda precisam ser estudadas antes que o sistema possa ser aplicado em procedimentos clínicos<sup>5</sup>.

O uso de um modelo de guia cirúrgico é considerado uma estratégia confiável para auxiliar no diagnóstico e facilitar no posicionamento adequado para colocação de implantes de acordo com o planejamento da prótese. Podem ocorrer falhas nos modelos cirúrgicos tradicionais confeccionados a vácuo e gerados por tomografia computadorizada (TC), dependendo do método e do projeto de fabricação. A precisão da cirurgia robótica para colocação de implantes e na preparação da osteotomia para o implante está começando a ganhar força com apenas alguns estudos clínicos incipientes. Desvios robóticos da osteotomia com menos de 1 mm e desvios de 2° ou menos sugerem que a tecnologia seja promissora. No entanto, a aplicação robótica capaz de determinar o torque de inserção do implante ainda não está disponível<sup>6</sup>.

A síndrome da apneia obstrutiva do sono (Saos) é um problema de saúde pública importante e a cirurgia robótica de redução da base da língua vem sendo desenvolvida.

Buscando avaliar a efetividade, um estudo prospectivo avaliou resultados clínicos e poligráficos após seis meses de acompanhamento de oito pacientes de um único centro, submetidos à cirurgia robótica transoral (Tors) para Saos grave com idade média dos pacientes de 47 anos. Aos seis meses, apenas um paciente não atendeu aos critérios usuais de sucesso. A redução da base da língua na Tors mostrou resultados promissores que precisam ser confirmados em estudos multicêntricos de longo prazo<sup>7</sup>.

A cirurgia assistida por robô vem se tornando cada vez mais rotineira, substituindo técnicas abertas e laparoscópicas em certas áreas, com extensão recente à cirurgia de cabeça e pescoço através do acesso transoral. Algumas vantagens da cirurgia assistida por robô incluem a capacidade de acessar espaços confinados, instrumentação aprimorada de destreza com movimento intuitivo, escala de movimento, eliminação de tremores e visualização endoscópica tridimensional (3D) com verdadeira percepção de profundidade.

Um estudo foi realizado com o objetivo de investigar a viabilidade técnica da cirurgia femoral robótica transoral (Torcs) para acessar a parede e o palato posterior da faringe em manequins pediátricos portadores de fissuras. Foram incluídos pacientes com variadas alterações e essas foram tratadas com o sistema cirúrgico da Vinci Si (Intuitive Surgical, EUA) com endoscópios 3D de 0° e 30°, além de instrumentos de treinamento de 8 mm para determinar a visualização ideal e o acesso cirúrgico à faringe posterior e faringe em um manequim pediátrico das vias aéreas e para simular a cirurgia da parede posterior da faringe. Foram registradas experiências com fotografia e vídeo. A Torcs se mostrou tecnicamente viável em uma população portadora de fissuras pediátricas. Com uma curta curva de aprendizado devido à instrumentação intuitiva, à dissecação mais fácil e ao potencial de limitar o insulto secundário em comparação com a cirurgia tradicional, além de melhorar a ergonomia para o cirurgião em operação<sup>8</sup>.

A cirurgia para Saos tem sido criticada devido à falta de evidências para apoiar sua eficácia, bem como a notificação heterogênea de resultados publicados. Além disso, a cirurgia robótica transoral (Tors) no manejo da Saos ainda é incipiente. No entanto, uma revisão e metanálise de artigos publicados podem ser úteis. Entre 195 artigos, oito estudos foram incluídos em uma análise. A média de pacientes incluídos foi de  $102,5 \pm 107,9$  (variação de seis a 289), totalizando 820 casos. A idade média era de  $49 \pm 3,27$  e destes, 285 pacientes foram submetidos a uma cirurgia prévia de apneia do sono. A uvulopalatofaringoplastia (UPPP) foi o procedimento palatino mais comum. A taxa média de falha foi de 34,4% (29,5%–46,2%). Ocorreram complicações em 21,3% dos pacientes incluídos na análise, sendo a maioria

classificada como menor. O Tors para o tratamento da Sahos parece ser um procedimento promissor e seguro para pacientes selecionados que buscam uma alternativa à pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP), embora sejam necessárias pesquisas urgentes<sup>9</sup>.

A osteotomia de divisão do ângulo mandibular (Maso) é um procedimento amplamente utilizado em ângulos mandibulares proeminentes. No entanto, a cirurgia convencional é invasiva e de alto risco. Pode induzir distúrbio neurossensorial do nervo alveolar inferior no pós-operatório; fraturas e infecção devido à complexidade da estrutura anatômica e ao estreito campo de visão cirúrgico. A taxa de sucesso da cirurgia Maso geralmente depende da experiência clínica e das habilidades do cirurgião. Para avaliar o desempenho de cirurgiões inexperientes que conduzem essa cirurgia, foi utilizado um sistema robótico desenvolvido com base na realidade aumentada. Para avaliar a precisão e a segurança da cirurgia da Maso, foi realizado um estudo em animais usando esse robô na sala clínica, e os resultados foram avaliados. Quatro planos de osteotomia foram realizados com sucesso em dois cães; isto é, 20 túneis (cada cão perfurado bilateralmente) foram perfurados nos ossos mandibulares dos cães. Nenhum dos cães apresentou complicações graves. Os autores do estudo consideraram-na como uma abordagem útil para o treinamento de cirurgiões inexperientes nos vários aspectos da cirurgia<sup>10</sup>.

Foi realizada uma revisão sistemática referente à cirurgia robótica na cirurgia oral e maxilofacial (OMF), craniofacial e de cabeça e pescoço. O objetivo foi fornecer uma visão clara das diferentes áreas anatômicas de pesquisa no campo da OMF, cirurgia craniofacial e cirurgia de cabeça e pescoço, em todos os seus campos (pré-clínico e clínico).

Uma pesquisa nas bibliotecas PubMed e Cochrane produziu 838 artigos publicados entre 1994 e 2011. Após a triagem dos resumos, 202 artigos foram considerados clinicamente ou tecnicamente relevantes e foram incluídos. Quanto à viabilidade clínica, a revisão sistemática revelou as seguintes principais indicações: cirurgia robótica transoral (Tors) para lesões do aparelho digestivo superior e do trato respiratório; Tors para cirurgia de base do crânio; e Tors para tireoide transaxilar e cirurgia endócrina. Com relação ao resultado funcional, a revisão sistemática revelou uma promissora redução da morbidade em pacientes com câncer do trato digestivo e respiratório superior<sup>11</sup>.

Com o objetivo de desenvolver um novo método para permitir que um robô auxilie um cirurgião no reposicionamento de um segmento ósseo para transferir com precisão um plano virtual pré-operatório para a fase intraoperatória na cirurgia ortognática, foi realizado um estudo que desenvolveu um sistema robótico composto por um braço com seis graus de liberdade, um controlador de movimento

de robô e um PC. Um instrumento na extremidade final do braço do robô transferia os movimentos do braço do equipamento para o osso maxilar do paciente associado à utilização de imagens de tomografias computadorizadas. O robô reposicionou o complexo maxilomandibular com precisão e os autores concluíram, com a capacidade de incorporar o planejamento virtual usando uma imagem de tomografia computadorizada e executar o plano de forma autônoma em torno de um ponto anatômico de interesse, que o robô poderia ajudar os cirurgiões a reposicionar os ossos com mais precisão e destreza<sup>12</sup>.

Controlar a redução de dentes no preparo para facetas laminadas de porcelana (PLVs) em frações de milímetros é um desafio. Com este objetivo, um estudo avaliou um sistema robótico automatizado de preparo de dentes para PLVs quanto à exatidão e precisão em comparação com o preparo convencional de dentes à mão livre. Vinte modelos de incisivos centrais superiores foram divididos em dois grupos. Dez foram designados para uma preparação com um braço robótico e os outros dez foram designados para a preparação convencional dos dentes por um clínico (grupo-controle). Cada dente foi anexado a um *typodont*. Todos os modelos de dentes preparados foram escaneados. A imagem do desenho do preparo pré-operatório e as imagens escaneadas do preparo pós-operatório foram sobrepostas. A diferença dimensional entre essas duas imagens foi medida no aspecto facial, linha de chegada e borda incisal. As diferenças entre os grupos experimental e controle da imagem do desenho 3D foram calculadas. Os autores concluíram que o procedimento experimental foi capaz de preparar o modelo do dente com a mesma precisão que o controle, e o procedimento de controle foi capaz de preparar o modelo do dente com precisão. O grupo experimental apresentou melhor acurácia e precisão na fase final<sup>13</sup>.

A utilização do robô nas áreas da Prótese e Ortodontia é uma nova aplicação desta tecnologia na área da Saúde. Esse tipo de robô poderá realizar a fabricação de próteses totais ou parciais, implantologia dentária e dobras de fios. Foi realizada uma revisão crítica sobre o desenvolvimento da aplicação do robô nas áreas da Prótese e Ortodontia para identificar as limitações dos estudos existentes e esclarecer algumas direções promissoras de pesquisa nesse campo. E os principais problemas do desenvolvimento foram analisados. A dificuldade de pesquisa com o sistema robótico é o arranjo dentário e as características orais como curva do arco ósseo e curva do arco dentário, reconstrução 3D dos dentes artificiais com captação precisa e localização dos dentes artificiais, evolução do planejamento e controle coordenado do robô. Perceberam no estudo que a tecnologia de interação homem-computador é um dos

principais pontos no controle de movimento da máquina. O ambiente de trabalho é limitado; existem algumas limitações, como o ajuste de todo o robô e a operação de ajuste da profundidade. Para o robô que dobra o fio ortodôntico, as pesquisas irão se concentrar na exibição virtual tridimensional do fio ortodôntico personalizado na tela em um ambiente de observação virtual para um fio ortodôntico personalizado projetado e na modificação interativa da posição de *loops* diferentes. Para facilitar a operação, um tipo de *software* de interação humano-computador deverá ser projetado para fornecer informações e *feedbacks* de humanização para os operadores<sup>4</sup>.

## Discussão

A tecnologia robótica vem expandindo, graças ao aumento da exatidão e precisão, movimentos elaborados que podem ser alcançados pela mão humana, redução de tremores, ampliação 3D do campo operatório, boa ergonomia e procedimentos realizados de forma remota.

Os clínicos estão divididos entre os entusiastas da tecnologia, que adotam e propagam seu uso, e os temerosos, que acreditam que a robótica pode ser perigosa e que substituirá a função humana no futuro. No entanto, ainda não é possível imaginar que os robôs poderão, um dia, assumir a função

do dentista clínico ao receber de forma solidária os seus pacientes, com o cuidado e atenção que necessitam.

As decisões clínicas, por sua vez, são tomadas individualizando as técnicas e procedimentos, utilizando a experiência profissional, para que o paciente se beneficie de uma conduta customizada. Imaginar que os robôs conseguirão realizar essa função eficazmente é infundamentada nos dias atuais.

No entanto, ao ser definido o melhor procedimento a ser realizado, a ajuda da robótica pode ser de extrema utilidade para prevenir erros e limitações humanas.

## Conclusão

A utilização da robótica na rotina odontológica vem aos poucos ganhando lugar. Como toda tecnologia de vanguarda, ainda está restrita a poucos centros e a poucos profissionais, seja pelo custo e manutenção do equipamento ou no treinamento e aprimoramento do corpo clínico. Resultados de estudos preliminares comprovam sua eficácia e acurácia.

Ainda são necessários ajustes e aperfeiçoamento de técnicas e instrumentais, mas a robótica já se mostra uma promissora possibilidade para o futuro no dia a dia clínico do cirurgião-dentista.

## Referências

1. Liu HH, Li LJ, Bin Shi, Xu CW, Luo E. Robotic surgical systems in maxillofacial surgery: a review. Nature Publishing Group. Nature Publishing Group 2017;9(2):63-73.
2. Otani T, Raigrodski AJ, Mancl L, Kanuma I, Rosen J. In vitro evaluation of accuracy and precision of automated robotic tooth preparation system for porcelain laminate veneers. J Prosthet Dent 2015;114(2):229-35.
3. Wang L, Wang D, Zhang Y, Ma L, Sun Y, Lv P. An automatic robotic system for three-dimensional tooth crown preparation using a picosecond laser. Lasers in surgery and medicine 2014;46(7):573-81.
4. Jiang JG, Zhang YD, Wei CG, He TH, Liu Y. A review on robot in prosthodontics and orthodontics. Advances in Mechanical Engineering 2015;7(1):198748.
5. Shibasaki WMM, Loliola MEA, Cotrim-Ferreira F. A Ortodontia aos olhos da filosofia SureSmile. OrtodontiaSPO 2013;46:91-105.
6. Wu Y, Wang F, Fan S, Chow JKF. Robotics in Dental Implantology. Oral and Maxillofacial Surgery Clinics 2019;513-8.
7. de Bonnecaze G, Vairel B, Dupret-Bories A, Serrano E, Vergez S. Transoral robotic surgery of the tongue base for obstructive sleep apnea: preliminary results. European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases 2018;135(6):411-5.
8. Khan K, Dobbs T, Swan MC, Weinstein GS, Goodacre TE. Trans-oral robotic cleft surgery (Torcs) for palate and posterior pharyngeal wall reconstruction: a feasibility study. Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery 2016;69(1):97-100.
9. Meccariello G, Cammaroto G, Montecchi F, Hoff PT, Spector ME, Negm H et al. Transoral robotic surgery for the management of obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. Eur Arch Otorhinolaryngol 2017;274(2):647-53.
10. Zhou C, Zhu M, Shi Y, Lin L, Chai G, Zhang Y et al. Robot-assisted surgery for mandibular angle split osteotomy using augmented reality: preliminary results on clinical animal experiment. Aesthetic plastic surgery 2017;41(5):1228-36.
11. De Ceulaer J, De Clercq C, Swennen GRJ. Robotic surgery in oral and maxillofacial, craniofacial and head and neck surgery: a systematic review of the literature. International journal of oral and maxillofacial surgery 2012;41(11):1311-24.
12. Woo SY, Lee SJ, Yoo JY, Han JJ, Hwang SJ, Huh KH et al. Autonomous bone reposition around anatomical landmark for robot-assisted orthognathic surgery. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 2017;45(12):1980-8.
13. Otani T, Raigrodski AJ, Mancl L, Kanuma I, Rosen J. In vitro evaluation of accuracy and precision of automated robotic tooth preparation system for porcelain laminate veneers. The Journal of prosthetic dentistry 2015;114(2):229-35.