

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA– NÍVEL  
MESTRADO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA –  
RADIOLOGIA

PIETRA RODRIGUES ANTONELLO

**CONCEPÇÃO DE UM COEFICIENTE DE CORREÇÃO PARA AVALIAÇÃO  
RADIOGRÁFICA DA CRISTA ÓSSEA ALVEOLAR. UM ESTUDO PILOTO**

Porto Alegre, RS

2023

**Pietra Rodrigues Antonello**

**CONCEPÇÃO DE UM COEFICIENTE DE CORREÇÃO PARA AVALIAÇÃO  
RADIOGRÁFICA DA CRISTA ÓSSEA ALVEOLAR. UM ESTUDO PILOTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Clínica Odontológica, Ênfase em Radiologia e Imaginologia Odontológica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, RS), como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Clínica Odontológica/Radiologia**.

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luís Dias da Silveira

Porto Alegre, RS

2023

Dados de catalogação-na-publicação:

Antonello, Pietra

Concepção de um coeficiente de correção para avaliação radiográfica da crista óssea alveolar. Um estudo piloto / Pietra Antonello. -- 2023.

50 f.

Orientador: Heraldo Luís Dias da Silveira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, , Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Elaborar um coeficiente de correção para avaliação radiográfica da crista óssea alveolar.. 2. Avaliar a influência da angulação vertical na avaliação da COA;. 3. Avaliar a influência da resolução de escaneamento na avaliação da COA;. 4. Avaliar a influência do uso dos filtros na avaliação de altura da COA. I. Dias da Silveira, Heraldo Luís, orient. II. Título.

**Pietra Rodrigues Antonello**

**CONCEPÇÃO DE UM COEFICIENTE DE CORREÇÃO PARA AVALIAÇÃO  
RADIOGRÁFICA DA CRISTA ÓSSEA ALVEOLAR. UM ESTUDO PILOTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Clínica Odontológica, Ênfase em Radiologia e Imaginologia Odontológica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, RS), como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Clínica Odontológica/Radiologia**.

**Aprovado em 03 de março de 2023:**

---

**Dr. Heraldo Luís Dias da Silveira (UFRGS)** (Presidente/Orientador)

---

**Dra. Priscila Fernanda da Silveira Tiecher (UFRGS)**

---

**Dr. Eduardo José Gaio (UFRGS)**

---

**Dr. Mathias Pante Fontana (Externo)**

Porto Alegre, RS

2023

À minha avó, Terezinha, por sempre me incentivar a continuar estudando. Por ser essencial em minha vida, minha guia e motivação diária para continuar.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por me dar saúde e sempre estar ao meu lado me guiando e dando forças.

À minha família, aos meus pais e irmãos, pela oportunidade de uma educação como prioridade, por todo amor, união e suporte para concluir mais uma etapa e seguir no rumo que escolhi trilhar. Ao meu namorado, pela cumplicidade, respeito, admiração, palavras semanais de motivação e ser, muitas vezes, a razão. Aos meus amigos, que independente da distância, se fizeram presentes nos mínimos detalhes.

Ao meu orientador, pela oportunidade de ser sua orientada, pela atenção, dedicação e paciência. Também, por todos os ensinamentos compartilhados de forma admirável pautado por um elevado e rigoroso nível científico, e por me guiar nos primeiros passos da pós-graduação.

Aos meus professores da graduação e do programa de pós-graduação, pelos ensinamentos que transcendem os limites da Universidade.

Agradeço também à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, pela excelente qualidade no ensino público e por todos os conhecimentos que adquiri aqui nos anos transcorridos.

A todos àqueles que contribuíram para o meu crescimento e evolução, deixo aqui o meu agradecimento!

## RESUMO

AUTOR: Pietra Rodrigues Antonello

ORIENTADOR: Heraldo Luís Dias da Silveira

A distorção da imagem radiográfica é influenciada pela angulação vertical. A igual sobreposição das cúspides vestibular e lingual resulta uma imagem mais próxima do real. O grau de imprecisão pode ser estimado relacionando essas alturas. O objetivo do estudo foi analisar a diferença de altura entre as cúspides na radiografia estabelecendo relações de proporção entre si. Também, elaborar um coeficiente de correção em relação a essa proporção. Realizado no laboratório e aprovado pelo comitê de ética UFRGS. Foram utilizados 21 dentes artificiais, molares e pré-molares, costela bovina. Neles, com auxílio do posicionador, realizadas radiografias interproximais. As angulações verticais utilizadas foram: 0°, +5° e +10°, e processadas em três pl/mm: 20, 25 e 40. À cada imagem, além da original, foi aplicada o filtro Perio. Assim, 18 imagens analisadas por 3 especialistas, resultando em 252 medições para cada avaliador, totalizando 756 medidas. Os resultados mostraram que a variabilidade total das medidas é, principalmente, explicada pela variação anatômica dos dentes. O método que mais se aproximou do real, para cúspide e crista óssea alveolar (COA), foi 0° 25 pl/mm Filtro Perio. O fator de correção conseguiu explicar 71,45% dos erros. Assim, a variação da angulação vertical interfere nas medidas das cúspides e COA, a angulação em 0° e resolução espacial de 25 pl/mm apresentaram melhores resultados. A utilização dos coeficientes de correção se aproximou dos valores reais.

**Palavras-chave:** Radiografia Interproximal. Dente Molar. Dente Pré-Molar. Raios-x. Radiografia Dentária Digital. Medidas de Correlação.

## ABSTRACT

AUTHOR: Pietra Rodrigues Antonello

ADVISOR: Heraldo Luís Dias da Silveira

Distortion of the radiographic image is influenced by the vertical angulation. The equal overlapping of the buccal and lingual cusps results in an image closer to reality. The degree of inaccuracy can be estimated by relating these heights. The aim of the study was to analyze the difference in height between the cusps on the radiograph, establishing relationships of proportion between them. Also, elaborate a correction coefficient in relation to this proportion. Performed in the laboratory and approved by the UFRGS ethics committee. Twenty-one artificial teeth, molars and premolars, bovine ribs were used. With the aid of the positioner, interproximal radiographs were taken. The vertical angles used were: 0°, +5° and +10°, and processed in three lp/mm: 20, 25 and 40. The Perio filter was applied to each image, in addition to the original one. Thus, 18 images were analyzed by 3 specialists, resulting in 252 measurements for each evaluator, totaling 756 measurements. The results showed that the total variability of the measurements is mainly explained by the anatomical variation of the teeth. The method that came closest to reality, for cusp and alveolar bone crest (ABC), was 0° 25 lp/mm Perio Filter. The correction factor managed to explain 71.45% of the errors. Thus, the variation of the vertical angulation interferes with the measures of the cusps and ABC, the angulation at 0° and spatial resolution of 25 lp/mm presented better results. The use of correction coefficients approached the actual values.

**Keywords:** Radiography, Bitewing. Molar. Bicuspid. X-Rays. Radiography, Dental, Digital. Correlation Measures.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Análise da crista óssea alveolar .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2</b>	<b>Recursos da radiografia digital .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3</b>	<b>Dificuldade na avaliação da crista óssea alveolar .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4</b>	<b>Avaliação da qualidade dos exames radiográficos .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>19</b>
	<b>ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP .....</b>	<b>23</b>
	<b>ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> <b>.....</b>	<b>24</b>
	<b>ANEXO C – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO (COI).....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

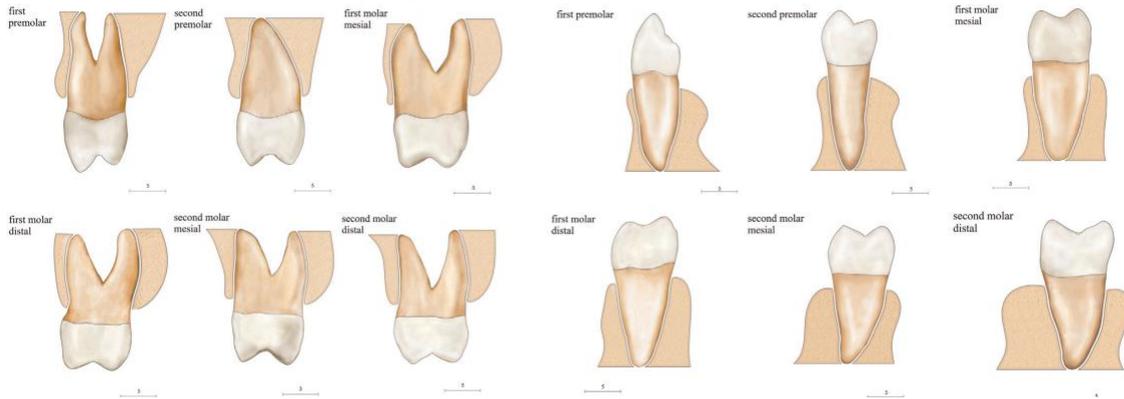
Uma correta e precisa medição da altura e espessura do osso alveolar é de grande importância clínica. Essa influi no tratamento periodontal, ortodôntico, planejamento de implantes, dentre outras tomadas de decisão. Altura, espessura, volume e qualidade do osso alveolar desempenham um papel crucial. Em 2018 no *EuroPerio Conference*, conferência mundial de periodontia e implantodontia organizada pela Federação Europeia de Periodontia, em Amsterdam, reafirmou-se a importância e impacto que o exame por imagem e utilização das radiografias tem nessa área(1).

### 1.1 Análise da crista óssea alveolar

A estrutura óssea que contém os alvéolos dentários e dá suporte aos dentes, é denominada processo alveolar. Em conjunto com o cimento radicular e o ligamento periodontal, o osso alveolar constitui o aparelho de inserção dos dentes, cuja função principal é distribuir e absorver as forças. É composto por tábuas corticais, porção central esponjosa e osso que delimita os alvéolos e se unem na crista alveolar. Esse se desenvolve em associação com o desenvolvimento e a erupção dos dentes e é gradativamente reabsorvido quando os dentes são perdidos. Além disso, as características morfológicas do processo alveolar estão relacionadas ao tamanho e à forma dos dentes, aos eventos que ocorrem durante a sua erupção, assim como à inclinação dos dentes erupcionados. (2,3)

As dimensões do processo alveolar variam em cada região da maxila e mandíbula (2,4,5). Na maxila, a espessura do osso alveolar na região de pré-molares pode variar de 0,9mm a 4,3mm e na região de molares 1,34 mm a 7,72 mm. Já na região de mandíbula, a região dos pré-molares variam de 0,6 mm a 4,8 mm e os molares de 1,58mm a 9,18 mm (2). (Figura 1)

Figura 1– Variação nas dimensões do processo alveolar nas diferentes regiões da maxila e mandíbula



Fonte: (Shafizadeh M, Tehranchi A, Shirvani A, Motamedian SR, 2021, p. 13).

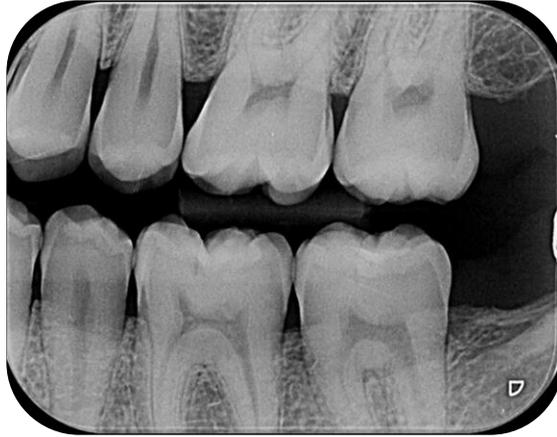
A distância entre a junção cimento-esmalte (JCE) e a crista óssea alveolar (COA) é usada como ponto de partida para estimar a perda de osso alveolar. Em situações clínicas, é possível medir a altura do osso alveolar e associar com outros critérios com o auxílio da imagem radiográfica, como ausência da lâmina dura e morfologia da crista óssea. Esses diferentes critérios de diagnóstico devem ser observados para considerar a presença de perda óssea. (3,6)

Em situações clínicas é possível mensurar se o espaço biológico foi infringido. Esse espaço compreende a distância entre o fundo do sulco gengival histológico e a crista óssea alveolar, desconsiderando o epitélio histológico (3). Essas distâncias foram mensuradas e obtiveram as seguintes distâncias médias no espaço biológico periodontal: sulco histológico (0,69 mm), epitélio juncional (0,97 mm) e inserção do tecido conjuntivo (1,07 mm), totalizando 2,73 mm (7).

A radiografia é uma ferramenta de inestimável valor no auxílio do diagnóstico de doença periodontal (8,9). O percentual de erros radiográficos intrabucais varia entre os estudos (10). Isso pode ser explicado pela diferente técnica empregada, uso de posicionador, ao tipo de cone de raios X e também à avaliação do pesquisador (11).

Ao interpretar uma radiografia há dois tipos de osso alveolar que podem ser identificados: osso cortical e osso esponjoso. O osso alveolar circunda o dente até o nível aproximado de 1,5 mm apicalmente à junção cimento-esmalte. A borda coronária do osso é chamada de crista alveolar (Figura 2). (3,12)

Figura 2- Radiografia interproximal com uso do posicionador radiográfico



Fonte: (Banco de imagens setor de radiologia UFRGS, 2021).

Dentre as diferentes técnicas intraorais, as interproximais, são fundamentais para avaliação do osso alveolar, podendo confirmar a existência e o grau (inicial, moderada e severa) da perda óssea e, ainda possibilitam a comparação com exames futuros, verificando assim a evolução ou não da perda óssea. Essa tem como característica ser de fácil manipulação e rapidez na execução, além de proporcionar grau de distorção mínimo (8,12,13). A mensuração da COA, em radiografia interproximal, é mais equivalente em relação às medidas de sondagem periodontal e representa maior confiabilidade entre os parâmetros clínicos e radiográficos quando comparada com as técnicas radiográficas periapical e panorâmica. Além disso, as diferenças nas medidas da distância entre a junção cimento-esmalte e a crista alveolar na mesma unidade dentária mostra a radiografia interproximal superior à periapical com técnica do paralelismo (10,12,13).

A técnica interproximal pode ser executada com aleta e posicionadores, dando suporte para os filmes/receptores radiográficos para orientação do cilindro. Assim, auxiliando o examinador no posicionamento do cabeçote do aparelho de raios X, com relação ao ajuste dos ângulos verticais e horizontais e da área de incidência do feixe e melhoram a relação do filme com o longo eixo do dente (12,13).

A radiografia deve apresentar condições básicas de qualidade. Para isso, a técnica deve ser executada dentro das normas recomendadas, exibindo detalhe, densidade e contraste apropriados, para então poder ser interpretada. Essa sofre influência de fatores como quilovoltagem (kVp), miliamperagem (mAs), tempo de exposição, filtros e colimadores adequados a técnica tomada escolhida (considerando os princípios geométricos de formação da imagem).

A fim de medir a distância da JCE-COA, quando associados a uma radiografia de boa qualidade, pode-se utilizar paquímetros digitais, régua, compasso e programas de medição digital (14). Os paquímetros digitais e programas de computador medem essa distância com maior precisão quando comparados a medição com réguas e compassos (15). Na avaliação realizada entre a distância da JCE-CA na dentição decídua com paquímetro digital e um programa digital, concluiu-se que tanto um quanto o outro apresentavam boa confiabilidade, já que se mostraram reproduzíveis, apresentando boa concordância intra e inter-examinadores (coeficientes de correlação intra-classe maiores que 0,85). Entretanto, houve diferença nas medições entre os dois métodos. Porém, apesar desta ser estatisticamente significativa, a mesma foi considerada clinicamente irrelevante. (14,15)

## 1.2 Recursos da radiografia digital

Devido aos avanços em termos de tecnologia digital dos aparelhos e informática, tornou-se possível a utilização dos receptores de imagens digitais. A tecnologia digital dentro da radiologia odontológica trouxe inúmeros benefícios como maior sensibilidade, a possibilidade de realizar cópias das imagens sem expor o paciente, novamente, à radiação X, eliminação de processamento químico, aperfeiçoamento no processo digital, facilidade de armazenamento, visualização instantânea da imagem, possibilidade de manipulação das imagens (12).

Há dois sistemas radiográficos intraorais principais disponíveis comercialmente: o primeiro baseia-se em dispositivos de estado sólido, como o CCD (*Charge-Coupled Devices*) ou o CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), os quais são sistemas diretos. O outro, baseia-se em um sistema de armazenamento de fósforo (PSP ou *Photostimulable Phosphor Plate*), considerado semi-direto. (12)

Aziman, Hellén-Halme e Shi (2019) compararam a qualidade subjetiva da imagem dos sensores CCD e CMOS, avaliando radiografias bitewing, de modo que não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa, corroborando com estudo anteriormente realizado por Paurazas et al. (2000). No entanto, a quantidade de dose de radiação utilizada no sistema CMOS é 20–25% menor, requerendo menos energia e uma vida útil mais longa (16,17). No entanto, há variação significativa na qualidade da imagem entre os CMOS principalmente no nível de ruído e a resolução de baixo contraste (18). A rigidez dos receptores diretos promove dificuldades para correto posicionamento dos mesmos na boca do paciente, causando desconforto e muitas vezes gerando necessidade de repetições das aquisições, assim, perdendo a vantagem do menor tempo de exposição (19).

Ikuta e Salzedas (2018) compararam os dois sistemas digitais de radiografias intraorais, PSP e CMOS. O sistema CMOS apresentou imagem final com uma sombra radiopaca generalizada e sua área de imagem é menor quando comparada ao sistema PSP. Contudo, a placa de fósforo, apesar do seu alto custo de implementação, foi considerado o sistema mais confortável ao paciente. Quando comparado o sistema PSP e o dispositivo de carga acoplada (CCD) pode-se perceber que a qualidade da imagem e realização da técnica, principalmente angulação, o PSP foi superior ao CCD, entretanto, o CCD foi mais eficiente em relação ao tempo. (20)

Receptores de imagem PSP têm sido mais utilizados, devido a sua menor espessura e maior flexibilidade. Entretanto, o PSP é extremamente sensível e susceptível a arranhões e marcas de mordidas, os quais são danos irreversíveis (12,19). Não só, apresentam ampla escala dinâmica, ou seja, independente do tempo de exposição, são obtidas radiografias de qualidade aceitável para o diagnóstico (21).

A manipulação das imagens digitais abrangem diversos recursos como a mensuração de distâncias e de ângulos, inversão de contraste, avaliação de densidade, alteração de brilho e de contraste (22). Com o uso adequado de *softwares*, no processamento da imagem ainda podem ser usados filtros específicos (*fine, caries, endodontic, periodontal*) e zoom, melhorando a qualidade da imagem e auxiliando na interpretação radiográfica e no diagnóstico de patologias orais. Essas ferramentas podem melhorar ou ajudar a interpretação radiográfica de diversas patologias, porém, se aplicadas de forma inadequada, podem degradar a imagem e prejudicar a capacidade diagnóstica (23–25).

A utilização de filtros presentes nos *softwares* dos sistemas digitais pode ajudar na detecção de lesões e seu efeito na acurácia pode variar entre os sistemas e entre os observadores no mesmo sistema (23,26,27). Estudo realizado utilizando o sistema de filtros do *software VistaScan* (Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Alemanha) observou-se os mesmos não influenciam na acurácia diagnóstica das lesões periapicais mas as lesões maiores foram encontradas com maior frequência (28).

Os receptores digitais possuem como uma de suas propriedades de formação de imagem, a capacidade de distinguir com precisão e detalhes uma imagem radiográfica, conhecida como Resolução Espacial a qual, é mensurada através de pares de linha por milímetro (pl/mm)(12). Os sistemas radiográficos intra orais digitais e convencionais possuem valores similares quando se refere a resolução espacial máxima, 25 pl/mm (29). Ferreira et al. (2019) em seu estudo sobre o efeito das diferentes resoluções espaciais para o sistema de receptores indiretos na detecção de lesões de cáries proximais, concluiu que a

variação do pl/mm é capaz de influenciar na detecção de cáries proximais incipientes (30). Para a aquisição da imagem digital, tamanho do pixel e profundidade do bit são determinantes para a resolução espacial e de contraste. Quanto menor o tamanho do pixel, maior a resolução espacial e quanto maior a profundidade do bit, maior a resolução do contraste (31).

### 1.3 Dificuldade na avaliação da crista óssea alveolar

Dentre as técnicas radiográficas periapicais, a do paralelismo é mais eficiente quando comparada a da bissetriz, ainda assim, por limitações da técnica apresenta deficiências quanto a nitidez para a observação de perda óssea incipiente. Já, a técnica radiográfica interproximal ou *bite-wing* é mais próxima do padrão ouro quando comparada às técnicas periapicais para avaliação da altura óssea alveolar. A técnica radiográfica interproximal com posicionadores minimiza o incorreto diagnóstico da altura da crista óssea alveolar, por auxiliar na obtenção de adequada angulação vertical. (12,13)

Embora a técnica *bite wing* seja eficaz para avaliar a perda óssea alveolar, as radiografias possuem como limitação apresentar imagens em duas dimensões de uma estrutura tridimensional, assim, com ausência de profundidade e suscetível sobreposição das estruturas nas imagens radiográficas (32). Considerando atividade da doença periodontal, o diagnóstico apenas da altura da crista óssea alveolar na radiografia não é suficiente como método único, uma vez que ela mostra apenas as consequências das alterações periodontais nos tecidos, sendo necessária avaliação clínica, como a sondagem periodontal. Além disso, Cortelli et al. (2004) ressaltam a importância da utilização de posicionadores interproximais para a padronização radiográfica, assim, aumentando consideravelmente o correto potencial diagnóstico nas radiografias, diminuindo os erros de alinhamento e oscilação vertical (33).

A distorção da imagem radiográfica pode ser influenciada por inúmeros fatores. Dentre eles está a angulação vertical do feixe de raios X, cuja influência na qualidade geométrica da imagem radiográfica é conhecida: angulação vertical excessiva resulta em encurtamento da imagem, enquanto angulação vertical insuficiente resulta em alongamento da imagem (12). Assim, uma incorreta angulação vertical pode acarretar em uma altura radiográfica da crista óssea alveolar diferente da real (34).

Jenkins, Dummer e Comber (1995) investigaram o efeito da angulação do feixe de raios-X nas imagens radiográficas de crânios humanos, utilizando a medição da distância entre a junção amelo-cementária e a crista óssea alveolar como critério para diagnóstico. As tomadas radiográficas foram feitas com angulagem vertical 0, 10 e 20 graus positivos e negativos. Os resultados mostraram que a distância entre a junção amelo-cementária aparente

e a crista óssea aparente (radiográficas) foi significativamente reduzida em relação ao valor em 0 ao variar a angulação do feixe na direção vertical. (35)

Mehdizadeh, Amintavakoli e Allahverdi (2006), avaliaram o efeito de diferentes ângulos verticais de raios-X (0, -10 e +10 graus) em técnicas interproximais no diagnóstico da perda de altura da crista óssea alveolar em crânios. Os resultados mostraram que, embora a avaliação radiográfica subestime a perda óssea em relação à avaliação clínica, a angulação vertical zero foi a que mais se assemelhou com as medidas clínicas. (36)

#### **1.4 Avaliação da qualidade dos exames radiográficos**

Uma radiação é considerada ionizante quando possui energia suficiente para ionizar átomos (12). A expressão ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), em tradução livre, “tão baixo quanto razoavelmente exequível” foi criada em 1977 pela Comissão Internacional de Proteção contra a Radiação (CIPR) com o objetivo de minimizar as doses de exposição de pacientes e de operadores à radiação. Dessa forma, a responsabilidade de decidir a técnica radiográfica mais adequada às necessidades clínicas do paciente é do Cirurgião-Dentista, justificando que a exposição à radiação ionizante é capaz de coletar informações que levem ao diagnóstico. (37)

Em dentes posteriores, quando há igual sobreposição das cúspides vestibular e lingual, considera-se que a imagem demonstra suas posições corretas em relação ao processo alveolar, ou seja, que não há incorreta angulação vertical na radiografia. Assim, uma forma de evitar a repetição desnecessária da radiografia, quando o foco é avaliar a altura da COA, é analisar a diferença de altura entre as cúspides vestibular e lingual na radiografia estabelecendo relações de proporção entre si e entre a crista óssea. (12)

Hausmann et al. (1989) observou que o grau de imprecisão das medidas de altura da crista óssea alveolar estava relacionado à magnitude do desvio angular vertical do feixe de raios-X. Esse pode ser estimado a partir de um cálculo relacionando as alturas entre as cúspides lingual e vestibular. Utilizou-se a técnicas *bite wing* e periapical com angulações verticais iniciais perpendiculares ao objeto (90°) e, posteriormente, desviava-se o feixe em 10°, 20° e 30° da linha de base de 90°. Os cálculos para a altura da crista consideraram a ponta da cúspide lingual até a JCE em relação a ponta da cúspide vestibular até a JCE. Os autores determinaram, com base nos escores de altura da cúspide, que a angulação do feixe de raios-x para radiografias interproximais em posteriores foi inferior à ocorrida na técnica periapical. Assim, o exame mais indicado para a avaliação dos níveis da COA é o interproximal.(38)

Existem diferentes metodologias capazes de estimar e calcular a distância entre a JCE e a COA, principalmente quanto ao diagnóstico de perda óssea. Com a finalidade de evitar fazer uma nova tomada radiográfica para o estabelecimento da medida correta da crista óssea alveolar é possível estabelecer uma relação de proporção para determiná-la. Gomes Filho et al. (2004) realizaram dois métodos para obtenção da medida da COA à JCE: paquímetro digital e em imagem digitalizada pela técnica indireta. Concluiu-se que não existiu diferença estatisticamente significativa entre as médias das medidas da região de molares superior, já na região de molares inferiores, houve significância estatística na diferença entre a média da medida JCE/COA quando comparados os dois métodos digitais.(39)

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Elaborar um coeficiente de correção para avaliação radiográfica da crista óssea alveolar.

### **2.2 Específicos**

1. Avaliar a influência da angulação vertical na avaliação da COA;
2. Avaliar a influência da resolução de escaneamento na avaliação da COA;
3. Avaliar a influência do uso dos filtros na avaliação de altura da COA.

### 3 ARTIGO CIENTÍFICO

Formatado de acordo com as regras da Clinical Oral Investigations (COI)

#### RESEARCH ARTICLE

#### Development of a correction coefficient for radiographic evaluation of the alveolar bone crest: a pilot study

<sup>1</sup>Pietra Rodrigues Antonello

<sup>1</sup> Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Dental School, Porto Alegre, Brazil

*Objectives:* To analyze the differences in cusp height on radiographs, establishing proportional relationships between cusp and alveolar bone crest (ABC) measurements. The primary goal of this study was to develop a correction coefficient by considering this proportion. *Materials and Methods:* Twenty-one artificial teeth, molars and premolars, and bovine ribs were used. Interproximal radiographs were taken with the aid of a positioner. The vertical angles used were: 0°, +5°, and +10°, and processed using three lp/mm resolutions: 20, 25 and 40. The Perio filter was applied to each image, in addition to the original one. Combinations of angle, resolution, and filter were made. Eighteen images were analyzed by three specialists, resulting in 252 measurements for each evaluator, totaling 756 measurements. *Results:* The overall variability of the measurements can be explained mainly by the variation in tooth anatomy. The 0° 25 lp/mm Perio filter method was the closest one to the actual clinical scenario for both cusps and ABC. The correction factor managed to explain 71.45% of the errors. *Conclusions:* The variation in vertical angulation interferes with cusp and ABC measurements, and the angulation at 0° and spatial resolution of 25 lp/mm showed better results. The use of correction coefficients allowed approaching actual measurement values. *Clinical relevance:* More accurate ABC height measurements are essential even in radiographic exams that do not meet the standard of excellence because the need to repeat radiographic exams is then eliminated.

**Keywords:** Radiography, Bitewing; Molar; Bicuspid; X-Rays; Radiography, Dental, Digital; Correlation Measures.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo apresenta algumas limitações uma vez que se trata de um estudo laboratorial, não possuindo os fatores inerentes ao paciente. No entanto, o estudo permitiu isolar e controlar variáveis conseguindo comparar diferentes parâmetros e elaborar coeficientes de correção entre cúspides e COA.

## REFERÊNCIAS

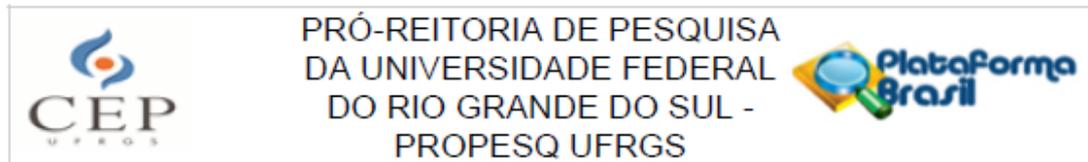
1. G. Caton J, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, S. Kornman K, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions – Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol*. 2018;45(March):S1–8.
2. Shafizadeh M, Tehranchi A, Shirvani A, Motamedian SR. Alveolar bone thickness overlying healthy maxillary and mandibular teeth: A systematic review and meta-analysis. *Int Orthod [Internet]*. 2021 Sep;19(3):389–405.
3. Lindhe J, Lang NP KT. *Tratado de periodontia clínica e implantologia oral*. 5<sup>a</sup>ed. Editora Guanabara Koogan, editor. Rio de Janeiro; 2010.
4. Li Y, Deng S, Mei L, Li J, Qi M, Su S, et al. Accuracy of alveolar bone height and thickness measurements in cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019;128(6):667–79.
5. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JYK, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;132(4):428.e1-428.e8.
6. Soares D, Andrade C De, Pinto AR, Seabra M, Macho V. Doenças da gengiva e periodonto em crianças e adolescentes. *Acta Pediatr Port*. 2008;40(1):23–9.
7. GARGIULO AW, WENTZ FM, ORBAN B. Mitotic activity of human oral epithelium exposed to 30 per cent hydrogen peroxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1961 Apr;14:474–92.
8. Mariléa Portes de Mendonça; Marcio Eduardo Vieira, Falabella. *Análise Radiográfica Interproximal de Perda Óssea Alveolar em Crianças e Adolescentes*. 2007;
9. Zanatta FB, Giacomelli BR, Dotto PP, Fontanella VRC RC, Observations. Comparison of different methods involved in the planning of clinical crown lengthening surgery. *Braz Oral Res*
10. Patel JR. Intraoral radiographic errors. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1979;48(5):479–83.
11. Helminen SE, Vehkalahti M, Wolf J, Murtomaa H. Quality evaluation of young adults' radiographs in Finnish public oral health service. *J Dent*. 2000;28(8):549–55.
12. White, S.C. and Pharoah, M.J. (2009) *Oral Radiology Principles and Interpretation*. 6th Edition, Mosby, St. Louis, 175-190, 221-222.
13. Cortelli JR, Moraes LC de, Dotto PP, Dotto GN. Equivalencia entre parametros clinicos e

- radiograficos na mensuracao do nivel de insercao conjuntiva. Rev Odontol da UNICID
14. Sallé SNT. Avaliação da distância entre a junção cimento-esmalte e a crista alveolar em molares decíduos. 2007;
  15. Da Silva Pierro VS, De Souza IPR. Alveolar bone loss in the primary dentition: State of the art. *J Clin Pediatr Dent*. 2005;29(2):139–42.
  16. Dehghani M, Barzegari R, Tabatabai H, Ghanea S. Diagnostic Value of Conventional and Digital Radiography for Detection of Cavitated and Non-Cavitated Proximal Caries. *J Dent (Tehran) [Internet]*. 2017;14(1):21–30.
  17. Paurazas SB, Geist JR, Pink FE, Hoen MM, Steiman HR. Comparison of diagnostic accuracy of digital imaging by using CCD and CMOS-APS sensors with E-speed film in the detection of periapical bony lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2000;89(3):356–62.
  18. Hellén-Halme K, Johansson C, Nilsson M. Comparison of the performance of intraoral X-ray sensors using objective image quality assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*
  19. Dayo AF, Wolff MS, Syed AZ, Mupparapu M. Radiology of Dental Caries. *Dent Clin North Am*. 2021;65(3):427–45.
  20. Zhang W, Huynh C, Jadhav A, Pinales J, Arvizu L, Tsai J, et al. Comparison of Efficiency and Image Quality of Photostimulable Phosphor Plate and Charge-Coupled Device Receptors in Dental Radiography. *J Dent Educ*. 2019;83(10):1205–12.
  21. Cowen AR, Workman A, Price JS. Physical aspects of photostimulable phosphor computed radiography. *Br J Radiol*. 1993;66(784):332–45.
  22. Munksgaard B. Imaging methods in periodontology. *Periodontol 2000*. 2004;34:34–48.
  23. Haiter-Neto F, Spinelli Casanova M, Frydenberg M, Wenzel A. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*
  24. Wenzel A. A review of dentists' use of digital radiography and caries diagnosis with digital systems. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2006;35(5):307–14.
  25. White SC, Pharoah MJ. The Evolution and Application of Dental Maxillofacial Imaging Modalities. *Dent Clin North Am*. 2008;52(4):689–705.
  26. Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from seven solid-state receptors with particular focus on task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human

- teeth. *Clin Oral Investig.* 2008;12(3):217–23.
27. da Silveira Tiecher PF, Assein Arús N, Adams Hilgert E, Dias da Silveira HE, Pante Fontana M, Dias da Silveira HL, et al. Exploring digital filters for internal root resorption: how can we improve the diagnosis of small lesions? *Dentomaxillofac Radiol.* 2022 May;51(4):20210314.
  28. Brasil DM, Yamasaki MC, Santaella GM, Guido MCZ, Freitas DQ, Haiter-Neto F. Influence of Vistascan image enhancement filters on diagnosis of simulated periapical lesions on intraoral radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48.
  29. Farman AG, Farman TT. A comparison of 18 different x-ray detectors currently used in dentistry. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2005;99(4):485–9.
  30. Ferreira LM, Queiroz PM, Santaella GM, Wenzel A, Groppo FC, Haiter-Neto F. The influence of different scan resolutions on the detection of proximal caries lesions. *Imaging Sci Dent.* 2019;49(2):97–102.
  31. ALMEIDA SM de, OLIVEIRA AEF de, PAGANINI GA, HAITER NETO F, BÓSCOLO FN. Avaliação da qualidade das imagens digitais adquiridas com diferentes resoluções em um sistema de armazenamento de fósforo. *Pesqui Odontológica Bras.* 2000;14(3):262–7.
  32. Conde Jogaib J, Gasparini Netto A, Mansur Caetano R, Figueiredo Mendes M. Radiographic methods of localization: bypassing the limitations of the bidimensionality. *Cad UniFOA.* 2013;95–8.
  33. Cotelli JR, Souza DM de, Dotto PP, Dotto GN, Neto LB. Avaliação clínica e radiográfica do nível ósseo-alveolar em crânios humanos. *Clínical and radiographic evaluation of alveolar bone level in human skulls.* *Rev da Fac Odontol - UPF [Internet].* 2004;9(1).
  34. Ferrão Junior JTavano OSilva P. Influência da variação da técnica radiográfica na leitura da imagem radiográfica digital nas avaliações das reabsorções ósseas alveolares interproximais. 2009;12–42.
  35. JENKINS SM, DUMMER PMH, NEWCOMBE RG. Radiographic amelocemental junction and alveolar crest: effect of X-ray beam angulation. *J Oral Rehabil.* 1995;22(9):679–84.
  36. Mehdizadeh M, Amintavakoli M, Allahverdi M. The Effect of X – Ray Vertical Angulation on Radiographic Assessment of Alveolar Bone Loss. *Dent Res J (Isfahan).* 2006;2(2):1–5.

37. Lurie AG. Doses, Benefits, Safety, and Risks in Oral and Maxillofacial Diagnostic Imaging. *Health Phys.* 2019;116(2):163–9.
38. Hausmann E, Allen K, Christersson L, Genco RJ. Effect of x-ray beam vertical angulation on radiographic alveolar crest level measurement. *J Periodontal Res.* 1989;24(1):8–19.
39. Suzart I, Filho G, Miranda DAO. Emprego De Dois Métodos Digitais Na Análise Da Distância Entre a Junção Cimento-Esmalte E a Crista Óssea Alveolar Em Exames Radiográficos. 2004. p. 117–34.

## ANEXO A – PARECER SUBSTANCIADO DO CEP



**Considerações Finais a critério do CEP:**

Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1833029.pdf	25/11/2021 07:59:04		Aceito
Parecer Anterior	CartaSubstancialAoCEP.pdf	25/11/2021 07:58:33	PIETRA RODRIGUES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoCOIA.pdf	18/11/2021 08:37:31	PIETRA RODRIGUES ANTONELLO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLECOIA.pdf	18/11/2021 08:37:16	PIETRA RODRIGUES ANTONELLO	Aceito
Outros	CartaconviteCDemail.pdf	12/11/2021 08:37:03	PIETRA RODRIGUES	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	04/10/2021 21:52:03	PIETRA RODRIGUES	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

PORTO ALEGRE, 29 de Novembro de 2021

## ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### ANEXO I

#### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado (a) Senhor (a):

Você está sendo convidado (a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decida a participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade.

O objetivo do estudo será avaliar a influência da angulação vertical na avaliação de crista óssea alveolar e desenvolver um modelo computacional com Inteligência Artificial capaz de estimar a altura da crista óssea alveolar em imagens radiográficas fora do padrão de excelência.

Ao participar dessa pesquisa, você responderá a um questionário com perguntas que abordam opções de diagnóstico baseadas em arquivos JPEG. Serão 18 radiografias para análise e ocorrerá em duas avaliações com intervalos de um mês entre elas. Assim, avaliando de forma quantitativa, a medição da altura da COA em milímetros, por meio do programa ImageJ, software livre, destinado ao processamento de imagens, desenvolvido no National Institutes of Health (NIH, Bethesda, EUA). Todas as informações necessárias para realizar o download serão fornecidas aos participantes no momento do compartilhamento das imagens. O tempo destinado a responder ao questionário é estimado em 35 minutos. O projeto foi avaliado pelo CEP-UFRGS, órgão colegiado, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, cuja finalidade é avaliar, emitir parecer e acompanhar os projetos de pesquisa envolvendo seres humanos, em seus aspectos éticos e metodológicos, realizados no âmbito da instituição.

Os riscos decorrentes da sua participação na pesquisa são mínimos. Os riscos estão relacionados àqueles questionários eletrônicos e quando usa o seu computador pessoal, havendo o risco potencial de vazamento de dados. O participante tem direito a buscar indenização em função de danos decorrentes de sua participação na pesquisa. Os pesquisadores esclarecem que o preenchimento do questionário é de forma anônima, com a não utilização de campos de identificação pessoal, e sem o registro do seu e-mail ou qualquer informação que possa lhe identificar. Além disso, imediatamente após a conclusão da coleta de dados do estudo, os resultados serão baixados para um dispositivo de

armazenamento de dados externo (HD externo), e deletados integralmente do sistema Google formulários. Além disso, os resultados da pesquisa somente serão publicados de forma agrupada, a fim de manter o completo sigilo dos dados coletados. Há o risco de cansaço durante as análises das imagens, assim, com a finalidade de minimizar, o participante pode interromper as análises e ser retomada em outro momento.

Os benefícios são indiretos, não há benefício direto na participação do estudo, mas a participação contribuirá para maior conhecimento sobre o tema abordado, bem como, este estudo poderá contribuir para a diminuição das repetições de exames radiográficos e, conseqüentemente, da exposição desnecessária do paciente aos raios-X utilizados em diagnóstico de crista óssea alveolar. As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. É da responsabilidade do pesquisador o armazenamento adequado dos dados coletados, bem como os procedimentos para assegurar o sigilo e a confidencialidade das informações do participante da pesquisa. Os dados ficarão sob a responsabilidade do pesquisador responsável no mínimo 5 anos.

A sua participação na pesquisa é voluntária. Você poderá se recusar a participar do estudo, ou desistir de responder ao questionário, a qualquer momento, sem precisar justificar e sem quaisquer prejuízos. Recomendamos que o participante realize o download e guarde uma via do TCLE em seus arquivos pessoais. Todo material da pesquisa será mantido pela pesquisadora principal, em local adequado e seguro (HD externo utilizado somente para esse fim) por pelo menos cinco anos. No entanto, uma vez que o questionário será respondido de forma totalmente anônima, caso você aceite participar e faça o envio de suas respostas, não será possível lhe dar acesso às suas respostas no futuro ou excluir as mesmas da base de dados.

Você não terá nenhum tipo de despesa ao autorizar sua participação nesta pesquisa, bem como nada será pago pela participação.

**Novas informações:** A qualquer momento, o participante poderá requisitar informações sobre o estudo. Caso o participante deseje contato com o CEP, no período de pandemia, deve ser realizado via e-mail.

**Contatos:** Dr. Heraldo Luis Dias da Silveira, [heraldo.silveira@ufrgs.br](mailto:heraldo.silveira@ufrgs.br) e Pietra Rodrigues Antonello [pietraantonello@gmail.com](mailto:pietraantonello@gmail.com). Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, telefone (51) 3308-3738 ou do e-mail [etica@propeq.ufrgs.br](mailto:etica@propeq.ufrgs.br).

Pesquisadores: Pietra Rodrigues Antonello e Heraldo Luis Dias da Silveira (Pesquisador responsável).

R. Ramiro Barcelos, 2492, Porto Alegre/RS CEP: 90035007. Telefone: (51) 33085199.

---

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato: Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS. Av. Paulo Gama, 110, Sala 311. Prédio Anexo I da Retorta - Campus Centro-Porto Alegre/RS Telefone:(51) 3308 3738 E-mail: [etica@propeq.ufrgs.br](mailto:etica@propeq.ufrgs.br).

Horário de Funcionamento: de segunda a sexta, das 08:30 as 12:30 e das 13:30 as 17:30h

---

Assinatura do pesquisador responsável

## ANEXO C – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO (COI)

[Back to top ↑](#)

### Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

### Abstract

Please provide a structured abstract of 150 to 250 words which should be divided into the following sections:

- Objectives (stating the main purposes and research question)
- Materials and Methods
- Results
- Conclusions
- Clinical Relevance

These headings must appear in the abstract.

### Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

[Back to top ↑](#)

## Text

### Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using [Springer Nature's LaTeX template](#).

### Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

### Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

### Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

---

## Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

[Back to top ↑](#)

---

## References

### Citation

Reference citations in the text should be identified by numbers in square brackets. Some examples:

1. Negotiation research spans many disciplines [3].
2. This result was later contradicted by Becker and Seligman [5].
3. This effect has been widely studied [1-3, 7].

### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

The entries in the list should be numbered consecutively.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. "https://doi.org/abc").

- Journal article  
Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

- Article by DOI  
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* <https://doi.org/10.1007/s001090000086>
- Book  
South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics.* Blackwell, London
- Book chapter  
Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics, 3rd edn.* Wiley, New York, pp 230-257
- Online document  
Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
- Dissertation  
Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure.* Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

[ISSN.org\\_LTWA](http://ISSN.org_LTWA)

If you are unsure, please use the full journal title.

Authors preparing their manuscript in LaTeX can use the bibliography style file `sn-basic.bst` which is included in the [Springer Nature Article Template](#).

Back to top 

## Tables

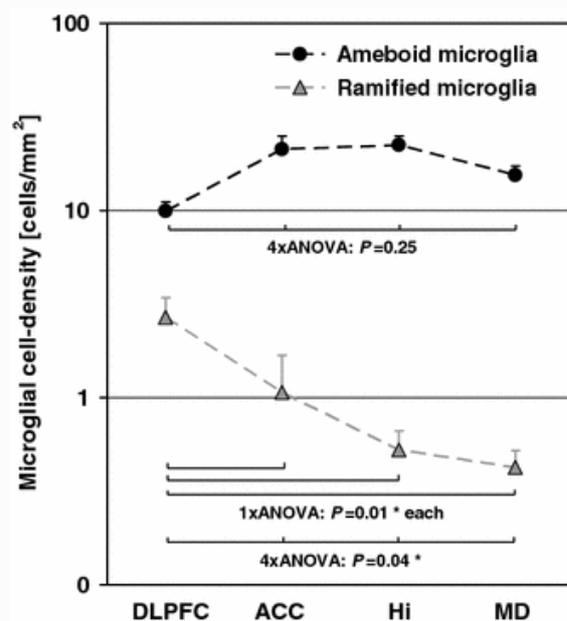
- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

## Artwork and Illustrations Guidelines

### Electronic Figure Submission

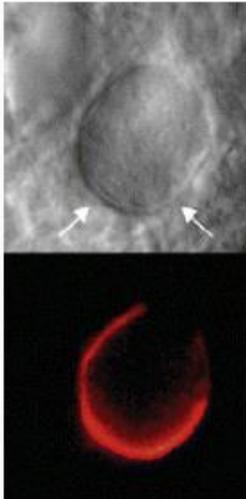
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

### Line Art



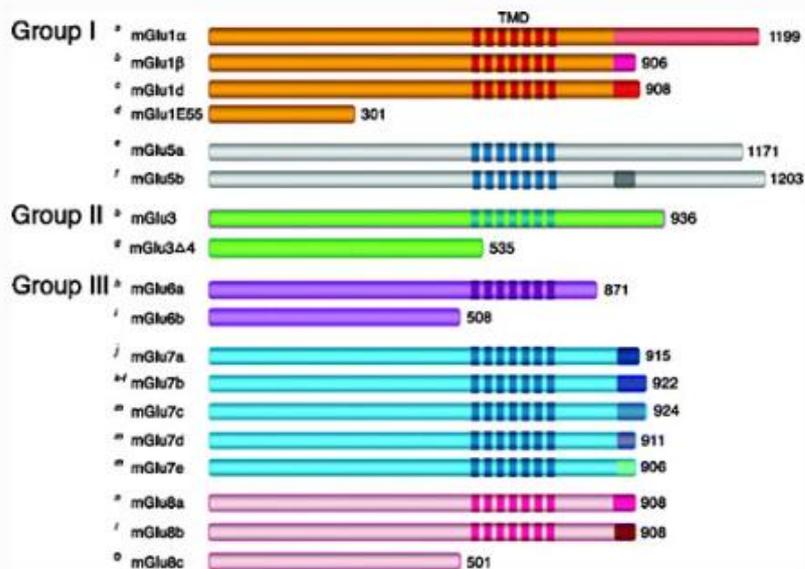
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

## Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

## Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

### **Color Art**

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

### **Figure Lettering**

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

### **Figure Numbering**

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

### **Figure Captions**

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

### **Figure Placement and Size**

- Figures should be submitted within the body of the text. Only if the file size of the manuscript causes problems in uploading it, the large figures should be submitted separately from the text.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

### **Permissions**

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

### **Accessibility**

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

[Back to top ↑](#)

---

## Supplementary Information (SI)

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as Supplementary Information, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

### **Submission**

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.
- High resolution (streamable quality) videos can be submitted up to a maximum of 25GB; low resolution videos should not be larger than 5GB.

### **Audio, Video, and Animations**

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB for high resolution files; 5 GB for low resolution files
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

### **Text and Presentations**

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

### **Spreadsheets**

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

### **Specialized Formats**

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

### **Collecting Multiple Files**

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

### **Numbering**

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM\_3.mpg", "ESM\_4.pdf".

### **Captions**

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

### **Processing of supplementary files**

- Supplementary Information (SI) will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

### **Accessibility**

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

[Back to top ↑](#)

## Editing Services

### English

How can you help improve your manuscript for publication?

Presenting your work in a well-structured manuscript and in well-written English gives it its best chance for editors and reviewers to understand it and evaluate it fairly. Many researchers find that getting some independent support helps them present their results in the best possible light. The experts at Springer Nature Author Services can help you with manuscript preparation—including **English language editing, developmental comments, manuscript formatting, figure preparation, translation**, and more.

[Get started and save 15%](#)

You can also use our free [Grammar Check](#) tool for an evaluation of your work.

Please note that using these tools, or any other service, is not a requirement for publication, nor does it imply or guarantee that editors will accept the article, or even select it for peer review.