

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Odontologia

**COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DENTÁRIOS ENTRE OS APARELHOS
PENDULUM DE HILGERS E *PENDULUM* MODIFICADO**

FERNANDA AROEIRA DE ALMEIDA

Belo Horizonte
2011

Fernanda Aroeira de Almeida

**COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DENTÁRIOS ENTRE OS APARELHOS
*PENDULUM DE HILGERS E PENDULUM MODIFICADO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de concentração: Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Ildeu Andrade Júnior
Co-orientador: Prof. Heloísio Rezende Leite

Belo Horizonte

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

A447c Almeida, Fernanda Aroeira de
Comparação dos efeitos dentários entre os aparelhos *Pendulum* de Hilgers e *Pendulum* modificado / Fernanda Aroeida de Almeida. Belo Horizonte, 2011.
35f.: il.

Orientador: Ildeu Andrade Júnior

Coorientador: Heloísio Rezende Leite

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

1. Cefalometria. 2. Ortodontia. 3. Má oclusão. 4. Aparelhos ortodônticos. I. Andrade Júnior, Ildeu. II. Leite, Heloísio Rezende. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 616.314-089.23

FOLHA DE APROVAÇÃO

*A todos que estiveram ao meu lado, em especial meu pai, minha mãe, minha irmã e
minha avó Glória.*

AGRADECIMENTOS

Olhando para trás vejo que não chegaria ao final sozinha. Faltam palavras para descrever o que sinto neste momento, concluindo mais esta etapa profissional e pessoal. São muitas as pessoas envolvidas que, por estarem ao meu lado durante este processo, ajudando e apoiando a sua maneira, foram essenciais para a realização deste projeto. Sei da sua importância e agradeço de coração.

A todos que contribuíram na realização deste trabalho, expresso aqui a minha gratidão.

Aos professores do curso de Mestrado em Ortodontia da PUC Minas que estiveram ao meu lado durante esses dois anos e meio, pela dedicação ao ensino da ortodontia buscando a excelência. Pela seriedade, por exigirem sempre o máximo do meu esforço e acreditarem em mim. Agradeço também a convivência dentro e fora da Universidade, pela amizade e carinho de todos;

Aos demais professores que participaram da nossa formação no decorrer do curso, que compartilharam seus conhecimentos e auxiliaram sempre quando solicitados;

Ao coordenador do programa de Pós-graduação em Odontologia da PUC Minas, Prof. Martinho Campolina, pelo entusiasmo em tudo que faz. Obrigada também pela realização da parte estatística deste trabalho e por estar sempre disponível a ajudar e esclarecer dúvidas;

Ao coordenador do Mestrado em Ortodontia da PUC - Minas, Prof. Dauro Oliveira, pela extrema dedicação ao curso, exemplo de profissionalismo, paixão pelo conhecimento e sinceridade. A convivência foi extremamente enriquecedora;

Aos funcionários da PUC, que estiveram sempre atentos às nossas necessidades e pela amizade que sempre nos dedicaram;

Ao Alcides e Diego, pela ajuda e boa companhia;

Ao meu orientador, Prof. Ildeu Andrade Jr., por acreditar sempre na concretização deste trabalho. Obrigada por exigir sempre mais e compartilhar sua experiência, me fazendo crescer como pesquisadora, profissional e pessoa.

Ao co-orientador deste trabalho, Prof. Heloísio Leite, pela constante atenção e dedicação durante todo o projeto. Pela capacidade como professor e mão amiga sempre que precisei.

Aos colegas de turma, Alessandra, Daniel, Izabella, Petrus e Raquel, sem vocês não seria a mesma coisa. Sou extremamente grata por estarem ao meu lado nesta caminhada, crescendo intelectualmente e compartilhando alegrias, conquistas e dificuldades. Obrigada pela amizade e por fazerem tudo ficar mais fácil;

Aos colegas da turma X e XII, em especial Cacá, Larissa, Taty, Cybele, Flavinha, Dri e Lucas pela ajuda, conselhos e amizade;

Aos meus pais pelo apoio, principalmente emocional. Por respeitarem minhas opções e acreditarem em minha capacidade. Pelo incentivo e amor incondicional. Obrigada também pelo melhor presente que já me deram na vida, a minha irmã Zazá. Agradeço a ela também. Mesmo longe sempre presente;

Aos meus tios Padu e Didigo por investirem nos meus estudos e na minha profissão. Obrigada pela confiança e carinho;

À minha avó Glória, minha segunda mãe, sempre atenciosa. Obrigada pelo cuidado e doçura;

Aos meus familiares pelo carinho dedicado;

À Edma e Estevinho por deixarem minha casa mais alegre;

À Neguinha, Naza, Seu Joaquim e Charles pela ajuda e atenção;

Aos meus amigos por compreenderem minhas ausências e se preocuparem sempre;

Ao Caê por me ajudar e acompanhar durante todo o caminho;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Muito obrigada.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais retornará ao seu tamanho original.” ALBERT EINSTEIN

“Triste não é mudar de idéia. Triste é não ter idéia pra mudar.”

FRANCIS BACON

RESUMO

O tratamento mais comum para a correção da maloclusão Classe II quando não há uma discrepância esquelética severa, consiste na distalização dos molares superiores. Dentre as estratégias utilizadas para este fim, o *Pendulum* de Hilgers (PH), independe da colaboração do paciente para gerar resultados. Mesmo sendo comprovadamente eficiente e eficaz, apresenta alguns efeitos indesejados, como a inclinação distal de molares superiores e a projeção dos incisivos superiores. Na tentativa de prevenir ou minimizar estes efeitos, um parafuso distal para ativação foi incluído no *Pendulum* original, sendo o novo aparelho denominado *Pendulum* modificado (PM). A literatura apresenta diversos estudos clínicos referentes ao PH e ao PM, porém, até a presente data, parece não existir um estudo que compare os efeitos do PM aos do PH. O objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos dentários do PM aos do PH, avaliando se a inclusão de um parafuso distal produziria efeitos que justificassem seu uso. Foram analisadas telerradiografias em norma lateral iniciais (T1), e logo após a distalização dos molares superiores (T2), de 26 pacientes (12 homens e 14 mulheres, idade média 11.9 anos), provenientes de três clínicas de ortodontia particulares pertencentes a professores da Clínica do Mestrado em Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Os critérios de inclusão foram: (1) maloclusão Classe II segundo Angle, definida por pelo menos uma relação molar de plano terminal reto; (2) segundos molares não erupcionados; (3) sem extrações de dentes permanentes. A inclinação, movimentação horizontal e vertical dos primeiros molares permanentes superiores e incisivos centrais superiores foram medidas e comparadas entre os grupos. Os resultados demonstraram que ambos os aparelhos distalizaram e inclinaram distalmente o primeiro molar superior, entretanto, não houveram diferenças estatisticamente significantes entre eles ($p \leq 0.05$). A projeção do incisivo superior foi significativamente maior com o PM, no entanto, não foram observadas diferenças estatísticas quando os grupos foram comparados. Não houve extrusão de molares superiores em nenhum dos grupos. Este trabalho sugere que os aparelhos PH e PM produzem efeitos dentários similares após distalização de molares (T2), apesar da diferença no *design*.

Palavras-chave: Cefalometria. Ortodontia. Má-oclusão.

ABSTRACT

Class II malocclusion is a problem frequently encountered in orthodontic practice. Treatment for this condition, when there is no severe skeletal discrepancy, is to move maxillary molars distally. Among several strategies suggested in literature, the Pendulum appliance introduced by Hilgers (PH) is a noncompliance intraoral appliance used for molar distalization. It has proven satisfactory clinical application, however, gives rise to the following appliance-specific problem: distal tipping of molars crowns and incisors flaring. In an effort to prevent molar tipping and anchorage loss, a distal screw was incorporated into the standard Hilgers' Pendulum, named the Modified Pendulum appliance (PM). The efficacy of both appliances, PH and PM, has been clinically recognized and widely documented, but no study has compared the dental effects generated by these appliances. The aim of this study was to compare the dental effects induced by PH and PM, and to evaluate if the incorporation of a distal screw in the modified appliance was justified. Twenty-six patients (12 boys and 14 girls, mean age 11.9 years) from the private offices of 3 faculty members of the Department of Orthodontics of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais were selected according to the following criteria: (1) all were growing patients with Angle class II malocclusion; (2) all had not yet erupted second molars; (3) all were treated non extraction. Lateral cephalograms were obtained at the start of treatment (T1) and after a super class I was achieved before appliance removal (T2). The sample consisted of two groups: group 1 (n=14) that wore the standard Hilgers' Pendulum (PH) and group 2 (n=12) that wore Kinzinger's modified Pendulum appliance (PM). Crown tipping, sagittal and vertical changes of maxillary first molars and central incisors were evaluated with the Student *t* test ($p \leq 0.05$). Results showed that both appliances produced great amount of distalization and distal tipping of the maxillary molars, but there was no statistical difference between them at T2 ($p \leq 0.05$). Incisor flaring was significantly greater in the PM group, however, no significant differences were found when both groups were compared. There was no molar extrusion in either groups. The results suggest that the treatment effects produced by the two types of Pendulum appliances were similar in T2, in spite of their differences in design.

Key words: Cephalometry. Orthodontics. Malocclusion.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
	ARTIGO	20
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que um terço dos pacientes que procura tratamento ortodôntico apresenta maloclusão Classe II de Angle (BURKHARDT; MCNAMARA; BACETTI, 2003). Inúmeras estratégias tem sido utilizadas para o tratamento desta condição, incluindo extrações dentárias, forças extra-orais, elásticos intermaxilares, aparelhos funcionais, ancoragem esquelética e distalizadores intraorais (MOSSAZ; BYLOFF; KILIARIDIS, 2007).

Entretanto, a grande maioria destes aparelhos depende da colaboração do paciente, que é reconhecida como chave para o sucesso do tratamento ortodôntico (ANGELIERI et al., 2006). Essa dificuldade estimulou pesquisadores a desenvolverem novas técnicas e aparelhagens para a distalização de molares sem depender do paciente (HILGERS, 1992; GHOSH; NANDA, 1996; KINZINGER et al., 2000; PATEL et al., 2009).

Vários aparelhos, conhecidos como distalizadores intraorais, tem sido utilizados para correção da Classe II. Introduzidos principalmente a partir de 1990, eles podem ser dentomucossuportados ou dentossuportados, e tem como característica principal a promoção da distalização dos molares superiores independente da cooperação do paciente (FUZIY et al., 2006). Diversos dispositivos são sugeridos na literatura, entre os quais se destacam o sistema com ímãs repelentes, as molas de níquel titânio, o *Jones-jig*, o *distal-jet*, o *pendulum* e as suas versões modificadas (GIANELLY; VAITAS; THOMAS, 1989; BONDERMARK; KUROL, 1992; JONES; WHITE, 1992; HILGERS, 1992; MUSE et al., 1993; CARANO; TESTA 1996; BYLOFF et al., 1997; KINZINGER et al., 2000; FUZIY et al., 2006; MOSSAZ; BYLOFF; KILIARIDIS, 2007).

O modo de ação desses aparelhos gera efeitos secundários, às vezes indesejáveis, que podem comprometer a sua eficiência clínica. Dentre estes, pode-se citar a mesialização dos pré-molares e molares decíduos quando presentes, a projeção dos incisivos superiores e a extrusão, disto-inclinação excessiva e rotação dos primeiros molares superiores (PAPADOPOULOS; MELKOS; ATHANASIOU, 2010). Estes efeitos são inevitáveis, pois são consequência da reação à força utilizada para a distalização dos primeiros molares superiores, porém, apresentam uma considerável variabilidade de acordo com o aparelho utilizado.

Entre os aparelhos usados para distalizar molares, que independem da cooperação do paciente, está o *pendulum* de Hilgers (PH) (HILGERS, 1992).

Devido à popularização do *pendulum*, várias pesquisas vem sendo realizadas para avaliar os efeitos dentários e esqueléticos gerados por este aparelho (GHOSH; NANDA 1996;

BYLOFF et al., 1997; BUSSICK, MCNAMARA, 2000; JOSEPH; BUTCHART, 2000; KINZINGER et al., 2000; CHÁQUES-ASENSI; KALRA, 2001; KINZINGER; WEHRBEIN; DIEDRICH, 2005; FUZIY et al., 2006; KINZINGER; DIEDRICH, 2007; MOSSAZ; BYLOFF; KILIARIDIS, 2007; PATEL et al., 2009).

Entre os efeitos adversos descritos na literatura estão a perda de ancoragem anterior, observada através da inclinação mesial dos pré-molares e incisivos, e a excessiva inclinação distal da coroa dos primeiros molares.

A fim de contornar os efeitos colaterais, algumas alterações foram feitas ao aparelho original de Hilgers. A adição de uma dobra de verticalização nas molas de titânio molibdênio para contornar os efeitos da inclinação indesejada dos molares (BYLOFF; DARENDELIER, 1997); o uso de dobras *toe-in* para se minimizar a rotação mesial dos molares (BYLOFF; DARENDELIER, 1997; KINZINGER et al., 2000); a incorporação de um parafuso distal, com o objetivo de se deslocar posteriormente o centro de rotação das molas de titânio molibdênio, posicionando-o distalmente ao centro de resistência do molar (KINZINGER et al., 2000). Segundo os autores, a ativação do parafuso sagital gera um deslocamento dorsal do centro de rotação horizontal das molas deslocando-o de acordo com a distalização dos molares, resultando em uma modificação do arco no qual o dente é movimentado. O resultado é uma distalização linear do molar, sem tendência de cruzamento da mordida no plano transversal. As molas não necessitam de reativação intraoral durante o tratamento e, no plano sagital, os molares apresentam uma distalização de corpo.

Apesar dos inúmeros estudos feitos nos últimos anos sobre os efeitos desses aparelhos, não há um estudo comparativo entre o PH descrito por Hilgers em 1992, e o pendulum modificado (PM) descrito por Kinzinger em 2000. Assim sendo, o objetivo deste estudo foi comparar os efeitos dentários entre os aparelhos PM e PH avaliando se a inclusão de um parafuso distal produzirá efeitos que justifiquem seu uso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar as mudanças dentárias ocasionadas pelo PH e PM, avaliando se a inclusão de um parafuso distal produzirá efeitos que justifiquem seu uso.

2.2 Objetivos específicos

- a) avaliar a quantidade de distalização dos primeiros molares superiores;
- b) quantificar a projeção dos incisivos superiores;
- c) dimensionar a inclinação dos primeiros molares superiores e incisivos superiores;
- d) estimar a extrusão de primeiros molares superiores e incisivos superiores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A amostra deste estudo consistiu de 26 pacientes (12 meninos e 14 meninas, idade média 11.9 anos), provenientes de três clínicas de ortodontia particulares pertencentes a professores da Clínica do Mestrado em Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Todos os pacientes foram tratados de acordo com o mesmo protocolo em relação à ativação e acompanhamento do paciente. A confecção de todos os aparelhos foi realizada em um mesmo laboratório. Para serem incluídos neste estudo, os pacientes deveriam apresentar os seguintes critérios: (1) maloclusão Classe II segundo Angle, definida uma relação molar de plano terminal reto uni ou bilateral; (2) segundos molares permanentes não erupcionados; (3) sem extrações de dentes permanentes. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (CAAE-0240.0.213.000-11).

Neste estudo, dois tipos de *Pendulum* foram utilizados: o *Pendulum* de Hilgers, denominado PH (HILGERS, 1992) e o *Pendulum* Modificado, denominado PM (KINZINGER et al., 2000). Os pacientes foram divididos em dois grupos: (1) pacientes que utilizaram o PH (n=14), idade média 11,56 anos (± 0.89) e (2) pacientes que utilizaram o PM (n=12), idade média 11,65 anos (± 1.03). Ambos os aparelhos consistiam de um botão de acrílico de Nance que foi estabilizado por quatro fios, os quais eram colados nas superfícies oclusais dos primeiros e segundos pré-molares (n=18), primeiro pré-molar e segundo molar decíduo (n=2), ou primeiros e segundos molares decíduos (n=6) (FIG. 1). Em todos os aparelhos uma mola calibre 0.032" de titânio molibdênio (GAC, Central Islip, NY, USA) era inserida em um tubo de barra palatina (0.036") que era soldado nas bandas dos primeiros molares superiores (FIG. 2). As molas eram ativadas em 60° em relação à sua posição passiva inicial (FIG. 3) para exercerem uma força entre 2-2.5 N. No *Pendulum* de Hilgers (PH) as molas foram ajustadas durante o tratamento sempre que necessário para o controle da rotação e da dimensão transversa dos molares enquanto os mesmos eram distalizados. As molas do *Pendulum* Modificado (PM) foram ajustadas uma única vez com a dobra de verticalização e *toe-in* nos molares, antes da colocação do aparelho, para fins de ativação e controle rotacional, transversal e de inclinação dos molares. O parafuso era ativado $\frac{1}{4}$ de volta a cada cinco dias pelo paciente.

A única diferença estrutural entre o *Pendulum* de Hilgers (PH) e o *Pendulum* Modificado (PM) era a presença de um parafuso de expansão colocado sagitalmente,

dividindo o botão de acrílico de Nance. Enquanto a parte anterior fornecia a ancoragem, a parte posterior acomodava as molas de titânio molibdênio (FIG. 1).

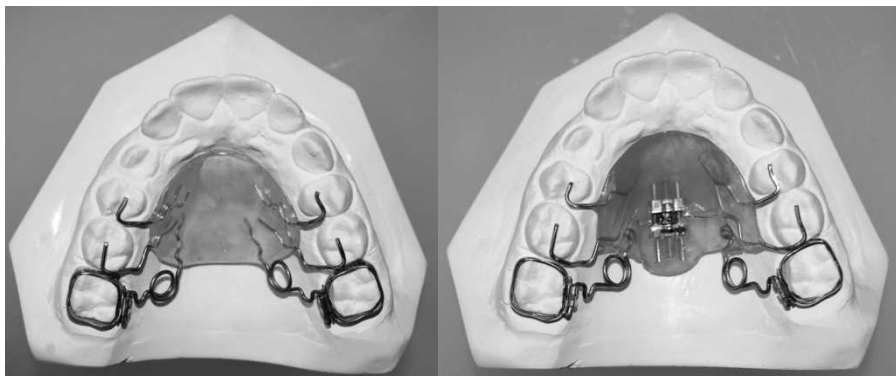


Figura 1: a. *Pendulum* de Hilgers (PH) e; b. *Pendulum* Modificado (PM)

Fonte: Fotos da autora



Figura 2: Mola de titânio molibdênio inserida no tubo dos primeiros molares

Fonte: Fotos da autora



Figura 3: Ativação das molas do aparelho em 60°

Fonte: Fotos da autora

Em ambos os grupos, PH e PM, as telerradiografias em norma lateral foram obtidas antes do tratamento como parte da documentação inicial (T1); e quando a distalização desejada dos molares era alcançada (relação de super Classe I), antes da remoção dos

aparelhos (T2). A média de tempo entre a época de instalação do aparelho até a tomada radiográfica pós-*pendulum* (T2) é de 4,29 meses ($\pm 1,44$) meses para o PH e 4,16 meses ($\pm 1,36$) para o PM. Diferenças entre os gêneros não foram consideradas uma variável devido a curta duração do tratamento com o *pendulum*.

Todas as radiografias foram traçadas manualmente por um mesmo examinador em papel de acetato (StraightLine Acetate Tracing Paper, G&H® WireCompany). Quando imagens duplas dos molares eram visíveis, a imagem mais distal da radiografia que era considerada para a realização das medidas. Todos os pontos cefalométricos e as linhas anatômicas foram conferidos por outros dois examinadores. Em caso de discordância, as estruturas em questão foram retraçadas até que estivessem satisfatórias para todos os três investigadores. Na telerradiografia T1, uma coordenada **X** foi construída a 7° da linha *sella-nasio* (BURSTONE et al., 1970), e uma coordenada **Y** foi construída passando pelo ponto *sella* e perpendicular ao eixo **X** (FIG. 4). Os traçados foram então scanneados (Epson Perfection 1240U Version 1.00E, Copyright © 2001 SEIKO EPSON CORPORATION), em uma resolução de 300dpi, e transferidos para o *software Dolphin Imaging 11.0* (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, Califórnia), onde todas as telerradiografias iniciais (T1) e finais (T2) utilizadas neste trabalho foram calibradas a fim de eliminar as diferenças proporcionais entre as imagens realizadas em tempos e centros radiográficos diferentes. Através deste *software*, medidas lineares e angulares foram realizadas com o mínimo de distorção e alteração possível, além da máxima precisão proporcionada pelo programa (ERKAN et al., 2011).

O centróide foi o ponto escolhido para referenciar molares (GHOSH; NANDA, 1996). Este é localizado no ponto médio entre a maior convexidade distal e mesial da coroa destes dentes, como visto na telerradiografia. Para padronizar a sua localização, os primeiros molares foram traçados com a ajuda de um mesmo template (*Técnica de Steiner*, JOMAG), tendo como referência a porção mais distal da imagem do primeiro molar superior localizada mais distalmente na radiografia e a sua raiz distal. Foi determinado que a distância entre a maior convexidade mesial e distal da coroa do molar do template era de 12 mm. Sendo assim, com uma régua padronizada (*Trident*, Desetec-MOD 7130), o centróide era marcado em 6 mm.

Os pontos cefalométricos utilizados foram (FIG. 4):

- a) *Sella* (S): localizado no centro da sela túrcica.
- b) *Nasio* (N): ponto mais anterior da sutura fronto-nasal
- c) *Centróide do 1º Molar permanente superior* (Mc): localizado no ponto médio entre a maior convexidade distal e mesial da coroa destes dentes.
- d) *Furca do 1º Molar permanente superior* (Mr): usado para determinar o longo eixo do 1º molar superior, está localizado entre as raízes distal e mesial deste dente, na área da furca.
- e) *Incisivo Central Superior* (Is): localizado na incisal da coroa do incisivo central superior.
- f) *Ápice da raiz do Incisivo Central Superior* (Isr): usado para determinar o longo eixo do incisivo central, está localizado no ápice da raiz do incisivo central superior

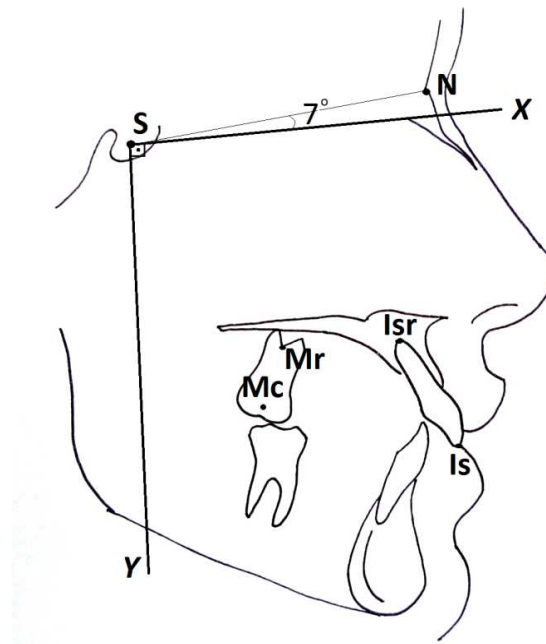


Figura 4: Pontos cefalométricos: S, N, Mr, Mc, Is, Isr; Sistema de coordenadas: X e Y.

Fonte: Criado pela autora através do *software Paint* (Windows 2007)

Para se obter medidas lineares em relação às coordenadas, foram traçados planos perpendiculares à X e Y (FIG. 5):

- a) Planos perpendiculares à **X**:
- Is-X: É a distância medida entre o ponto de referência do incisivo central superior (Is) até o eixo **X**.
 - Mc-X: É a distância medida entre o ponto de referência do primeiro molar permanente superior (Mc) até o eixo **X**.
- b) Planos perpendiculares à **Y**:
- Is-Y: É a distância medida entre o ponto de referência do incisivo central superior (Is) até o eixo **Y**.
 - Mc-Y: É a distância medida entre o ponto de referência do primeiro molar permanente superior (Mc) até o eixo **Y**.

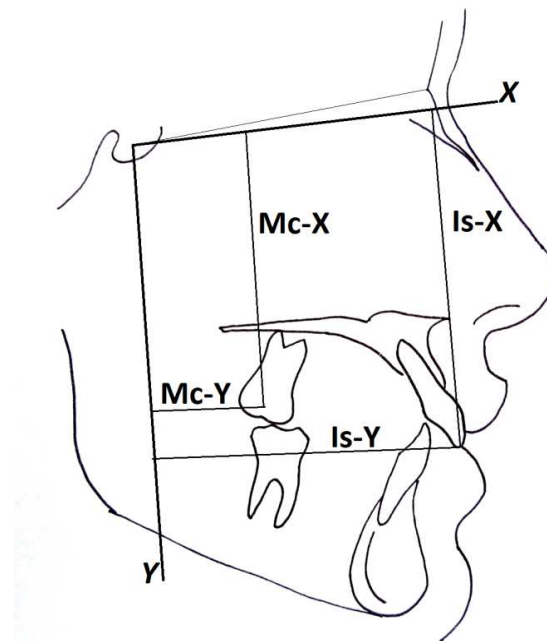


Figura 5: Planos perpendiculares a X e Y: medidas lineares.

Fonte: Criado pela autora através do *software Paint* (Windows 2007)

Para se obter medidas angulares em relação à coordenada **X** foram traçados as linhas que representam o longo eixo do primeiro molar superior e do incisivo central superior, e as mesmas foram prolongadas até **X**, aonde o ângulo formado distalmente foi medido, como representado abaixo (FIG. 6):

- a) Longo eixo do Incisivo Central superior (Is-Ir): Linha passando por Is-Ir.
- b) Longo eixo do 1º Molar permanente superior (Mc-Mr): Linha passando por Mc-Mr.

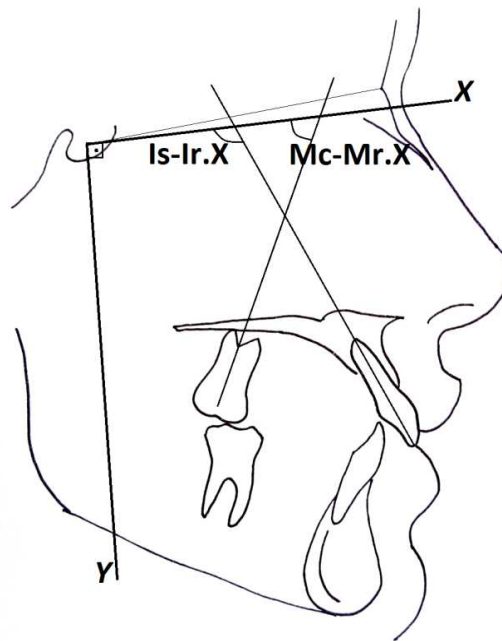


Figura 6: Longo eixo do incisivo central superior e primeiro molar permanente superior a X: medidas angulares.

Fonte: Criado pela autora através do *software Paint* (Windows 2007)

Os resultados angulares e lineares obtidos em T1 foram comparados aos em T2, em cada paciente de cada grupo de aparelhos. Verticalmente, qualquer intrusão ou extrusão dos incisivos centrais superiores e primeiros molares superiores eram medidas através dos planos referentes a cada dente e perpendiculares a X. Horizontalmente, a quantidade de distalização dos molares e projeção de incisivos, foi avaliada de acordo com linhas perpendiculares a Y saindo do ponto de referência dos dentes estudados. A quantidade de inclinação dos incisivos e molares foi determinada pela medida dos ângulos entre o plano X e o longo eixo destes dentes.

Através do *software* GraphPad Prism (GraphPad Software, San Diego, California, USA) foi feita a análise estatística dos resultados obtidos. O teste *t* de Student pareado foi utilizado para avaliar as diferenças em cada medida, linear ou angular, entre T1 e T2. O teste *t* de Student não pareado foi utilizado para analisar a diferença T2-T1 entre os aparelhos PH e PM, a fim de comparar os efeitos dentários produzidos pelos mesmos.

Dois meses após a medida da última telerradiografia, 10 radiografias selecionadas aleatoriamente foram traçadas manualmente e medidas novamente através do *software DolphinImaging 11.0*, pela mesma examinadora (F.A.A.). O erro de medida (ME) foi calculado de acordo com a fórmula de Dahlberg: $ME = \sum d^2 / 2n$, aonde d é a diferença entre as medidas obtidas e n a quantidade de medidas duplicadas (HOUSTON,1983). O erro de medida obtido não foi maior que 0.3 mm para medidas milimétricas, e 0.2° para medidas angulares avaliadas neste estudo.

ARTIGO

Artigo a ser submetido ao periódico “American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics”

“Comparison of dental effects of two different pendulum appliances: Hilgers’ Standard Pendulum and Kinzinger’s Modified Pendulum.”

ABSTRACT

Introduction: The aims of this study were to compare the dental effects induced by the standard Hilgers’ Pendulum (PH) and the Modified Pendulum appliance, and to evaluate if the incorporation of a distal screw in the modified appliance is justified. **Methods:** Twenty-six patients (12 boys and 14 girls, mean age 11.9 years) were selected according to the following criteria: (1) all were growing patients with Angle class II malocclusion; (2) all had not yet erupted second molar; (3) all were treated non extraction. Lateral cephalograms were obtained at the start of treatment (T1) and after a super class I was achieved (T2). Sample consisted of two groups: (1) PH group (n=14) and (2) PM group (n=12). Linear and angular measurements were recorded to monitor crown tipping, sagittal and vertical changes of maxillary molars and incisors. Mean differences between T1 and T2 data and differences in therapeutic effects between the two groups were analyzed with the Student *t* test ($p \leq 0.05$). **Results and conclusion:** Both appliances showed great amount of distalization (PH=3.37mm; PM=3.00mm, $p \leq 0.0001$) and distal tipping (PH=13.29°; PM= 11.76°, $p \leq 0.0001$) of the maxillary molars, but there was no statistical difference between them in T2 ($p \leq 0.05$). Incisor flaring was significantly greater in the PM group (3.55°, $p \leq 0.0052$), however, no significant differences when both groups were compared. The results suggest that the treatment effects produced by the two types of pendulum appliances were similar in T2, in spite of their differences in design.

Key-words: Class II malocclusion- Lateral cephalogram- pendulum – modified pendulum.

INTRODUCTION

Crowding and loss of space in the maxilla caused by mesially drifted molars and class II malocclusions are problems frequently encountered in the orthodontic practice. The Class II malocclusion is not a single problem. When planning treatment, the clinician must consider facial and dentoalveolar growth patterns, arch spaces, and the facial profile.

The traditional approaches to distalize maxillary molars include extra oral traction^{1,2,3} Wilson distalizing arches⁴, removable spring appliances⁵, and intermaxillary elastic with sliding jigs^{6,7}. However, these methods require patient compliance to achieve success.

Several treatment strategies substantiated by clinical studies and documented case reports have been proposed to minimize the need for patient compliance to achieve favorable clinical results. These techniques include, repelling magnets^{6,7}, distal jet appliances⁸, compressed superelastic and / or stainless steel coil springs associated with different kinds of fixed and Nance type of appliances^{9,10}.

Another popular method of maxillary molar distalization that requires less cooperation is the pendulum appliance system introduced by Hilgers¹¹ in 1992. The standard pendulum appliance consists of a palatal Nance component with occlusal rests bonded to the first premolars and to the second premolars or second deciduous molars. The distalizing mechanism consists of titanium molybdenum helicoidal springs that are inserted in the palatal sheaths of the molar bands.¹² Hilgers¹¹ stated that approximately 5 mm of molar distalization occurs in a 3 to 4 months period. He also reported an undesirable but very small anterior anchorage loss expressed by mesial movement of the premolars and flaring of the upper incisors. Other potential consequences of the pendulum appliances are palatal movements of the first molars and the excessive distal tipping of their crowns.

The introduction of an uprighting bend to counteract these side effects^{13,14} did result in reduced distal crown tipping of the first molars. However, the treatment time increased significantly because the distalization procedure was done in two phases: first, the distal crown tipping and second, the root uprighting. The study also showed more anchorage loss on the maxillary incisors and premolars when compared to the standard pendulum appliance.

Kizinger,^{14,15,16} in an effort to prevent molar tipping, incorporated a distal screw^{14,15,16} into the Nance acrylic plate associated with an uprighting¹³ and a toe in bend¹¹ activated directly on insertion of the appliance. The author reported that the activation of the distal screw displaced the center of rotation of the titanium molybdenum springs distally, which associated with the uprighting and toe-in bends prevented the undesirable distal tipping, mesial rotation and palatal movements of the molars¹⁷. There was also little anterior anchorage loss.

The purposes of this cephalometric study was to compare the dental effects produced by the standard Hilgers' Pendulum (PH) and the Modified Pendulum appliance (PM), and to evaluate if the incorporation of a distal screw in the modified appliance was justified.

MATERIAL AND METHODS

Twenty-six patients, 12 boys and 14 girls, from the private offices of 3 faculty members of the Department of Orthodontics of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais were selected according to the following criteria: (1) all were growing patients with Angle class II malocclusion, defined by at least an end to end molar relationship; (2) all had not yet erupted second molars; (3) all were treated non extraction. This study was approved by the Ethics Committee of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais.

The sample consisted of 2 groups: (1) consisted of 14 patients (5 boys and 9 girls) with a mean age of 11.56 years (± 0.89 years) that wore the standard Hilgers Pendulum (PH);¹¹ and (2) 12 of patients (6 boys and 6 girls) with a mean age of 11.65 years (± 1.03 years) that wore the Modified Pendulum appliance¹⁵ (PM). The mean treatment time period between appliance installation and the post pendulum radiograph (T2) was 4.29 (PH) (± 1.44) and 4.16 (PM) (± 1.36) months (Table I). The differential growth rate between genders was not considered as a variable due to the short treatment time.

The Pendulum appliances were the only intervention until a super class I molar relationship was achieved and all of them were made by the same technician.

Table I. Mean and standard deviation for ages and for duration of Pendulum intervention

	<i>Mean age at T1</i>	<i>Mean age at T2</i>	<i>Mean treatment time</i>
Total sample (n=26)			
Group 1 (PH) = 14	11.56 y (± 0.89 y)	12.15y (± 0.96 y)	4.29 mo (± 1.44 mo)
Group 2 (PM) = 12	11.65 y (± 1.03 y)	12.15y (± 1.03 y)	4.16 mo (± 1.36 mo)

Both appliances consisted of a palatal Nance component anchored to the first and second premolars (n=18), first premolar and second deciduous molar (n=2) or first and second deciduous molars (n=6), with bonded wires. The active springs were constructed with 0.032” titanium-molybdenum wire (GAC, Central Islip, NY, USA) and inserted in the 0.036” palatal sheaths of the first molar bands. The springs were activated 60° on the sagittal plane to produce a force of approximately 2 to 2.5 N per side (Fig 1). Adjustments of the springs were made during treatment, as needed, to control rotation and palatal movements of the first molars in the group 1 patients (PH). The group 2 patients (PM) were instructed to activate the distal screw ¼ of a full turn every 5 days and the springs were adjusted with the vertical uprighting and toe-in bends only once before the appliance was inserted.

The only difference between the appliances was a distal screw incorporated into the Nance acrylic plate of the Modified Pendulum that divided it in 2 parts: one, anterior, utilized for anchorage and another posterior containing the titanium molybdenum springs (Fig 2).

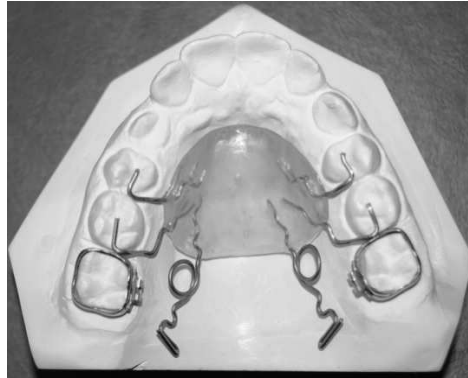


Fig 1. Titanium molybdenum spring activated

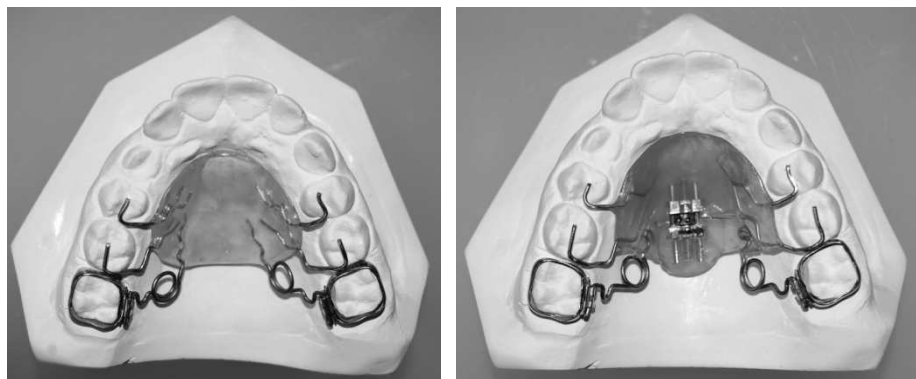


Fig 2. a.PH and; b.PM

Cephalometric Measurements

The lateral cephalograms were obtained at the start of treatment (T1) as part of the patient's initial records and after a super class I was achieved before appliance removal (T2).

Steps were taken to minimize errors of tracing and measurements that could confound the results. To secure the proper location of the cephalometric landmarks one author (FAA) traced all cephalograms that were later verified by 2 other examiners (IA and HRL). Any disagreements were resolved by retracing the landmark or the anatomical structure to the satisfaction of both examiners. In case of double image of the upper first molars, the most distal one was traced.

It has been documented that the cephalometric points *sella* (S) and *nasion* (N) are affected by growth. Apposition in the glabella region moves point N forward and might displace it upward or downward. The eccentric remodeling of sella turcica results in a

displacement of point S backward, and either upward or downward. To minimize these sources of errors, the S-N line defined on the first lateral cephalogram (T1) was transferred to the second one (T2) with the tracing registered on the cranial base.^{20,21}

The lateral cephalometric radiographs of the patients at T1 and T2 were traced and 6 landmarks and 6 reference lines were located on each tracing. The landmarks were S (*Sella*), N (*Nasion*), Is (*Incisal edge*), Isr (*Incisor root apex*), Mr (*Molar furcation*) and Mc (*Molar centroid*) (Fig 3).

Centroid point was constructed for the crown of the maxillary molar as the midpoint between the greatest mesial and distal convexity of the maxillary first molar crown, as seen on the lateral cephalograms.²²

The following reference lines were traced: (1) S-N line formed by connecting the points S and N; (2) coordinate X axis, line constructed through sella drawn at 7° to the S-N line²³; (3) coordinate Y axis, line passing through sella perpendicular to the X axis. (Fig 3).

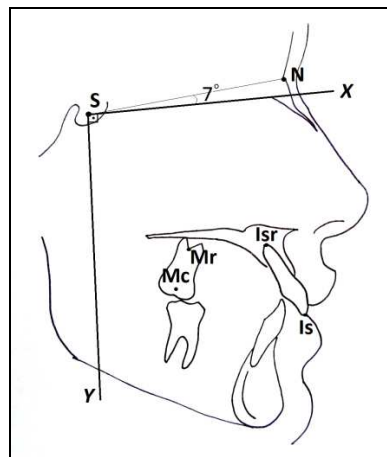


Fig 3:Landmarks and reference lines: **S**, sella; **N**, nasion; **Mr**, molar furcation; **Mc**, molar centroid; **Isr**, incisor root apex; **Is**, incisal edge; **X**, X axis; **Y**, Y axis.

Linear and angular parameters were measured (Fig 4). Linear measurements (in millimeters): (1) Is – X, distance from Is to the X axis measured perpendicularly to the X axis, used to assess the vertical position of the upper incisor; (2) Is – Y, distance from Is to the Y axis, measured perpendicularly to the Y axis used to assess the anterior-posterior position of the upper incisors; (3) Mc-X, distance from Mc to the X axis, measured perpendicularly to the X axis, used to evaluate the vertical position of the first molar; and (4) Mc – Y, distance from Mc to the Y axis, measured perpendicularly to the Y axis, used to evaluate the anterior posterior position of the upper first molar .

Angular measurements (in degrees): (1) Is-Isr.X, the inner angle formed by the long axis of the upper incisors (Is-Isr) and the X axis; (2) Mc-Mr.X, the inner angle formed by the long axis the first molar (Mc –Mr) and the X axis. The angular measurements were used to evaluate the amount of tipping of the first molars and the incisors.

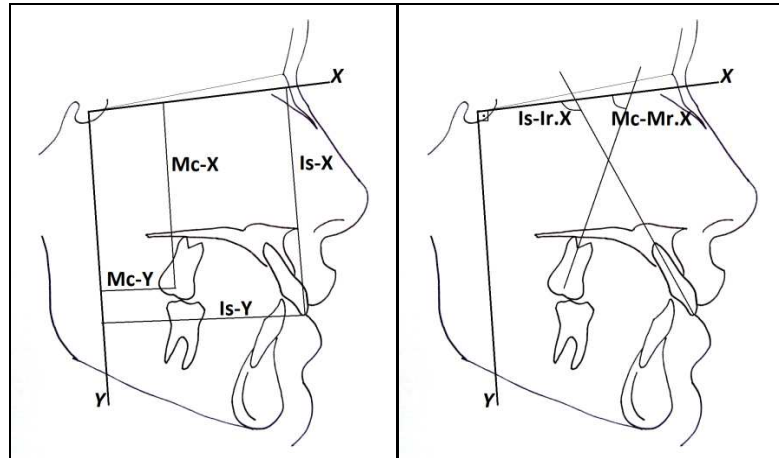


Fig 4. Linear and angular measurements.

All tracings were digitized (*Scanner Epson Perfection 1240U* Version 1.00E, Copyright © 2001, SEIKO EPSON CORPORATION) and analyzed with *Dolphin Imaging 11.0 software* (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, California, USA). The software also corrected the image magnification factors²⁴.

Data analysis

Means and standard deviations were calculated for all variables. The paired student T test was used to compare before and after treatment measurements. To compare the differences between the 2 groups and the treatment time, an independent T test was utilized. The statistical analysis were made with the GraphPad Prism (GraphPad Software, San Diego, California, USA). The level of significance in the study was at $p \leq 0.05$.

RESULTS

Comparison of the mean treatment time between groups 1 and 2 revealed no statistically significant differences (table I).

The mean treatment changes and standard deviations are summarized in table II for group 1 (PH) and table III for group 2 (PM). Comparisons between the two groups are on table IV.

To verify the error of measurement 10 randomly selected lateral cephalograms were traced and measured twice eight weeks apart by the same examiner. The measurement error was calculated with Dahlberg's formula: $ME = \Sigma d^2 / 2n$.^{18,19} The overall measurement error of the various measurements was no greater than 0.3mm for the linear measurements and 0.2° for the angular measurements.

Maxillary first molar positional changes

The mean distance Mc-Y decreased significantly in both groups indicating that the first molars were displaced posteriorly. The mean differences ($\Delta T2-T1$) were $-3.37\text{mm} \pm 1.53\text{mm}$ and $-3.00\text{mm} \pm 1.71\text{mm}$ for group 1 and 2 respectively (tables II and III).

The angle Mc-Mr.X decreased $-13.29^\circ \pm 4.68^\circ$ and -11.76 ± 5.33 for group 1 and 2 respectively. These mean differences indicated a significant distal tipping of the upper first molars.

The decrease of $-0.42\text{mm} \pm 2.15\text{mm}$ (group 1) and $-0.43\text{mm} \pm 4.59\text{mm}$ (group 2) for the measurement Mc-X revealed a slight but not significant intrusion of the upper first molars in both groups (tables II and III).

Comparison of linear measurements Mc-Y and Mc-X, and the angular measurement Mc-Mr.X between the two groups revealed no significant difference. This indicates that both Pendulum appliances (PH and PM) efficiently distalized the upper first molar but also caused similar distal crown tipping (table IV).

Maxillary incisor positional changes

The only statistically significant difference was the angular measurement Is-Ir.X in group 2 that increased $3.55^\circ \pm 3.54^\circ$ indicating slight flaring of the upper incisor. The amount of $1.60^\circ \pm 4.70^\circ$ found in group 1 was not statistically significant. When the two groups were compared there was no statistically significant difference (tables II, III and IV).

Treatment changes between T1 and T2 in each group and comparisons between them were not statistically significant for the linear measurements Is-Y and Is-X (tables II, III and IV).

Table II- Treatment changes for group 1 (PH- Standard Hilgers` Pendulum)

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>Mean difference ($\Delta T2-T1$)</i>	<i>p value</i>
Mc-Y (mm)	32.58 ± 4.28	29.20 ± 4.50	-3.37 ± 1.53	$p \leq 0.0001^*$
Mc-X (mm)	59.84 ± 3.16	59.42 ± 2.68	-0.42 ± 2.15	NS
Is-Y (mm)	68.16 ± 4.28	68.61 ± 4.61	0.44 ± 2.02	NS
Is-X (mm)	72.56 ± 3.90	73.54 ± 4.09	0.97 ± 2.67	NS
Mc-Mr.X (°)	75.79 ± 6.03	62.50 ± 5.75	-13.29 ± 4.68	$p \leq 0.0001^*$
Is-Ir.X (°)	105.60 ± 8.47	107.20 ± 9.39	1.60 ± 4.70	NS

* Statistically significant at $p \leq 0.05$; **NS**, not statistically significant

Table III- Treatment changes for group 2 (PM- Modified Pendulum)

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>Mean difference ($\Delta T2-T1$)</i>	<i>p value</i>
Mc-Y (mm)	29.86 $\pm$ 4.34	26.86 $\pm$ 4.34	-3.00 $\pm$ 1.71	$p \leq 0.0001^*$
Mc-X (mm)	55.73 $\pm$ 6.09	55.73 $\pm$ 5.39	-0.43 $\pm$ 4.59	NS
Is-Y (mm)	63.93 $\pm$ 6.42	64.75 $\pm$ 5.86	0.81 $\pm$ 2.47	NS
Is-X (mm)	769.45 $\pm$ 7.11	69.13 $\pm$ 6.91	0.32 $\pm$ 4.54	NS
Mc-Mr.X (°)	72.72 $\pm$ 6.42	60.96 $\pm$ 7.21	-11.76 $\pm$ 5.33	$p \leq 0.0001^*$
Is-Ir.X (°)	106.7 $\pm$ 6.90	110.30 $\pm$ 6.69	3.55 $\pm$ 3.54	$p \leq 0.0052^*$

* Statistically significant at $p \leq 0.05$; **NS**, not statistically significant

Table IV- Comparisons between group 1 (PH) and group 2 (PM)

	<i>$\Delta T2-T1$</i>	<i>$\Delta T2-T1$</i>	
	<i>PH (n=14)</i>	<i>PM (n=12)</i>	<i>p value</i>
Mc-Y (mm)	-3.37 $\pm$ 1.53	-3.00 $\pm$ 1.71	NS
Mc-X (mm)	-0.42 $\pm$ 2.15	-0.43 $\pm$ 4.59	NS
Is-Y (mm)	0.44 $\pm$ 2.02	0.81 $\pm$ 2.47	NS
Is-X (mm)	0.97 $\pm$ 2.67	0.32 $\pm$ 4.54	NS
Mc-Mr.X (°)	-13.29 $\pm$ 4.68	-11.76 $\pm$ 5.33	NS
Is-Ir.X (°)	1.60 $\pm$ 4.70	3.55 $\pm$ 3.54	NS

* Statistically significant at $p \leq 0.05$; **NS**, not statistically significant

DISCUSSION

Growing children with dental Class II and moderate skeletal discrepancy represent a great percentage of orthodontic patients. To correct this type of malocclusion, we compared 2 types of pendulum appliances to evaluate the dental effects at the end of first molar distalization phase.

The primary purpose of this study was to verify if the new pendulum design recommended by Kinzinger¹⁵ would significantly reduce the excessive distal molar tipping and the flaring of the upper incisors^{12,14,22,25,26,27} reported in the literature with the use of the standard Hilger's pendulum.¹¹

Only dental effects were analyzed in our sample. According to several authors^{12,15,26,28,29,30} the skeletal changes during pendulum appliance therapy are relatively unimportant. The brevity of the therapy alone would seem to indicate that no change is to be expected on the patient's skeletal development. In this study, no skeletal measurements were evaluated, because at T1 the subjects had no appliances on, and at T2 they still had them on, bonded to the occlusal surfaces of premolars and deciduous molars which would compromise any comparison.

The results of this study revealed that the differences in the dental effects between the 2 types of appliances, the Hilgers' pendulum (PH) and the Modified pendulum (PM) were modest, at best.

Maxillary first molar positional changes

In our study both types of pendulum generated a significant amount of distalization similar to other appliances such as the headgear³¹ and the Jones Jig.³² Kinzinger et al¹⁵ reported in his study an amount of molar distalization similar to our findings for the modified pendulum appliance and the standard pendulum. These data confirm that both appliances produce the desired distalization effect.

The modified pendulum appliance introduced by Kinzinger et al¹⁵ and utilized in this study, is supposed to reduce the distal crown tipping, which is an undesirable effect of the standard Hilger's pendulum.¹¹ This is possible by incorporating uprighting bends¹³ in the titanium molybdenum springs and by changing their center of rotation through the activation of a distal screw¹⁵ incorporated into the acrylic plate.

In our study the comparison between the two appliances, PH and PM, revealed no significant differences in the amount of distalization and distal crown tipping. Our data does not agree with the studies of Kinzinger et al^{15,28,33} who reported a significant reduction in the distal crown tipping.

It has been reported that distal crown tipping of the maxillary first molar is enhanced when the second molars are not fully erupted^{11,28} or when either both deciduous molars or the second deciduous molar and the first premolar are used as anchorage units.³³

The difference between our results and Kinzinger's^{15,28} cannot be attributed to the type of anchorage unit because the studies did not separate the groups according to this variable. It can neither be attributed to appliance design because construction, frequency and amount of activation were as similar as possible in both studies. A possible explanation is the absence of fully erupted second molars. In our sample, all the maxillary second molars were not fully erupted while in Kinzinger's the subjects had second molars in different stages of eruption, including fully erupted.^{15,33}

In previous studies with the standard pendulum appliance, a constant rise in distoinclinary moments was registered with increasing distalization^{12,14}. Increased tipping with increased distalization was also found in the present study.

The amount of intrusion of the upper first molars was not significant and it is in agreement with the literature that has shown that the pendulum appliances does not cause molar extrusion.^{14,22,24}

Maxillary incisor positional changes

The amount of labial displacement and flaring of the upper incisor for both groups in our study is in agreement with the literature.^{13,14,15,22,28,29} The significant difference encountered in group 2 (PM) might be attributed to the extra activation of the distal screw every five days.

Comparison between the two groups did not reveal any statistically significant difference. Both appliances affected the maxillary incisor similarly and the significant difference found in group 2 was too small to be clinically relevant.

Several studies^{15,28,33} reported that when only premolars are used for anchorage the dentoalveolar side effects are least pronounced in the region of the incisors and premolars. Our data cannot confirm that because the groups were not analyzed according to the type of anchorage unit. An evaluation of the positional changes of the premolars was not done in our study because the different stages of eruption of the premolars and limited number of subjects did not allow accurate qualitative and quantitative measurements.

The amount of vertical change in the maxillary incisors in the study was not significant and our findings are in agreement with the literature.^{12,13,14,15,24}

The mean treatment time of both appliances was also evaluated in this study and the results revealed no statistically significant difference between them. Variables such as missed appointments and breakages did not seem to interfere with the duration of the pendulum therapy. The scientific literature has no data that statistically analyzed the mean treatment time differences between the standard Hilgers' pendulum and the Modified pendulum. Thus a comparison cannot be made.

Further studies covering vertical and sagittal movements of anchorage units (premolars and deciduous molars) and molar rotation should be carried on.

CONCLUSION

Based on the cephalometric results of the present study, the following conclusions can be drawn:

- a) There were no statistically significant differences in the dental effects, such as molar distal tipping and distalization, produced by PM and PH.
- b) Incisor flaring was significant for the PM group, however, not significantly different when compared with the PH.
- c) There was no molar extrusion in both appliances.
- d) The incorporation of a distal screw to the pendulum appliance did not bring any significant clinical advantage that could justify its use.

REFERENCES

1. Melsen B. Effects of cervical anchorage during and after treatment: an implant study. *Am J Orthod* 1978;73:526-40.
2. Baumrind S, Molthen R, West EE, Miller DM. Distal displacement of the maxilla and the upper first molar. *Am J Orthod* 1979;75:630-40.
3. Piva LM, Brito HHA, Leite HR, O'Reilly M. Effects of cervical headgear and fixed appliances on the space available for maxillary second molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:366-71.
4. Muse DS, Fillman MJ, Emmerson WJ, Mitchell RD. Molar and incisor changes with Wilson rapid molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:556-65.
5. Cetlin NM, Ten Hoeve A. Non extraction treatment. *J Clin Orthod* 1983;17:396-413.
6. Gianelly AA, Vaitas AS, Thomas WM. The use of magnets to move molars distally. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;22:40-4.
7. Bondemark I, Kurol J. Distalization of maxillary first and second molars simultaneously with repelling magnets. *Eur J Orthod* 1992;14:264-72.
8. Carano A, Testa M. The distal jet for upper molar distalization. *J Clin Orthod* 1996;30:374-80.
9. Gianelly AA, Bednar J, Dietz VS. Japanese Niti coils used to move molars distally. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;99:564-6.
10. Jones R, White J. Rapid class II molar correction with an open coil jig. *J Clin Orthod* 1992;26:661-64.
11. Hilgers JJ. The pendulum appliance for Class II noncompliance therapy. *J Clin Orthod* 1992;26:706-14.
12. Joseph AA, Butchart CJ. An evaluation of the pendulum distalizing appliance. *Semin Orthod* 2000;6:129-35.
13. Byloff FK, Darendelier MA. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 2: the effects of the maxillary molar root uprighting bends. *Angle Orthod* 1997;67:261-70.
14. Byloff FK, Darendelier MA. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 1: clinical and radiological evaluation. *Angle Orthod* 1997;67:249-60.

15. Kinzinger GSM, Fuhrmann R, Gross U, Diedrich PR. Modified Pendulum appliance including distal screw and uprighting activation for non compliance therapy of class II malocclusion in children and adolescents. *J Orofac Orthop / Fortschr Kieferorthop* 2000;61:175-90.
16. Kinzinger GSM, Wehrbein H, Diedrich PR. Molar distalization with a modified Pendulum appliance- In vitro analysis of the force systems and in vivo study in children and adolescents. *Angle Orthod* 2005;75:558-67.
17. Kinzinger GSM, Diedrich PR. Biomechanics of modified Pendulum appliance – Theoretical considerations and in vitro analysis of the force systems. *Eur J Orthod* 2007;29:1-7.
18. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. New York: Interscience Publications; 1940
19. Houston The analysis of errors in orthodontic. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1983;83:382-90
20. Björk A, Skieller V. Postnatal growth and development of the maxillary complex, monograph no. 2. Craniofacial Growth Series. Ann Arbor: Center for Human Growth and Development; University of Michigan; 1976. p. 61-99.
21. Wieslander L. The affect of orthodontic treatment on the concurrent development of the craniofacial complex. *Am J Orthod* 1963;49:15-27.
22. Ghosh J and Nanda RS. Evaluation of an intraoral maxillary molar distalization technique. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;110:639-46.
23. Burstone CJ, James RB, Legan H, Murphy GA, Norton LA. Cephalometrics for orthognathic surgery. *J Oral Surg.* 1978 Apr;36(4):269-77.
24. Erkan M, Gurel HG, Nur M, Demirel B. Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs. *Eur J Orthod* 2011:1-4.
25. Bussick TJ, McNamara JA Jr. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:333-43
26. Burkhardt DR, McNamara Jr JA, Bacetti, T. Maxillary molar distalization or mandibular enhancement: A cephalometric comparison of comprehensive orthodontic treatment including the pendulum and the Herbst appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123:108-16.
27. Fuziy A, Almeida RR, Janson G, Angelieri F, Pinzan A. Sagittal, vertical and transverse changes consequent to maxillary molar distalization with the pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:502-10.
28. Kinzinger GS, Fritz UB, Sander FG, Diedrich PR. Efficiency of a pendulum appliance for molar distalization related to second molar eruption stage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125:8-23.
29. Schütze SF, Gedrange T, Zellmann MR, Harzer. Effects of unilateral molar distalization with a modified pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:600-8.
30. Angelieri F, Almeida RR, Almeida MR, Fuziy A. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance followed by fixed orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:520-7.
31. Mossaz CF, Byloff FK, Kiliaridis S. Cervical headgear vs pendulum appliance for the treatment of moderate Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:616-23.
32. Patel MP, Janson G, Henriques JFC, Almeida RR, Freitas MR, Pinzan A, Freitas KMS. Comparative distalization effects of Jones Jig and pendulum appliances *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:336-42.

33. Kinzinger GSM, Gross U, Fritz UB, Diedrich PR. Anchorage quality of deciduous molars versus premolars for molar distalization with a pendulum appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:314-23.
34. Kinzinger G, Fritz U, Diedrich P. Combined therapy with the pendulum and lingual arch appliances in the early mixed dentition. *J Orofac Orthop*, 2003;3:201-13
35. Angelieri F, Almeida RR, Almeida MR, Fuziy A. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance followed by fixed orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:520-27
36. Cháques-Asensi J, Kalra V. Effects of the pendulum appliance on the dentofacial complex. *J Clin Orthod* 2001;35:254-7
37. Papadopoulos MA, Melkos AB, Athanasiou AE. Noncompliance maxillary molar distalization with the first class appliance: A randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:586.e1-586.e13
38. Escobar SA, Tellez PA, Moncada CA, Villegas CA, Latorre CM, Oberti G. Distalization of maxillary molars with bone-supported pendulum: A clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:545-9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação intitulada “Comparação dos efeitos dentários entre os aparelhos *Pendulum* de Hilgers e *Pendulum* Modificado” é parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ortodontia pela Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas).

Este é um trabalho de pesquisa original sugerido pelo professor orientador dessa dissertação Dr. Ildeu Andrade Jr., e pelo co-orientador Prof. Heloísio Rezende Leite.

De acordo com as normas vigentes na PUC-Minas esta dissertação gerou o artigo “*Comparison of dental effects of two different pendulum appliances: Hilgers’ Standard Pendulum and Kinzinger’s Modified Pendulum.*”

REFERÊNCIAS

- ANGELIERI, F., et al. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance followed by fixed orthodontic treatment. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 129, n. 4, p. 520-527, Apr. 2006.
- BONDEMARK, L.; KUROL, J. Distalization of maxillary first and second molarssimultaneously with repelling magnets. **European Journal of Orthodontics**, London, v. 14, p. 264-272, 1992.
- BURKHARDT, D.R.; MCNAMARA, J.A. JR; BACETTI, T. Maxillary molar distalization or mandibular enhancement: a cephalometric comparison of comprehensive orthodontic treatment including the pendulum and the Herbst appliance. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v.123, n.2, p. 108-16 , Feb. 2003
- BURSTONE, C.J., et al. Cephalometrics for orthognathic surgery. **Journal of Oral Surgery**, v. 36, n. 4, p. 269-277, Apr. 1978.
- BUSSICK, T.J.; MCNAMARA, J.A. JR. Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v.117, n. 3, p. 117-333, March 2000.
- BYLOFF, F.K.; DARENDELIER, M.A. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 1: clinical and radiological evaluation. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v. 67, n. 4, p. 249-260, August 1997.
- BYLOFF, F.K.; DARENDELIER, M.A. Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 2: the effects of the maxillary molar root uprighting bends. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v.67, n.4, p. 261-270, August 1997.
- CARANO, A.; TESTA, M. The distal jet for upper molar distalization. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder , v. 30, n. 7 , p. 374-380, July 1996.
- CETLIN, N.M.; TEM HOEVE, A. Non extraction treatment. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v.17, n. 6 , p. 396-413, June 1983.
- CHÁQUES-ASENSI, J.; KALRA, V. Effects of the pendulum appliance on the dentofacial complex. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v. 35, n. 4, p. 254-257, Apr. 2001.
- ERKAN, M.,et al. Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs. **European Journal of Orthodontics**, London, v.18, p.1-4, Apr. 2011.
- FUZIY, A., et al. Sagittal, vertical and transverse changes consequent to maxillary molar distalization with the pendulum appliance. **Am American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v.130, n. 4, p. 117-333, Out 2006.

GHOSH, J.; NANDA, R.S. Evaluation of intraoral maxillary molar distalization technique. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v.110, n. 2, p. 639-646, Oct 1996.

GIANELLY, A.A.; VAITAS, A.S.; THOMAS, W.M. The use of magnets to move molars distally. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 22, n. 2, Aug. 1989.

HILGERS, J.J. The Pendulum appliance for class II non compliance therapy. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v.26, n. 11, p. 706-714, June 1992.

HOUSTON, W.J.B. The analysis of errors in orthodontic. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 83, n. 5, May 1983.

JONES, R.; WHITE, J. Rapid class II molar correction with an open coil jig. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v.26, n. 10, p. 661-664, Oct. 1992.

JOSEPH, A.A.; BUTCHART, C.J. An evaluation of the Pendulum distalizing appliance. **Seminars in Orthodontics**, Philadelphia, v. 6, n. 2 , p. 129-135, June 2000 □

KINZINGER, G.S.M, et al. Modified Pendulum appliance including distal screw and uprighting activation for non compliance therapy of class II malocclusion in children and adolescents. **Journal of Orofacial Orthopedics**, Alemanha, 2000;61:175-90

KINZINGER, G.S.M.; WEHRBEIN, H.; DIEDRICH PR. Molar distalization with a modified Pendulum appliance- In vitro analysis of the force systems and in vivo study in children and adolescents. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v.75, n.4, p. 558-567, July 2005.

KINZINGER, G.S.M.; DIEDRICH, P.R. Biomechanics of modified Pendulum appliance – Theoretical considerations and in vitro analysis of the force systems. **European Journal of Orthodontics**, London, v.29, p.1-7, Apr. 2007

MOSSAZ, C.F.; BYLOFF, F.K.; KILIARIDIS, S. Cervical headgear VS pendulum appliance for the treatment of moderate skeletal Class II malocclusion. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 132, n.5 , p.616-623, Nov. 2007.

MUSE D.S., et al. Molar and incisor changes with Wilson rapid molar distalization. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 104, n. 6 , p. 556-565, Dec. 1993.

PAPADOPOULOS, M.A.; MELKOS, A.B.; ATHANASIOU, A.E. Noncompliance maxillary molar distalization with the first class appliance: A randomized controlled trial. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 137, p. 586.e1-586.e13, 2010.

PATEL, M.P., et al. Comparative effects of Jones Jig and pendulum appliances. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v. 135, n. 3, p. 336-342, March 2009.