



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

# **Análise comparativa da precisão das cirurgias *free-hand*, guiada estática com protocolo *pilot*, semi-guiada, totalmente guiada e dinâmica**

**Revisão sistemática integrativa**

**Guillaume Dal Farra**

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)**

—

**Gandra, maio de 2023**

**Guillaume Dal Farra**

**Dissertação** conducente ao **Grau de Mestre em Medicina Dentária**  
**(Ciclo Integrado)**

**Análise comparativa da precisão das cirurgias *free-hand*, guiada estática com protocolo *pilot*, semi-guiada, totalmente guiada e dinâmica**

**Revisão sistemática integrativa**

Trabalho realizado sob a Orientação de  
**Mestre Lara Coelho**

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



## **AGRADECIMENTOS**

Eu gostaria de agradecer:

- À minha família que sempre esteve presente para mim e me guiou na direção certa, incluindo meus avós Monique e Michel, meus pais Bruno e Véronique, minhas queridas irmãs Caroline, Marielle e seus filhos, minha madrinha Pascale e minha tia Martine, à minha namorada Sara que amo e a sua família, e com uma lembrança para aqueles que não estão mais aqui, mas que eu não esqueço.
- Mas também aos meus entes queridos que se tornaram a minha família, aos meus amigos de Portugal que vou levar para França, le pti Valou, Edgarlaziz, Al-1, aos meus amigos de França, Gregouz, Théo, Maxou, Max, Beudax, Gorsse, Jaja, Antonizuka, Beeh e os que esqueço.
- À estrutura que me permite realizar o meu objetivo de exercer a profissão de Dentista, à minha orientadora que permaneceu disponível até o fim, aos professores que me transmitiram os seus conhecimentos, ao Dr Boes e Toledano, e à presença de dentes em humanos.
- E a todos aqueles que, de perto ou de longe, me permitem ser quem sou hoje, há uma parte de vocês em mim.
- E para aqueles que estão a ler esta linha mostrando interesse por este tema, é grátis!



## Resumo

**Introdução:** A viabilidade estética e funcional a longo prazo dos implantes depende em parte da sua localização, que permite encontrar uma zona favorável para colocá-los. Para melhorar a concordância entre o planeamento e o resultado cirúrgico, vários tipos de guias cirúrgicas foram criados e incorporados nas cirurgias, como a *free-hand*, o protocolo piloto, a semi-guiada, a totalmente guiada e a dinâmica.

O objetivo deste estudo é comparar os desvios do implante em relação à posição ideal do planeamento virtual na angulação, posição coronal, apical e paralelismo nas cirurgias guiadas e não guiadas.

**Material e método:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados PubMed. Os artigos foram selecionados seguindo os critérios de inclusão e exclusão definidos, de acordo com a declaração PRISMA 2020.

**Resultados:** A precisão na posição dos implantes é influenciada pelo tipo de cirurgia, havendo diferenças significativas na maioria das comparações entre elas.

**Discussão:** Comparando cada cirurgia com outra, observa-se que a menor precisão ocorre nas cirurgias *free-hand*, que não possuem guia, enquanto as maiores precisões foram observadas nas cirurgias totalmente guiadas, que impedem qualquer alteração, tanto como na dinâmica, que permite correções ativas. Entre esses dois blocos, encontra-se, com menor precisão, a cirurgia guiada piloto, seguida da semi-guiada. As guias físicas permitem limitar os desvios, assim como o *feedback* em tempo real na dinâmica.

**Conclusão:** Observa-se que, com o aumento da orientação, física ou virtual, a precisão tende a melhorar.

**Palavras-chave:** dental-implant, computer-aided design, surgery-computer assisted, dental-prosthesis, implant-supported.



## **Abstract**

**Introduction:** The long-term aesthetic and functional viability of implants depends in part on their location, which allows for finding a favorable zone to place them. To improve the agreement between planning and surgical outcome, various types of surgical guides have been created and incorporated into surgeries, such as free-hand, pilot protocol, semi-guided, fully guided, and dynamic. The objective of this study is to compare implant deviations from the ideal position of virtual planning in terms of angulation, coronal position, apical position, and parallelism in guided and non-guided surgeries.

**Materials and methods:** An electronic literature search was performed in the PubMed database. Articles were selected according to inclusion and exclusion criteria, according with the PRISMA 2020 declaration.

**Results:** Implant position accuracy is influenced by the type of surgery, with significant differences found in most comparisons.

**Discussion:** Comparing each surgery with another, it is observed that the lowest precision occurs in free-hand surgeries, which do not have a guide, while the highest precision is observed in fully guided surgeries, which prevent any alterations, and in dynamic surgeries, which allow for active corrections. Between these two blocks, with lower precision, is pilot-guided surgery followed by semi-guided surgery. Physical guides limit deviations, as does real-time feedback in dynamic surgeries.

**Conclusion:** It is observed that with increasing guidance, whether physical or virtual, precision tends to improve between surgeries.



## Índice Geral

1	Introdução .....	1
2	Objetivos .....	3
3	Materiais e métodos .....	5
3.1	Protocolo desenvolvido .....	5
3.2	Pergunta PICO .....	5
3.3	Critérios da pergunta PICO .....	5
3.4	Estratégia de pesquisa .....	5
3.5	Termos de pesquisa .....	5
3.6	Critérios de inclusão.....	6
3.7	Critérios de exclusão.....	6
3.8	Seleção de artigos .....	6
4	Resultados .....	8
5	Discussão .....	16
5.1	<i>Free-hand</i> versus protocolo <i>pilot</i> .....	17
5.2	<i>Free-hand</i> versus Semi-guiada.....	18
5.3	<i>Free-hand</i> versus totalmente-guiada.....	18
5.4	<i>Free-hand</i> versus dinâmica .....	20
5.5	Protocolo <i>pilot</i> versus semi-guiada.....	21
5.6	Protocolo <i>pilot</i> versus totalmente guiada .....	22
5.7	Semi-guiada versus totalmente-guiada .....	24
5.8	Totalmente guiada versus dinâmica .....	25
5.9	Protocolo <i>pilot</i> versus dinâmica e semi-guiada versus dinâmica.....	26
5.10	Limitações e Fatores Modificadores .....	26
6	Conclusão .....	28
7	Bibliografia .....	29



## **Índice de Figuras**

Figura 1: Fluxograma de pesquisa bibliográfica	9
Figura 2: Comparações possíveis entre grupos	17



## **Índice de tabelas**

Tabela 1: Resultados de pesquisa na PUBMED

8

Tabela 2: Extração dos dados

10



### **Lista de Abreviaturas**

CBCT: Cone-beam computed tomography

*Free-hand*: cirurgia não guiada

*Pilot*: cirurgia estática guiada com protocolo *Pilot*

Semi: cirurgia estática semi-guiada

Total: cirurgia estática totalmente guiada

Dinâmica: cirurgia guiada dinâmica

3D: medida tridimensional (horizontal e vertical)

MD: mesio-distal

VL: vestibulo-palatino



## 1 Introdução

A colocação de implantes permite uma restauração das funções biológicas, estéticas, mecânicas e fonéticas com uma taxa de sobrevivência superior a 96% aos 10 anos. Mesmo que essa taxa diminua com a idade <sup>(1-3)</sup> e que estejam descritas algumas complicações <sup>(4)</sup>, como a lesão do nervo alveolar inferior <sup>(5)</sup>, este tipo de reabilitação permanece uma opção de escolha.

Após a colocação do implante adequado deverá ocorrer a osteointegração <sup>(6,7)</sup>, termo introduzido por Brånemark, que se traduz por uma ligação estrutural e funcional entre a superfície externa do implante e o osso recém-formado <sup>(8)</sup>.

A escolha do tipo de implante (que pode variar na forma, material e tratamento de superfície) é feita mediante contexto tecidual do paciente, tal como o suporte ósseo disponível. Sendo este último quantitativo e qualitativamente distribuído de forma desigual, é um parâmetro que o médico dentista deve valorizar <sup>(9-11)</sup>.

Um dos critérios que deve ser cumprido para obter sucesso na reabilitação é a obtenção de uma posição ideal do implante no local edêntulo. Esta é definida durante o planeamento do tratamento <sup>(12)</sup>.

Existem dois tipos de cirurgias para a colocação de implante: a *free-hand* e a guiada, onde se inclui a estática e a dinâmica <sup>(13)</sup>.

Na *free-hand* a posição exata do implante será decidida durante a cirurgia, após descolamento da gengiva, através da observação direta do osso exposto. Tem as vantagens de ser económica, de exigir poucos meios para se estabelecer e permite ter uma visão direta do local, além da percepção tátil. As desvantagens consistem no facto de serem mais invasiva, aumentando o risco de desconforto pós-operatório e nos casos

complexos pode ser difícil confiar apenas na experiência do profissional, além de que fornece pouca informação sobre a aparência final da restauração protética <sup>(14,15)</sup>.

Mais recentemente, tem-se apostado em melhorar a precisão da colocação de implantes através de cirurgia guiada com base em imagens tridimensionais e guias cirúrgicas personalizadas para se aproximar desta posição ideal <sup>(13)</sup>. Esta possibilita a criação de uma estrutura fiável, permitindo planejar a colocação do implante bem como visualizar a futura restauração protética <sup>(16,17)</sup>.

A cirurgia guiada pode ser dinâmica, contempla a opção de permitir modificar ao vivo a posição do implante durante a sua colocação, graças a ferramentas de imagem visual e programa tridimensional em tempo real. Contudo também se pode optar pela cirurgia guiada estática, em que a guia cirúrgica pode ser dente, ósseo ou muco suportada, esta guia não permite ser modificada durante a cirurgia <sup>(15)</sup>.

Ainda na cirurgia estática, esta inclui 3 técnicas: a primeira é o protocolo *pilot* que só é utilizado para a perfuração inicial, que depois é utilizada como guia; a segunda é a semi-guiada que guia toda a osteotomia, mas a inserção final é feita à mão e por fim a totalmente guiada que guia desde a primeira perfuração até à colocação final do implante <sup>(13)</sup>.

Nas cirurgias guiadas, há aquisição de imagens através do *Cone-beam computed tomography (CBCT)* e impressão intraoral que é transmitida para um programa informático, permitindo a reconstrução tridimensional da estrutura óssea e tecidual do paciente. Depois é feita a seleção e colocação do implante virtualmente de acordo com a posição ideal. A seguir, na cirurgia estática, as guias são produzidas com uso de impressão tridimensional, usinagem, moldagem ou fundição. Na dinâmica o plano virtual é sincronizado aos instrumentos.

As vantagens da cirurgia guiada são a sua previsibilidade, a redução do risco de danificar estruturas anatómicas nobres, e o facto de ser pouco invasiva <sup>(18)</sup> dado a possibilidade de não abrir retalho nem fazer descolamento.

Não obstante, algumas desvantagens têm de ser tidas em conta. Estas incluem por um lado, o custo do equipamento, a curva de aprendizagem, a necessidade de um planeamento mais longo, a imprecisão inicial possível durante a aquisição de dados, a fabricação da guia ou uma posição errada da guia durante a cirurgia que modificam todo o resto da cadeia, e por outro lado, o desconhecimento do *torque* preciso a que o implante foi colocado <sup>(19)</sup>.

Este estudo tem como âmbito comparar as precisões dessas diferentes técnicas cirúrgicas para auxiliar e motivar a escolha de uma técnica em relação à outras.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo geral:

- Comparar a precisão da colocação de um implante entre as diferentes cirurgias guiadas com o método *free-hand*.

### 2.2. Objetivo específico:

- Comparação dos desvios do implante em relação à posição ideal do planeamento virtual na angulação, posição coronal, apical e paralelismo.

### 3. Materiais e métodos

#### 3.1. Protocolo desenvolvido

- Para elaboração desta revisão sistemática integrativa, foi desenvolvido um protocolo de acordo com a declaração PRISMA 2020.

#### 3.2. Pergunta PICO

- Dentro das cirurgias guiadas de colocação de implantes e entre as cirurgias guiadas e a *free-hand*, qual é a mais precisa?

#### 3.3. Critérios da pergunta PICO

- População: Pacientes que necessitam de colocação de implantes.
- Intervenção: Cirurgia de colocação de implantes.
- Comparação: Entre as cirurgias guiadas (Protocolo *pilot*, semi-guiada e totalmente-guiada) e com a *free-hand*.
- Resultados: Comparação da precisão do desvio angular, coronal, apical e paralelismo.

#### 3.4. Estratégia de pesquisa

- A pesquisa bibliográfica foi realizada no motor de busca da Pubmed, entre os dias 10 Janeiro de 2023 e 1 de Março 2023. Foi definido um período de inclusão de 10 anos.

#### 3.5. Termos de pesquisa

No intervalo temporal estabelecido, a pesquisa foi efetuada com os seguintes termos:

- "Dental Implant" "Computer-Aided Design", "Surgery, Computer-Assisted", "Dental Prosthesis, Implant-Supported".

A estratégia de pesquisa agrupou as palavras-chave com os operadores booleanos nas seguintes combinações:

- (("Humans"[Mesh]) AND ("Dental Implantation"[Mesh] OR "Dental Implants"[Mesh] OR "Dental Prosthesis, Implant-Supported"[Mesh] OR "Immediate Dental Implant Loading"[Mesh])) AND "Computer-Aided Design"[Mesh]
- (("Humans"[Mesh]) AND ("Immediate Dental Implant Loading"[Mesh] OR "Dental Prosthesis, Implant-Supported"[Mesh] OR "Dental Implants"[Mesh] OR "Dental Implantation"[Mesh])) AND "Surgery, Computer-Assisted"[Mesh]

### 3.6. Critérios de inclusão

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- Estudos que avaliam o tema definido e que se identifiquem os objetivos definidos
- Artigos em Inglês,
- Estudos realizados *in vitro*, *in vivo* e em cadáveres humanos
- Artigos publicados nos últimos 10 anos

### 3.7. Critérios de exclusão

- Artigos que não avaliam o tema definido e que não se identifiquem os objetivos definidos
- Estudo feitos em animais
- Artigos de revisão

### 3.8. Seleção de artigos

Elaborou-se uma tabela de resultados que sumariza a informação recolhida onde é possível encontrar: nome do autor, ano de publicação, tipo de estudo, objetivo do artigo, amostra, tipo de cirurgias e resultados dos desvios observados.

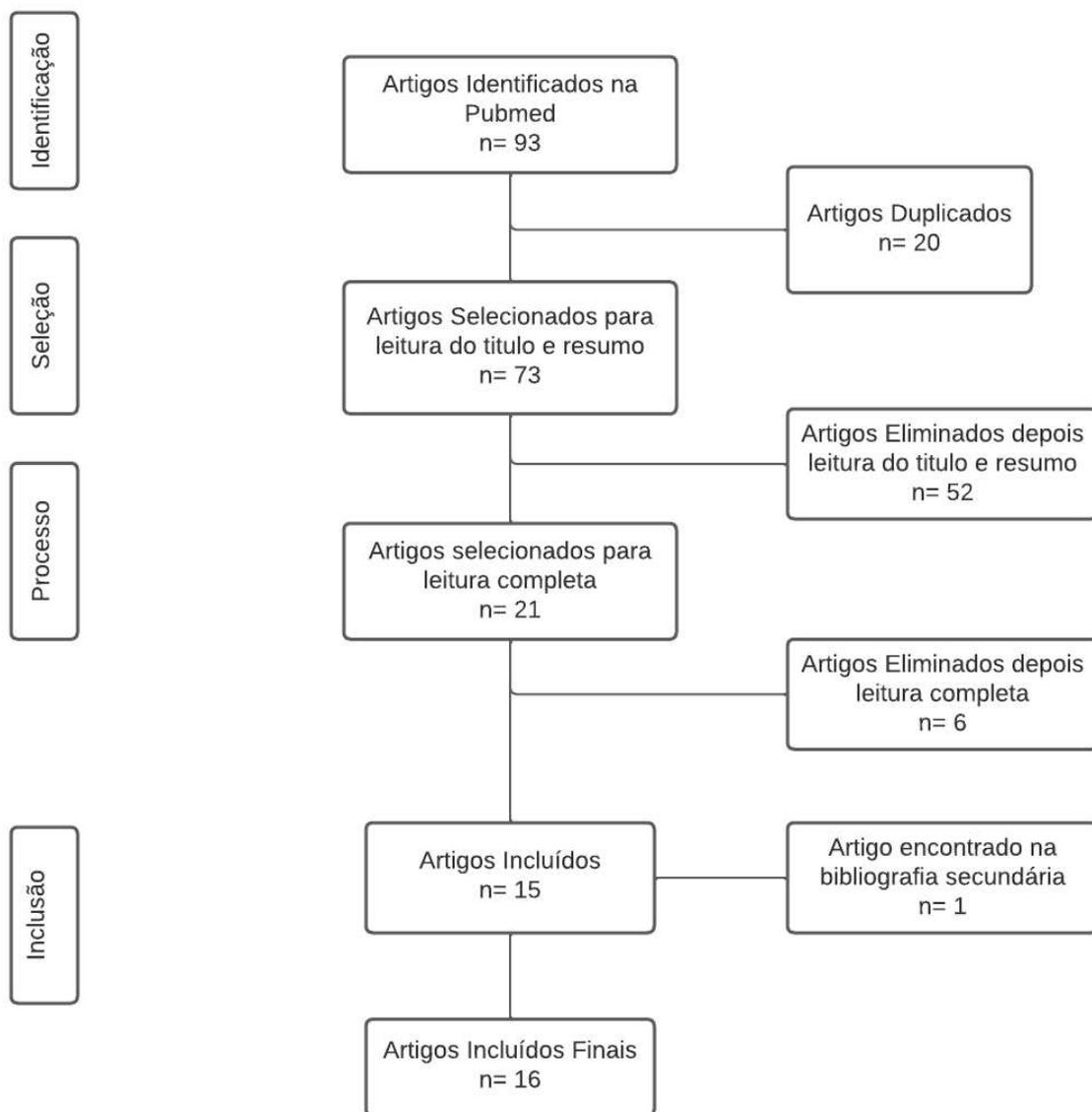
Após a eliminação dos artigos duplicados, a etapa inicial da seleção dos mesmos foi realizada por leitura dos títulos e resumos dos artigos encontrados. Estudos que não completavam os critérios de elegibilidade foram descartados. Na segunda fase da seleção foram aplicados os mesmos critérios de elegibilidade para os estudos restantes em texto completo.

## 4. Resultados

A pesquisa de artigos na base de dados Pubmed foi realizada de acordo com a combinação das palavras-chave com os operadores booleanos. Esta pesquisa permitiu a identificação de 93 artigos (Tabela 1). Destes, 20 foram eliminados por duplicidade utilizando o *Mendeley Citation Manager*. Dos restantes 52 foram eliminados após leitura do título e *abstract* e 6 foram eliminados após leitura completa e após pesquisa manual, foi adicionado um artigo encontrado na bibliografia secundária. O resultado final da seleção resultou em 16 artigos (figura 1).

Tabela 1: Resultados de pesquisa na *PUBMED*

Pesquisa	Mesh-Terms	Artigos
#1	((("Humans"[Mesh]) AND ("Dental Implantation"[Mesh] OR "Dental Implants"[Mesh] OR "Dental Prosthesis, Implant-Supported"[Mesh] OR "Immediate Dental Implant Loading"[Mesh] )) AND "Computer-Aided Design"[Mesh]	55
#2	((("Humans"[Mesh]) AND ("Immediate Dental Implant Loading"[Mesh] OR "Dental Prosthesis, Implant-Supported"[Mesh] OR "Dental Implants"[Mesh] OR "Dental Implantation"[Mesh] )) AND "Surgery, Computer-Assisted"[Mesh]	38
Total = 93		



**Figura 1: Fluxograma de pesquisa bibliográfica**

Tabela 2: Extração dos dados

Autores e Ano	Tipo	Objetivo	Amostra	Tipo de Cirurgia	Resultados dos Desvios em graus ou mm
Vercruyssen M. et al. 2014 <sup>(20)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a cirurgia estática total, estática semi guiada, estática <i>Pilot</i> e <i>Free-hand</i>	311 implantes <i>Free-hand</i> n = 51 <i>Pilot</i> n = 51 Total n = 108 Semi n = 101	Estática total/Semi versus <i>Pilot</i> versus <i>Free-hand</i>	Semi • Coronal: 1,4mm Apical: 1,6mm Angular: 5,8° Total • Coronal: 1,4mm Apical: 1,5mm Angular: 3° <i>Pilot</i> • Coronal: 3mm Apical: 3,4mm Angular: 8,4° <i>Free-hand</i> • Coronal: 2,7mm Apical: 2,9mm Angular: 9,9°  • Diferenças significativas para os 3 parâmetros entre <i>Free-hand</i> ou <i>Pilot</i> com Semi ou Total mas não entre <i>Free-hand</i> e <i>Pilot</i> ou Semi e Total
Aydemir C. et al. 2020 <sup>(21)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a cirurgia guiada dinâmica e <i>Free-hand</i>	86 implantes <i>Free-hand</i> n= 43 Dinâmica n =43	Dinâmica versus <i>Free-hand</i>	<i>Free-hand</i> • Coronal: 1,70mm Apical: 2,51mm Angular: 10,04° Dinâmica • Coronal: 1,01mm Apical: 1,83mm Angular: 5,59°  • Diferenças significativas para cada comparação entre grupos
Zhan Y. et al. 2020 <sup>(22)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre <i>Free-hand</i> e Dinâmica	60 implantes <i>Free-hand</i> n = 30 Dinamica n = 30	Dinâmica versus <i>Free-hand</i>	Dinâmica • Apical: 1,63mm Axial: 2,90mm <i>Free-hand</i> • Apical: 2,28mm Axial: 4,34mm  • Não se observaram diferenças significativas para coronal
Varga E. et al. 2020 <sup>(23)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios da <i>free-hand</i> com as 3 cirurgias guiada estática	101 implantes <i>Free-hand</i> n = 26 <i>Pilot</i> n = 23 Semi n = 24 Total n = 28	<i>Free-hand</i> versus Estática <i>Pilot</i> , Estática Semi, Estática	<i>Free-hand</i> • angular: 7,03mm Coronal: 1,8mm Apical: 2,43° Estática <i>Pilot</i> • angular: 5,71mm Coronal: 1,57mm Apical: 1,86° Estática Semi • angular: 4,30mm Coronal: 1,37mm Apical: 1,59° Estática Total • angular: 3,04mm Coronal: 1,40mm Apical: 1,59°  • Diferenças significativas para angular entre <i>Free-hand</i> versus semi e versus Total e entre <i>Pilot</i> versus Total e para apical entre <i>Free-Hand</i> versus Semi ou Total Não há diferença significativa para coronal

Smitkarn P. et al. 2019 <sup>(24)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre técnica <i>Free-hand</i> e estática total	60 implantes <i>Free-hand</i> n = 30 Total n = 30	<i>Free-hand</i> versus Estática Total	<p>Estática Total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angular: 3,1°</li> <li>Coronal = 3D: 1mm MD: 0,3mm VL: 0,4mm apico-coronal: 0,7mm</li> <li>Apical = 3D: 1,3mm MD: 0,6mm VL: 0,7mm apico-coronal: 0,7mm</li> </ul> <p><i>Free-hand</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angular: 6,9°</li> <li>Coronal = 3D: 1,5mm MD: 0,6mm VL: 0,5mm apico-coronal: 1mm</li> <li>Apical = 3D: 2,1mm MD: 1,2mm VL: 1mm apico-coronal: 1mm</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenças significativas entre <i>Free-hand</i> e guiada total para angular, cervical 3D, cervical mesio-distal (MD), cervical apico-coronal, apical 3D et apical MD</li> </ul>
Søndergaard K. et al. 2021 <sup>(25)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios na guiada estática entre a estática <i>Pilot</i> e estática a total	26 implantes Total n = 14 <i>Pilot</i> n = 12	Estática <i>Pilot</i> versus Estática Total	<p><i>Pilot</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coronal = VL: 0,96mm MD: 0,97mm</li> <li>Apical = VL: 1,62mm MD: 1,42mm</li> <li>Angular = VL: 6,42° MD: 4,09°</li> </ul> <p>Estática Total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coronal = VL: 0,91mm MD: 0,76mm</li> <li>Apical = VL: 1,21mm MD: 0,97mm</li> <li>Angular = VL: 3,35° MD: 2,60°</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenças significativas para VL apical e VL angular</li> </ul>
Sarhan M. et al. 2021 <sup>(26)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a estática Total e estática Semi	48 implantes Total n = 24 Semi n = 24	Estática Total versus Estática Semi	<p>Estática Total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizontal coronal: 1,46 mm Horizontal apical: 2,19mm</li> <li>Angular: 11,75° Vertical: 1,35mm</li> </ul> <p>Estática Semi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizontal coronal: 4,17mm Horizontal apical: 6,05mm</li> <li>Angular: 17,09 Vertical: 2,40mm</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenças significativas para horizontal coronal e apical</li> </ul>
Schneider D. et al. 2019 <sup>(27)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a <i>Free-hand</i> e a estática Total	38 implantes <i>Free-hand</i> n = 16	Estática Total versus <i>Free-hand</i>	<p><i>Free-hand</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oclusal: 0,65mm Ombro: 1,25mm Apical: 2,32mm Vertical: 0,28 mm</li> </ul>

			Total (com guia stereolitografico n =11) o com guia fabricado por impressão 3D n=11		<ul style="list-style-type: none"> <li>Angular: 7,36°</li> </ul> <p>Estática Total com guia Stereolitografico (T1?)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oclusal: 0,43mm Ombro: 0,54mm Apical: 0,9mm Vertical: 0,11mm Angular: 2,41°</li> </ul> <p>Estática Total com guia fabricado por Impressão 3D (T2?)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oclusal: 0,53mm ombro: 0,61mm Apical: 0,64mm Vertical: 0,9mm</li> <li>Angular: 1,78°</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenças significativas entre <i>Free-hand</i> e as duas estáticas para o ombro, ápex e desvio angular</li> </ul>
Yimarj P. <i>et al.</i> 2020 <sup>(28)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a estática Total e Dinâmica	60 implantes Total n = 30 Dinâmica n =30	Estática Total versus Dinâmica	<p>Estática total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ombro: 1,04mm Apical: 1,54 mm</li> <li>Angular: 4,08°</li> <li>Paralelismo: 4,32°</li> </ul> <p>Dinâmica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ombro: 1,24mm Apical: 1,58mm</li> <li>Angular: 3,78°</li> <li>Paralelismo: 3,55°</li> <li>Desvio do ombro mas lingual e do apex mas distal na dinâmica que na estática</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Não se observaram diferenças significativas</li> </ul>
Kühl S. <i>et al.</i> 2013 <sup>(29)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a estática Total e a estática Semi	38 implantes Total n = 19 Semi n = 19	Estática Total versus Estática Semi	<p>Estática Total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coronal: 1,52mm Apical: 1,55 mm</li> <li>Angular: 3,6°</li> <li>Paralelismo: 1,8°</li> </ul> <p>Estática Semi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coronal: 1,56mm Apical: 1,84mm</li> <li>Angular: 4,3°</li> <li>Paralelismo: 1,9°</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Não se observaram diferenças significativas</li> </ul>
Younes F. <i>et al.</i> 2018 <sup>(30)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre <i>Free-hand</i> , estática <i>Pilot</i> e estática Total	71 implantes <i>Free-hand</i> n = 26 Semi n = 24	<i>Free-hand</i> versus Estática <i>Pilot</i> versus Estática Total	<p><i>Free-hand</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angular: 6,99°</li> <li>Coronal = vertical: 0,53mm Lateral: 1,27mm Global: 1,45mm</li> </ul>

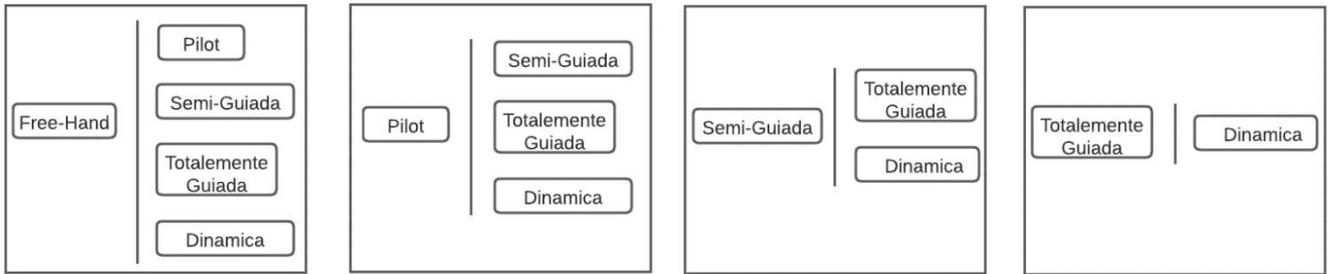
			Total n = 21		<ul style="list-style-type: none"> <li>Apical = vertical: 0,5mm Lateral: 1,97mm Global: 2,11mm</li> </ul> <p>Estática <i>Pilot</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angular 5,95°</li> <li>Coronal = vertical: 0,68mm Lateral: 0,79mm Global: 1,45mm</li> <li>Apical = vertical: 0,68mm Lateral: 1,14mm Global: 1,43mm</li> </ul> <p>Estática Total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angular: 2,30°</li> <li>Coronal = vertical: 0,43mm Lateral: 0,55mm Global: 0,73mm</li> <li>Apical = vertical: 0,43mm Lateral: 0,81mm Global: 0,97mm</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenças significativas entre <i>Free-hand</i> e <i>Pilot</i> para coronal lateral, apical lateral, apical global, entre <i>Pilot</i> e total para angular, coronal global, entre <i>Free-hand</i> e total para tudo</li> </ul>
Kraft B. et al 2020. <sup>(31)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a estática <i>Pilot</i> e a estática Total	24 implantes Semi n = 12 Total n = 12	Estática <i>Pilot</i> versus Estática Total	<p>Estática <i>Pilot</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angular: 3,60°</li> <li>Cervical = global: 1,34mm VP: 0,53mm MD:0,37mm apico-coronal: 1,04mm</li> <li>Apical = global: 1,97mm VP: 1,09mm MD:0,77mm apico-coronal: 1,04mm</li> </ul> <p>Estática Total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angular: 5,36°</li> <li>Cervical = global: 1,26mm VP: 0,48mm MD: 0,39mm Apico-coronal: 0,90mm</li> <li>Apical = global: 2,50mm VP: 1,86mm MD: 0,66mm apico-coronal: 1,01mm</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenças significativas para apical global e apical VP</li> </ul>
Wei S. et al. 2022 <sup>(32)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a Dinâmica versus <i>Free-hand</i>	24 implantes <i>Free-hand</i> n =12 Dinâmica n = 12	<i>Free-hand</i> versus Dinâmica	<p><i>Free-hand</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coronal = global: 1,51mm Lateral: 1,02mm Vertical: 0,95mm</li> <li>Apical = global: 1,94mm Lateral: 1,61mm Vertical: 0,83mm</li> <li>Angular: 5,97°</li> </ul> <p>Dinâmica</p>

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coronal = global: 1,01mm Lateral: 0,83mm Vertical: 0,44 mm</li> <li>• Apical = global: 0,88mm Lateral: 0,68mm Vertical: 0,45mm</li> <li>• Angular : 2,51°</li> <li>• Diferenças significativas para coronal global e vertical e apical global e lateral</li> </ul>
Sun T. <i>et al.</i> 2020 <sup>(33)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre a Dinâmica, Dinâmica com guia, Guiada Estática e <i>Free-hand</i>	128 implantes Dinâmica n = 32 Dinâmica com guia n = 32 Estática n = 32 <i>Free-hand</i> n = 32	Dinâmica versus Dinâmica com guia versus Guiada Estática versus <i>Free-hand</i>	<p>Dinâmica com guia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitudinal: 0,52mm Angular: 2,20°</li> </ul> <p>Dinâmica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitudinal: 0,73mm Angular: 3,24°</li> </ul> <p>Estática</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitudinal: 1,00mm Angular: 4,54°</li> </ul> <p><i>Free-hand</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitudinal: 1,42mm Angular: 6,12°</li> <li>• Diferenças significativas para cada comparação entre grupos</li> </ul>
Kaewsiri D. <i>et al.</i> 2019 <sup>(34)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre guiada dinâmica e estática total	60 implantes Dinâmica n = 30 Total n = 30	Guiada Dinâmica versus Estática total	<p>Estática Total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coronal: 0,97mm Apical: 1,28mm</li> <li>• Angular: 2,84°</li> </ul> <p>Dinâmica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coronal: 1,05mm Apical: 1,29mm</li> <li>• Angular: 3,06°</li> <li>• desvios para mesial maior que na total</li> <li>• Não se observaram diferenças significativas</li> </ul>
Lou F. <i>et al.</i> 2021 <sup>(35)</sup> .	RCT	Comparação dos desvios entre <i>Free-hand</i> , estática Semi e estática total	99 implantes <i>Free-hand</i> n= 30 Semi n=36 Total n=33	<i>Free-hand</i> versus Estática Semi versus Estática Total	<p><i>Free-hand</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coronal: 1,05mm Apical: 1,36mm Vertical: 1,02mm</li> <li>• Angular: 6,61°</li> </ul> <p>Semi Guiada</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angular: 3,16° Coronal: 0,69mm Apical: 0,80mm Vertical: 0,52mm</li> <li>• Angular: 3,16°</li> </ul> <p>Total</p>

					<ul style="list-style-type: none"><li>• Coronal: 0,39mm apical: 0,28mm Vertical: 0,24mm</li><li>• Angular: 2,05°</li><li>• Diferenças significativas para cada comparação entre grupos</li></ul>
--	--	--	--	--	--

## 5. DISCUSSÃO

A concordância entre o planeamento do implante e a sua colocação possibilita uma restauração protética saudável, melhorando as funções mastigatórias, a fonação e a estética da área desdentada <sup>(23)</sup>. Não parece existir uma única posição teórica ideal. Na verdade, essa posição deve respeitar um conjunto de regras, incluindo distâncias mínimas a serem obtidas entre diferentes referências anatómicas, o que, do ponto de vista clínico, resulta numa gama de posições aceitáveis que não comprometem a integridade dos tecidos <sup>(25)</sup>. No entanto, nos estudos realizados, a escolha de uma única posição planeada permite comparações através de imagens com a posição real do implante após a cirurgia. Um desvio observado, mesmo que significativo, não indica necessariamente um mau posicionamento do implante, mas sim uma imprecisão relacionada à técnica de orientação cirúrgica utilizada em relação à posição prevista. As imprecisões observadas podem ser devidas a uma acumulação de erros ao longo do processo. Os erros podem estar diretamente relacionados com o cirurgião e a técnica intraoperatória, como por exemplo, movimentos inadequados do cirurgião ou do paciente, má adaptação da guia e/ou má visualização do campo operatório <sup>(30)</sup>. Estes também podem ser pré-operatórios, nomeadamente durante a aquisição de dados, calibração ou fabricação das guias cirúrgicas. Analisando os artigos encontrados; parece sensato comparar as cirurgias entre si dentro de um mesmo estudo em vez de numericamente com referência a uma norma estabelecida. Na verdade, cada tipo de estudo tem as suas próprias características, *in vitro*, *in vivo* ou nos cadáveres humanos, edentulismo simples ou complexo, experiência e número de cirurgiões, bem como vários fatores específicos de cada um. Esses fatores são suscetíveis de enviesar as comparações numéricas para uma mesma técnica cirúrgica. Classificar as comparações permite traçar melhor um esquema global das precisões das cirurgias, limitando assim os diferentes vieses específicos de cada ensaio clínico. Para facilitar as análises das precisões observadas, apenas duas técnicas de colocação de implantes com técnicas cirúrgicas diferentes serão comparadas de cada vez.



**Figura 2: Comparações possíveis entre grupos**

### 5.1. *Free-hand* versus protocolo *Pilot*

Alguns estudos <sup>(20,23)</sup> não observaram quaisquer diferenças significativas entre estes dois tipos de cirurgia, embora os valores numéricos fossem mais baixos na cirurgia *pilot*. F Younes et al. <sup>(30)</sup>, em contraste com os dois estudos anteriores, encontrou diferenças significativas nos desvios coronal-lateral, apical-lateral e global, mas não nos desvios vertical-coronal ou vertical-apical. A ausência de diferenças significativas no plano vertical pode ser explicada pelo próprio princípio do método *pilot*, que só pode orientar no plano horizontal. Como a guia *pilot* não tem uma paragem física, a profundidade é avaliada da mesma forma que na *Free-hand*, ou seja, visualmente, em particular através de marcações nas brocas. Por outro lado, a angulação não pode ser controlada por um meio físico nestas duas cirurgias. As diferenças aqui observadas encontram-se, portanto, no plano horizontal, o que pode ser consistente com a utilização da guia durante a primeira osteotomia. No entanto, esta cirurgia é muito dependente do operador, uma vez que cada osteotomia se baseia apenas na anterior, sem controlo físico externo. Ambas as cirurgias originaram, em diferentes proporções, modificações da restauração final em comparação com o planeamento inicial, exigindo 19,2% de restaurações cimentadas para a *free-hand* e 4,2% para o *Pilot*. A fim de limitar os desvios após a primeira broca na técnica *Pilot*, o autor <sup>(30)</sup> recomenda apenas a introdução passiva da broca na osteotomia anterior.

## 5.2. *Free-hand* versus Semi-guiada

No estudo Varga et al. <sup>(23)</sup> observam-se diferenças significativas para desvios angulares, e apicais globais, mas não coronais globais. Vercruyssen et al <sup>(20)</sup> concorda, mas também identifica diferenças significativas a favor de um aumento da precisão para semi-guiada a nível coronal. Do mesmo modo, Lou et al. <sup>(35)</sup> encontrou diferenças significativas para cada um dos parâmetros estudados, nomeadamente desvio coronal, apical, vertical e angular. O seu estudo foi realizado sobre desdentados simples na zona anterior. Isto permite estudar a precisão numa região que está sujeita a uma perda óssea significativa, ao contrário da zona desdentada posterior, que tem um maior volume ósseo.

## 5.3. *Free-hand* versus Totalmente-guiada

No seu estudo, Schneider et al. <sup>(27)</sup> compara a cirurgia *Free-hand* com a cirurgia estática totalmente guiada. Na total, a orientação física é completa desde a primeira osteotomia até à inserção final e a guia apoiada nos dentes. No seu protocolo experimental é feita uma variação na cirurgia total, utilizando dois protocolos. O primeiro utiliza uma guia estereolitográfica fabricada através de um *stent* radiológico e o segundo utiliza uma guia fabricada através de uma impressora tridimensional baseada numa impressão ótica. Ao contrário dos outros estudos, este separa a parte coronal do implante em ombro e em pilar. O ombro é a parte superior do implante que emerge através da gengiva e liga a restauração protética enquanto o pilar é a peça intermédia entre o implante e a prótese. Foram observadas diferenças significativas em apical, ombro e angulação, mas não em pilar e profundidade. Na total, não foram observadas diferenças entre os dois tipos de guias. Clinicamente, todas as cirurgias resultaram numa restauração de acordo com o plano, ou seja, parafuso retido, permitindo um resultado clinicamente aceitável. Contudo, em termos de distribuição dos valores de desvio intra-cirúrgico, a cirurgia totalmente guiada teve uma distribuição de valores entre as colocações mais semelhante do que a *Free-hand*. Também 40% do total de colocações de guias cirúrgicas foram inadequadas e tiveram de ser modificadas pré-operatoriamente para permitir a sua utilização. No presente estudo, os pacientes estavam apenas parcialmente desdentados, permitindo que a cirurgia *Free-hand* tivesse indicações visuais através dos dentes adjacentes. No grupo *Free-hand* não foi feita previamente nenhuma CBCT e, por

consequente, não foi possível utilizar previamente nenhuma informação sobre o osso. A posição de referência é apenas definida de acordo com um objetivo protético, pelo que existe uma variedade de localizações possíveis em vez de uma única posição, o que torna mais difícil fazer comparações com os outros grupos que têm uma posição pré-definida exata. Além disso, houve reavaliações durante todas as cirurgias, o que pode explicar alguns desvios em relação ao plano original. Este estudo está de acordo com Vercruyssen et al. <sup>(20)</sup>, que obteve diferenças significativas com maior precisão para o total, com guias ósseas e mucosas suportadas, todas fixadas intra-oralmente através de pinos para evitar deslocamentos indesejados. No entanto, os pacientes estavam totalmente desdentados, não deixando qualquer referência visual dentário para a cirurgia de *Free-hand*. Também não foi observada qualquer influência do comprimento do implante nestas cirurgias na precisão. O estudo de Sun et al. <sup>(33)</sup> está também de acordo com os estudos anteriores. Do mesmo modo, Varga et al. <sup>(23)</sup> observou em pacientes parcialmente desdentados as mesmas diferenças para desvios apicais e angulares, mas nenhuma diferença significativa para desvios coronais, embora os valores observados fossem inferiores para o total. Uma das razões poderia ser a incapacidade deste estudo de apontar diferenças significativas para esta variável com diferenças tão pequenas. Outro estudo <sup>(24)</sup> encontrou uma diferença significativa no parâmetro coronal global ao contrário de Varga et al <sup>(23)</sup>, com uma diferença média de 0,6mm entre as 2 cirurgias. Encontrou também diferenças significativas no apical global. Este estudo também apoia a ausência de influência neste estudo do comprimento, mas também do diâmetro do implante e da sua localização inter-arcada sobre os desvios. Finalmente, Younes et al. <sup>(30)</sup>, ainda de acordo com os estudos anteriores, observa uma superioridade significativa da cirurgia totalmente guiada a nível coronal, apical e angular. Além disso, observa o risco de possíveis danos nos dentes adjacentes em *Free-hand* que não foi encontrado em cirurgia totalmente guiada devido à orientação física da guia. Também 19,2% das restaurações finais de *Free-hand* tiveram de ser cimentadas para compensar as imprecisões obtidas no planeamento inicial, demonstrando a importância clínica de obter uma maior precisão. Em contraste, todos os implantes colocados utilizando a cirurgia totalmente guiada tiveram uma restauração aparafusada, tal como inicialmente planeado. Estes estudos estão de acordo com a F. Lou et al. <sup>(35)</sup>

que, no seu estudo, compara implantes na maxila anterior com diferentes casos em termos do número e posição dos implantes colocados.

#### 5.4. *Free-hand* versus dinâmica

Com o objetivo de limitar as variações inter-individuais, Aydemir et al. <sup>(21)</sup> utiliza um estudo de tipo *split-mouth*, o que permite realizar as duas cirurgias na mesma arcada, sendo este estudo na maxila posterior. Ao comparar a posição do implante colocado com o modelo previsto, ele observa diferenças significativas nos níveis coronal, apical e angular, todas a favor de uma maior precisão na cirurgia dinâmica. Ele observa que imprecisões são encontradas principalmente ao nível apical, que podem ser devidas a um deslizamento da broca em áreas ósseas de densidade mais baixa, correspondentes ao osso esponjoso. Esses resultados estão em concordância com o estudo de Sun et al. <sup>(33)</sup>, que observa desvios longitudinais e angulares significativamente maiores no grupo *Free-hand*. Além de comparar o *Free-hand* com a dinâmica convencional, este estudo propõe o uso de um guia para perfuração inicial. A cirurgia dinâmica não tem normalmente nenhum feedback físico. Este guia, utilizado em conjunto com a cirurgia dinâmica, também apresenta uma melhoria significativa em relação à dinâmica convencional, ampliando ainda mais a diferença com o *Free-hand*. Para diminuir possíveis vieses relacionados a uma curva de aprendizagem, o cirurgião treinou *in vitro* antes do início da cirurgia. Em outro estudo, Wei et al. <sup>(32)</sup> também recorre a um único cirurgião experiente. Nesta e para limitar as imprecisões, as referências no *CBCT* foram colocadas por dois investigadores experientes com alta taxa de reprodutibilidade inter-examinador. Ele também observa um aumento de precisão no nível coronal global e apical global, mas não na angulação, embora os valores sejam mais baixos para a dinâmica. As medidas globais incluem a componente vertical e horizontal, permitindo uma visualização mais simples dos desvios, mas não fornecem tantas informações como as medidas em cada plano. É preciso ter em conta que a colocação do implante era imediata, e, portanto, o osso não está cicatrizado, o que pode levar à presença de septo ósseo com diferentes densidades que podem desviar os instrumentos. Neste estudo, os erros no sentido vertical foram mais numerosos no método *Free-hand*, o que pode ser explicado por erros de observação da crista alveolar. No entanto, a cirurgia dinâmica

tem tendência a ter desvios verticais mais apicais, apesar dos valores de desvios serem numericamente mais baixos. Uma razão apontada seria o tempo de reação entre a exibição da informação no monitor de controlo e a resposta motora do cirurgião, esse curto atraso pode aumentar ligeiramente a instrumentação. Além disso, uma particularidade observada na cirurgia dinâmica deste estudo reside no aumento da precisão ao nível apical em comparação com o nível coronal, enquanto se esperaria um aumento na profundidade, como é o caso do *free-hand*. Uma possibilidade de explicação seria a atenção aumentada do cirurgião quando ele se aproximava da zona apical do implante. Outro estudo com uma abordagem diferente pode permitir uma melhor compreensão das duas técnicas cirúrgicas. Na sua pesquisa, Zhan et al. <sup>(22)</sup> recorre a operadores iniciantes, mais propensos a desvios, a fim de comparar a evolução da precisão com o número de ensaios realizados. Ele observa valores semelhantes nos níveis coronal, apical e angular para essas cirurgias durante os primeiros ensaios. Note-se que esses valores semelhantes não devem ser comparados numericamente, uma vez que os outros estudos utilizaram cirurgiões experientes. Além disso, como o estudo foi *in vitro*, os valores absolutos encontrados, embora permitam uma comparação dentro do mesmo estudo, não devem ser extrapolados para valores *in vivo*. No final dos ensaios propostos pelo estudo, a precisão atinge um patamar na técnica *free-hand*, enquanto continua a crescer na técnica dinâmica, tornando-se significativamente diferente no nível apical e angular, exceto para desvios coronais, que permanecem significativamente próximos antes e depois das duas cirurgias. Este estudo deve ser considerado com cautela devido às limitações mencionadas anteriormente.

#### 5.5. Protocolo *Pilot* versus Semi-guiada

Ao comparar estas duas técnicas cirúrgicas, Verduyck et al. <sup>(20)</sup> observou diferenças significativas a nível coronal, apical e angular. Neste estudo foram utilizadas diferentes guias. Para o método *Pilot* a guia foi fabricada fazendo furos na posição dos implantes numa prótese que serve para impressão digital. Durante a aquisição da imagem, a guia é estabilizada através do dedo indicador, de modo a evitar movimentos do paciente. Na semi-guiada a guia é estereolitográfica e produzida pelo fabricante através do planeamento do *software*. Pelo contrário num outro estudo, Varga et al. <sup>(23)</sup> não

observou qualquer diferença nas observações para estas mesmas variáveis apesar dos valores de desvio numérico mais baixos no grupo semi-guiada. No entanto, a maior orientação no grupo semi-guiado permite controlar certos parâmetros como a angulação e a área apical devido ao controlo mecânico da guia, ao contrário do que acontece com o *Pilot*. Ambas as cirurgias foram realizadas com a mesma técnica de produção da guia cirúrgica, que foi impressa em tridimensional. Note-se que este estudo foi concebido para detetar diferenças especialmente a nível angular e que os desvios são globais e não separados em componentes verticais e horizontais.

#### 5.6. Protocolo *pilot* versus totalmente guiada

No seu estudo, Younes et al. <sup>(30)</sup> observa diferenças significativas para a angulação e todos os desvios globais e laterais, mas nenhum é observado para desvios verticais. Também os valores mais extremos foram identificados no total em dois casos que tinham um problema de adaptação da guia, que teve de ser mantida através da pressão digital durante o processo. Também é mencionado que apenas foram utilizados guias suportados por dentes e isto em múltiplos casos de edentamentos. Neste estudo, a broca *pilot* teve uma paragem de profundidade que poderia melhorar os desvios verticais. Outra razão possível para a falta de diferença vertical poderia ser a incapacidade do estudo em detetar valores tão baixos de desvios verticais. Outro estudo <sup>(25)</sup> utiliza uma guia estereolitográfica para cirurgia total e uma guia acrílica convencional para cirurgia *pilot*. Os desvios são subdivididos no plano horizontal em vestibulo-lingual e mesio-distal. Ao contrário do estudo de Younes <sup>(30)</sup>, não foi observada qualquer diferença significativa a nível coronal. Tanto a nível apical como a nível angular, a única diferença observada é na direção vestibulo-lingual. Das sete variáveis analisadas, apenas essas duas são significativamente diferentes. No entanto, mesmo que não sejam significativas, todos os valores de desvio foram inferiores no grupo totalmente guiado em comparação com o grupo *Pilot*. Além disso, todas as restaurações finais estavam de acordo com o planeamento inicial em todos os grupos, ou seja, restaurações aparafusadas. Estes implantes foram colocados por estudantes, portanto mais propensos a desvios do que um cirurgião experiente. No entanto, a presença de um cirurgião que podia corrigir alguns erros intra-operatórios nas duas técnicas analisadas

reequilíbrio ligeiramente esta inexperiência. No entanto, notou-se uma tendência para colocar o implante mais vestibularmente no grupo *pilot*, bem como uma tendência para colocar o implante mais coronalmente na direção vertical em comparação com o planeamento no grupo totalmente orientado. O método *Pilot* permite estas modificações intra-operatórias para corrigir as osteotomias subsequentes. Também o cirurgião presente teve de assistir 4 vezes mais frequentemente o grupo *Pilot* do que o grupo totalmente guiado. Uma limitação importante adicional foi que cada estudante só podia realizar um tipo de cirurgia, aumentando possivelmente o risco de enviesamento inter-operador. Outra limitação é que os casos de edentamento eram únicos, daí não se observarem diferenças significativas, mas se fossem mais complexos a cirurgia totalmente guiada poderia permitir a observação de diferenças mais marcadas. É de notar que nos protocolos utilizados neste estudo todos os retalhos foram descolados, o que raramente é efetuado neste tipo de cirurgias. As posições ideais selecionadas pelos três investigadores eram todas diferentes, mas todas elas respeitavam as *guidelines* protéticas ideais nos diferentes planos do espaço (mesio-distal, vestibulo-lingual e vertical), bem como em termos de angulação e tipo de acesso, pelo que todas estas restaurações são clinicamente aceitáveis. Varga et al. <sup>(23)</sup> não encontrou qualquer desvio significativo, nem em coronal, nem em apical. No entanto, encontrou uma diferença na angulação de cerca de 1,67°, mas com um máximo de 17° para o *pilot* e apenas 6,30° para o totalmente guiado. Ao nível coronal e apical a precisão numérica é ligeiramente a favor do total. O estudo admite ser pouco potente para a deteção de diferenças demasiado pequenas, o que é o caso dos desvios coronais. Sendo as medições também globais, não é possível ver diferenças apenas na direção vertical ou apenas na direção horizontal. Kraft et al. <sup>(31)</sup> fez um estudo com implantes na região anterior da mandíbula. Estes implantes são colocados imediatamente, ou seja, diretamente após a extração. Da mesma forma, não foi observada qualquer diferença significativa. A cirurgia *Pilot* teve menos desvios ao nível apical e angular e o total ao nível cervical, o que poderia ser explicado pela não cicatrização do alvéolo ao contrário dos outros estudos, estando a cirurgia totalmente guiada planeada para um osso totalmente cicatrizado. É de notar que a inserção num alvéolo pós-extração leva a um aumento da distância entre a manga e o osso, o que resulta numa maior imprecisão. A cirurgia *Pilot* permite uma modificação intraoperatória nos osteotomias secundárias e

na inserção final, o que pode alterar a angulação. De modo a reduzir os erros durante a aquisição da imagem, o CBCT foi acoplado a um scan intra-oral.

#### 5.7. Semi-guiada versus totalmente-guiada

No seu estudo Varga et al. <sup>(23)</sup> não observa qualquer diferença significativa, mesmo que ao nível da angulação o total tenha menos 1,24° de desvio. Outro estudo <sup>(20)</sup> está em concordância com o anterior, ainda que os resultados do total sejam ligeiramente mais precisos, 0,3° para o desvio angular e 0,1mm para o desvio apical global. Sarhan et al. <sup>(26)</sup> também confirmou estas observações num estudo em *split-mouth* na mandíbula anterior. Para reduzir o risco de desvios peri-cirúrgicos, utilizaram um índice radiográfico durante a TCFC pré-operatória, bem como uma guia de manga sem metal. De forma a reduzir possíveis variações, os implantes utilizados são de comprimento padronizado e a guia é estabilizada intra-oralmente através da utilização de pinos. Este estudo *in vivo* demonstrou as mesmas conclusões, bem como para a profundidade, que também foi analisada sem diferença significativa. No seu estudo, a Kühl et al. <sup>(29)</sup> também não observou qualquer diferença significativa. Ele também analisa o paralelismo sem qualquer diferença. No entanto, para além dos valores de desvio inferiores para o total, os valores máximos para a angulação foram de 8,75° para o total contra 11,09° para a semi-guiada. Acrescentemos que este estudo foi realizado em cadáveres humanos. Ora estes últimos apresentam um importante osso cortical limitando os possíveis desvios. Este facto poderia explicar a ausência de diferença observada ao nível da angulação. Além disso, a melhor precisão foi obtida em pacientes totalmente desdentados, e a pior em pacientes Kennedy Classe 2, indicando que a presença dos dentes restantes não é o único factor que influencia os desvios quando se utiliza uma guia. É de notar que os valores de paralelismo são por vezes inferiores aos desvios coronais e apicais, que poderiam ser causados por uma má adaptação da guia. No entanto, F. Lou et al. <sup>(35)</sup> observou diferenças significativas na precisão coronal, apical, vertical e angular a favor de uma orientação completa. Este estudo baseou-se em casos desdentados únicos com um máximo de dois implantes na maxila anterior e guias apoiadas em dentes e dois cirurgiões experientes. Esta área é de grande importância estética com uma maior perda

de volume ósseo do que na área posterior, aumentando assim o risco de desvio. Também esta área envolve um risco de danos no canal incisivo e na inervação nasal.

#### 5.8. Totalmente guiada versus dinâmica

Com o propósito de comparar estas duas cirurgias, Yimarj et al. <sup>(28)</sup> interessou-se no edentulismo múltiplo com o objetivo de uma restauração protética suportada por implantes, com um mínimo de 2 implantes por prótese. Este estudo permite assim analisar um edentulismo mais complexo e também avaliar um parâmetro fundamental neste caso, o paralelismo. Quando este é ótimo, permite uma inserção correta da prótese assim como uma distribuição homogênea das forças oclusais de acordo com o grande eixo vertical do implante, que está em estreita ligação com a angulação de cada implante. O autor utiliza guias cirúrgicas no caso de cirurgia total que são suportadas por dentes e um único cirurgião experiente realiza as cirurgias. Não se observam diferenças significativas em coronal, apical, angular ou paralelismo. Os valores deste último foram muito semelhantes em ambos os casos e inferiores a 4,5°, permitindo um resultado clínico aceitável. As únicas diferenças, embora não significativas, são uma ligeira tendência dos desvios coronais em direção à lingual e dos desvios apicais em direção apical na cirurgia dinâmica. Isto poderia ser explicado pela má observação do local cirúrgico ou por micro-movimentos involuntários da mão do cirurgião. Num outro estudo que não analisou o paralelismo, <sup>(34)</sup> não foram encontradas diferenças significativas para os outros três parâmetros. Tal como no estudo anterior, apenas um cirurgião experiente realizou as cirurgias de modo a reduzir o viés inter-individual e a possível curva de aprendizagem associada à cirurgia dinâmica. Também o guia foi avaliado antes do início da cirurgia, com o objetivo de verificar a sua boa adaptação. No entanto, o estudo está *in vitro* e, portanto, livre de certas restrições fisiológicas encontradas *in vivo*. Alguns dos desvios presentes poderiam dever-se à própria qualidade óssea, uma vez que Kaewsiri et al. <sup>(34)</sup> utilizou um osso em que as extrações dentárias tinham menos de 3 meses e, portanto, não estavam curadas de forma ótima, tendo assim uma densidade óssea no septo que poderia ser irregular. Como no estudo anterior, a cirurgia dinâmica, embora significativamente semelhante à cirurgia total, tem uma ligeira tendência para desvios, neste caso em direção à mesial, o que pode ser

explicado em parte por uma menor visibilidade do dente mesial. Também a nível numérico, os valores máximos de desvios para os parâmetros estudados foram observados durante a cirurgia dinâmica. A ausência de *feedback* mecânico neste método, em comparação com a presença contínua de controlo físico na orientação total, poderia explicar esta distribuição. O cirurgião pode também experimentar movimentos involuntários de rotação do pulso, latência na assimilação de informação e resposta motora, má interpretação da informação fornecida, ou erros de seguimento do instrumento. Com o objetivo de limitar os erros de rastreio, um médico treinado registou marcadores fiduciais. Em contraste com os dois estudos anteriores, Sun et al. <sup>(33)</sup> encontrou diferenças significativas, indicando uma maior precisão da dinâmica. Como descrito na comparação anterior (FH versus dinâmica), sua utilização de outro método de cirurgia dinâmica, utilizando uma guia física, também superou a cirurgia total para os três parâmetros estudados, nomeadamente a precisão longitudinal, total e angular. Também não observou qualquer influência significativa do arco utilizado (superior ou inferior) nos desvios.

#### 5.9. Protocolo *pilot* versus dinâmica e semi-guiada versus dinâmica

Nenhum dos estudos aqui referidos compara a cirurgia dinâmica guiada com a cirurgia estática *pilot* ou semi-guiada. Isto pode ser devido à dificuldade de ter o equipamento necessário para implementar a cirurgia dinâmica. O objetivo dos estudos mencionados foi analisar os desvios entre as diferentes técnicas a fim de os comparar em termos de exatidão. Pode ser compreensível que haja algumas dificuldades na realização de um estudo, incluindo a cirurgia dinâmica, para se limitar ao *gold-standard* em termos de precisão da categoria estática, ou seja, totalmente guiada.

#### 5.10. Limitações e Fatores Modificadores

Com base em estudos anteriores, é evidente que, além do método de orientação, a precisão observada da cirurgia de implante depende de muitos outros fatores que podem ser divididos em duas categorias. A primeira está relacionada ao tipo de estudo (*in vitro* ou *in vivo*), em pacientes diferentes ou no mesmo. A segunda categoria inclui

fatores pré e intraoperatórios, como a experiência do cirurgião, o tipo e localização do edentulismo, a duração entre a extração e a colocação de implante, o número de implantes a serem colocados, a proximidade de estruturas nobres, o tipo de guia cirúrgico e sua adaptação, a visão do campo operatório, a técnica de impressão oral (intra ou extra-oral), o método de inserção final e o grau de erro humano possível associado ao nível de orientação da técnica. No entanto, é importante notar algumas limitações desses estudos. Os suportes utilizados variam consideravelmente, alguns baseando-se em cadáveres humanos, outros em modelos sintéticos e outros em pacientes vivos. Os resultados podem ser influenciados pela acessibilidade do local da cirurgia, estabilização do guia, aquisição de imagens, movimentos involuntários dos pacientes e presença de fluidos. Além disso, outras limitações, como o intervalo de tempo entre a extração e a colocação dos implantes, devem ser consideradas, pois podem alterar o alvéolo e os septos. A experiência dos cirurgiões também pode afetar negativamente os resultados observados, assim como a localização dos implantes intra-arco e inter-arco, bem como os modelos e marcas utilizados durante as cirurgias. <sup>(25)</sup>

## 6. CONCLUSÃO

Sintetizando os dados dos estudos anteriores, parece que a precisão cirúrgica em relação à posição ideal do planeamento na angulação, posição coronal, apical e horizontal correlaciona-se positivamente com o nível de orientação física ou digital, sem, no entanto, observar diferenças significativas entre a orientação física total (cirurgia totalmente guiada) ou digital (cirurgia dinâmica).

Assim, e com as limitações mencionadas anteriormente, parece aceitável classificar as cirurgias da menos precisa para a mais precisa seguindo esta ordem: cirurgia *free-hand*, protocolo *pilot*, semi-guiada e finalmente totalmente guiada ou dinâmica.

No futuro, seria interessante comparar todas essas cirurgias dentro do mesmo estudo com casos intraorais mais variados, limitando ao máximo os fatores inter-operadores, de forma a minimizar os vieses associados aos estudos e com o objetivo de facilitar a escolha do tipo de orientação para o profissional de acordo com cada caso clínico

## 7. BIBLIOGRAFIA

- 1 Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23 Suppl 6: 2–21.
- 2 Sharma MN, Ahmed N, Ganapathy DM, Pandurangan KK, Maiti S. Awareness on resonance frequency analysis in dental implantology among dental practitioners and dental students. *J Adv Pharm Technol Res* 2022; 13: S233–S237.
- 3 Howe MS, Keys W, Richards D. Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis. *J Dent* 2019; 84: 9–21.
- 4 Liaw K, Delfini RH, Abrahams JJ. Dental Implant Complications. *Semin Ultrasound CT MR* 2015; 36: 427–433.
- 5 Juodzbaly G, Wang HL, Sabaly G, Sidlauskas A, Galindo-Moreno P. Inferior alveolar nerve injury associated with implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24: 183–190.
- 6 Schenk RK, Buser D. Osseointegration: a reality. *Periodontol* 2000 1998; 17: 22–35.
- 7 Pandey C, Rokaya D, Bhattarai BP. Contemporary Concepts in Osseointegration of Dental Implants: A Review. *Biomed Res Int* 2022; 2022.
- 8 Smeets R, Stadlinger B, Schwarz F, Beck-Broichsitter B, Jung O, Precht C *et al.* Impact of Dental Implant Surface Modifications on Osseointegration. *Biomed Res Int* 2016; 2016.
- 9 Rues S, Schmitter M, Kappel S, Sonntag R, Kretzer JP, Nadorf J. Effect of bone quality and quantity on the primary stability of dental implants in a simulated bicortical placement. *Clin Oral Investig* 2021; 25: 1265–1272.
- 10 Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res* 2001; 12: 79–84.
- 11 Dohan Ehrenfest DM, Coelho PG, Kang BS, Sul YT, Albrektsson T. Classification of osseointegrated implant surfaces: materials, chemistry and topography. *Trends Biotechnol* 2010; 28: 198–206.
- 12 Tallarico M, Scrascia R, Annucci M, Meloni SM, Lumbau AI, Koshovari A *et al.* Errors in Implant Positioning Due to Lack of Planning: A Clinical Case Report of New Prosthetic Materials and Solutions. *Materials (Basel)* 2020; 13.

- 13 D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000* 2017; 73: 121–133.
- 14 Yogui FC, Verri FR, de Luna Gomes JM, Lemos CAA, Cruz RS, Pellizzer EP. Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2021; 50: 242–250.
- 15 Block MS, Emery RW. Static or Dynamic Navigation for Implant Placement-Choosing the Method of Guidance. *J Oral Maxillofac Surg* 2016; 74: 269–277.
- 16 Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol 2000* 2014; 66: 214–227.
- 17 Lanis A, Padiál-Molina M, Gamil R, Del Canto OA. Computer-guided implant surgery and immediate loading with a modifiable radiographic template in a patient with partial edentulism: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2015; 114: 328–334.
- 18 Van De Velde T, Glor F, De Bruyn H. A model study on flapless implant placement by clinicians with a different experience level in implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 66–72.
- 19 Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo C ling, Shafer DM. Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery-A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract* 2018; 18: 28–40.
- 20 Vercruyssen M, Cox C, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M. A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental navigation or the use of a pilot-drill template. *J Clin Periodontol* 2014; 41: 717–723.
- 21 Aydemir CA, Arisan V. Accuracy of dental implant placement via dynamic navigation or the freehand method: A split-mouth randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2020; 31: 255–263.
- 22 Zhan Y, Wang M, Cheng X, Li Y, Shi X, Liu F. Evaluation of a dynamic navigation system for training students in dental implant placement. *J Dent Educ* 2021; 85: 120–127.
- 23 Varga E, Antal M, Major L, Kiscsatári R, Braunitzer G, Piffkó J. Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. *Clin Oral Implants Res* 2020; 31: 417–430.

- 24 Smitkarn P, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery. *J Clin Periodontol* 2019; 46: 949–957.
- 25 Søndergaard K, Hosseini M, Storgård Jensen S, Spin-Neto R, Gotfredsen K. Fully versus conventionally guided implant placement by dental students: A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2021; 32: 1072–1084.
- 26 Sarhan MM, Khamis MM, El-Sharkawy AM. Evaluation of the accuracy of implant placement by using fully guided versus partially guided tissue-supported surgical guides with cylindrical versus C-shaped guiding holes: A split-mouth clinical study. *J Prosthet Dent* 2021; 125: 620–627.
- 27 Schneider D, Sancho-Puchades M, Mir-Marí J, Mühlemann S, Jung R, Hämmerle C. A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Conventional and Computer-Assisted Implant Planning and Placement in Partially Edentulous Patients. Part 4: Accuracy of Implant Placement. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2019; 39: e111–e122.
- 28 Yimarj P, Subbalekha K, Dhaneuan K, Siriwatana K, Mattheos N, Pimkhaokham A. Comparison of the accuracy of implant position for two-implants supported fixed dental prosthesis using static and dynamic computer-assisted implant surgery: A randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2020; 22: 672–678.
- 29 Kühl S, Zürcher S, Mahid T, Müller-Gerbl M, Filippi A, Cattin P. Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24: 763–769.
- 30 Younes F, Cosyn J, De Bruyckere T, Cleymaet R, Bouckaert E, Eghbali A. A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol* 2018; 45: 721–732.
- 31 Kraft B, Frizzera F, de Freitas RM, de Oliveira GJLP, Marcantonio Junior E. Impact of fully or partially guided surgery on the position of single implants immediately placed in maxillary incisor sockets: A randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2020; 22: 631–637.
- 32 Wei SM, Li Y, Deng K, Lai HC, Tonetti MS, Shi JY. Does machine-vision-assisted dynamic navigation improve the accuracy of digitally planned prosthetically guided immediate implant placement? A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2022; 33: 804–815.

- 33 Sun TM, Lee HE, Lan TH. Comparing Accuracy of Implant Installation with a Navigation System (NS), a Laboratory Guide (LG), NS with LG, and Freehand Drilling. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17.
- 34 Kaewsiri D, Panmekiate S, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2019; 30: 505–514.
- 35 Lou F, Rao P, Zhang M, Luo S, Lu S, Xiao J. Accuracy evaluation of partially guided and fully guided templates applied to implant surgery of anterior teeth: A randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2021; 23: 117–130.