

Aparelhos de Herbst: Uma Alternativa à Cirurgia Ortognática?

Luís Antônio de Arruda Aidar

Gladys Cristina Dominguez

Emílio Carlos Zanatta

Hélio K. Yamashita

Os pacientes portadores de má oclusão Classe II divisão 1ª de Angle, associada à retrognatismo mandibular, no final do crescimento puberal, trazem-nos dúvidas quanto à elaboração do plano de tratamento. Surge a questão: a opção por tratamentos compensatórios pode ser uma alternativa à cirurgia ortognática? Embora Behrents tenha demonstrado que o crescimento craniofacial pode continuar a extensão considerável, em ambos os gêneros, masculino e feminino, após os 30 anos de idade¹, sabemos das limitações do tratamento nas correções de problemas esqueléticos.

Na literatura ortodôntica, existe pouca discordância a respeito da escolha da opção de tratamento para leves e severas más oclusões de Classe II em adultos jovens. Leves problemas de Classe II são resolvidos por camuflagem ortodôntica, e casos severos pela cirurgia ortognática. Discordâncias ocorrem em casos *borderline*, os quais podem ser resolvidos por ambas opções de tratamento².

Uma das maneiras de camuflagem ortodôntica compreende extrações de pré-molares na maxila, permitindo retração dos incisivos para normalizar a sobressaliência e mascarar o problema esquelético existente. Esta é a terapia mais frequentemente escolhida após a idade de 13 ou 14 anos para meninas e 15 ou 16 anos para os meninos. Como o problema de Classe II esquelético permanecerá (retrusão mandibular), esta terapia poderá ter um efeito nocivo sobre a aparência facial³. Por outro lado, entre os aparelhos ortopédicos, tem aumentado a popularidade do aparelho de Herbst para o tratamento da má oclusão de Classe II⁴. No Brasil, sua utilização cresceu muito, principalmente

após os cursos ministrados pelo Professor Hans Pancherz, da Alemanha. Uma das grandes vantagens deste método de tratamento é o fato de ser um aparelho fixo e, por isso, depende de pouca cooperação do paciente. A literatura contemporânea tem mostrado que este método de tratamento pode ser usado em pacientes na curva descendente de crescimento e, em adultos jovens, sem causar efeitos deletérios no sistema estomatognático⁵⁻¹⁴.

Histomorfologia da cabeça da mandíbula

É de suma importância que se faça uma pequena revisão da histologia da cabeça da mandíbula, para que se tenha embasamento científico no uso dos aparelhos ortopédicos funcionais. A articulação temporomandibular (ATM) de um jovem até aproximadamente 20 anos de idade possui a superfície articular da cabeça da mandíbula com quatro camadas facilmente distinguíveis quais sejam, uma mais externa de tecido conjuntivo denso fibroso, o qual é avascular, com os feixes de colágeno tipo I orientados paralelos à superfície articular¹⁵. As fibras são firmemente arranjadas e capazes de suportar as forças do movimento. Essas fibras de tecido conjuntivo propiciam à articulação uma série de vantagens sobre a cartilagem hialina. Entre essas vantagens pode-se citar que as fibras são menos susceptíveis aos efeitos de envelhecimento e apresentam uma capacidade muito maior de reparo

do que a cartilagem hialina¹⁶. Escassos fibroblastos, alguns dos quais são arredondados, estão situados entre as fibras colágenas, dando a impressão de serem fibrocondrócitos. Por essa razão, alguns autores descrevem esta camada superficial como fibrocartilagem. Imediatamente abaixo da camada articular apresenta-se uma camada de células densamente justapostas, chamada de camada pré-condroblástica ou proliferativa, a qual contém numerosas células indiferenciadas, que podem diferenciar-se em fibroblastos ou em condroblastos. Na superfície profunda do pericôndrio, as células achatadas das regiões mais profundas da camada pré-condroblástica dão lugar às células achatadas, que gradualmente assumem a forma mais ovóide e o núcleo denso típico dos condrócitos¹⁷. Esta zona tem sido denominada zona condroblástica. Em um indivíduo jovem, a articulação apresenta abaixo dessa camada a região de ossificação endocondral para o crescimento do ramo e da cabeça da mandíbula propriamente dita. Como pode ser observado, a ATM difere de outras articulações sinoviais do organismo. Enquanto as demais possuem suas estruturas ósseas recobertas apenas por cartilagem hialina, na ATM, a superfície é recoberta por uma camada proliferativa e ainda por outra mais externa de tecido conjuntivo muito denso¹⁵.

Histologicamente vários estudos de protrusão mandibular em animais em crescimento têm demonstrado que o crescimento condilar pode ser estimulado e que a fossa glenóide pode ser remodelada¹⁸⁻²¹. Trabalhos experimentais com protrusão em macacos adultos, também evidenciaram que o crescimento condilar pode ser estimulado e a fossa glenóide pode ser remodelada²¹⁻²⁴. Estudos têm mostrado que zonas de cartilagem de crescimento não mineralizadas e mesênquima indiferenciado estão presentes na cabeça da mandíbula de adultos²⁵⁻²⁸. Então o aumento no comprimento mandibular em pacientes adultos jovens poderia ser possivelmente devido à reativação de células na camada pré-condroblástica. Investigações que avaliaram terapias com fratura condilar^{29,30}, osteotomias mandibulares^{31,32} e reposicionamento mandibular em terapia de deslocamento do disco^{33,34} têm provado que a ATM de pacientes adultos é capaz de remodelação.

ATM – Aparelho de Herbst – Imagens por Ressonância Magnética

As imagens por ressonância magnética (IRMs) têm sido o método de escolha para visualizar diretamente

o disco e as estruturas da articulação³⁵. Isso não acontece com a artrografia e tomografia computadorizada. Estudos comparativos com cortes seccionais em cadáveres e as IRMs têm mostrado uma alta efetividade deste método de diagnóstico^{36,37}. Segundo Katzberg et al.³⁸, a IRM é uma técnica de alto valor para avaliar a posição e a forma do disco, assim como para fornecer informações para o diagnóstico dos desarranjos internos da ATM. De acordo com Ruf e Pancherz⁵, as IRMs oferecem excelente oportunidade para visualizar os processos de crescimento e a remodelação da ATM.

Remodelação da cabeça da mandíbula e fossa mandibular avaliadas por IRMs

Aidar⁷, estudando os efeitos na ATM por meio IRMs, em 20 pacientes tratados com aparelho de Herbst, observou nas IRMs adquiridas em T2 (tempo de relaxação transversal), no tempo intermediário do tratamento (8 a 10 semanas após a colocação do aparelho) uma área distinta com aumento de intensidade de sinal (área brilhante) na região pósterio-superior da cabeça da mandíbula em todas as articulações estudadas, sendo que a forma e a visibilidade desta região variaram entre indivíduos, conforme também mostraram os resultados de Ruf e Pancherz^{5,6}. Esta área de hiper-sinal nas cabeças das mandíbulas, observada no tempo intermediário, praticamente desapareceu nas IRMs finais, com variação individual, corroborando os resultados de Ruf e Pancherz⁶. Da mesma forma, Uematsu et al.³⁹ encontraram um aumento na intensidade de sinal na região pósterio-superior das cabeças das mandíbulas em pacientes tratados com ativador (tempo médio de tratamento de 5,8 meses para o grupo em crescimento e 6,3 meses para o grupo sem crescimento). Por outro lado, Chintakanon et al.⁴⁰ não encontraram aumento na intensidade de sinal nas IRMs das ATMs de pacientes tratados com Twin-block. Os autores acreditam que, em razão das IRMs terem sido obtidas após 6 meses do tratamento com o Twin-block, esse tempo tenha impossibilitado a visualização deste fenômeno.

O aumento da intensidade de sinal na região pósterio-superior da cabeça da mandíbula, facilmente visualizado em T2 (tempo de relaxação transversal) nos estudos acima citados, pode ser um aumento do conteúdo de água no tecido que, possivelmente, seja a hiperplasia da área pré-condroblástica – condroblástica, comprovada histologicamente em estudos

em animais^{20,41,42}, representando uma área ativa de crescimento condilar. Embora as IRMs não permitam realizar diferenciação histológica, esta hipótese é bastante enfatizada⁵.

Com relação à fossa mandibular, Aidar⁷ visualizou nas IRMs adquiridas em T2 (tempo de relaxação transversal) aumento da intensidade de sinal (área brilhante) no espaço discal superior, sugerindo um acúmulo de água nessa área. Essa região com hiper-sinal não existia na IRM inicial, apareceu na intermediária (oito semanas até 10 semanas de tratamento) e, praticamente, desapareceu em todos os casos no final do tratamento. As mudanças na fossa mandibular parecem ocorrer em um período mais avançado do tratamento^{5,6}; essa diferença no tempo de visualização da resposta adaptativa da fossa mandibular pode ser atribuída à ossificação periostal que ocorre no osso temporal e à ossificação endocondral que ocorre na cabeça da mandíbula. A ossificação periostal não está associada com o aumento do conteúdo de água no tecido e não resulta em mudança marcante na intensidade de sinal observada nas IRMs. Por isso, a aposição óssea ao longo da espinha pós-glenóide é visualizada mais tardiamente nas IRMs, isto é, no momento em que o osso neoformado fica consolidado⁵.

Aparelho de Herbst – Posição do disco articular – IRMs

Algumas investigações^{43,44} em voluntários assintomáticos mostraram uma prevalência de deslocamento de disco em torno de 33% (idade média de 28 anos e 30 anos respectivamente). Ribeiro et al.⁴⁵ encontraram em uma amostra, com idade variando de 6 a 25 anos, uma prevalência de deslocamento de disco de 34% (68,4% dos voluntários assintomáticos com idades variando de 12 a 24 anos). Nebbe e Major⁴⁶ também encontraram uma alta prevalência de deslocamento de disco em adolescentes pré ortodontia (idade entre 10 e 17 anos). Diante do exposto e conscientes de que não faz parte da rotina de nossa clínica a solicitação de IRMs, devemos ter em mente os possíveis efeitos do tratamento com aparelho de Herbst na posição do disco articular. Uma leve retrusão do disco comparada com os valores pré-tratamento foi encontrada por Pancherz et al.⁴⁷. Por outro lado, Ruf e Pancherz⁴⁸ afirmaram que as mudanças da posição do disco parecem ser

o resultado da posição anterior do côndilo imediatamente após o tratamento. Sabe-se que a posição anterior do côndilo está associada à posição mais posterior do disco em relação a este côndilo. Da mesma forma Aidar et al.¹² encontraram leves alterações na posição do disco após o tratamento com aparelho de Herbst. Estas mudanças foram dentro de limites fisiológicos avaliadas a curto prazo. Já Foucart et al.⁴⁹ encontraram em três pacientes, de uma amostra de dez (Herbst), deslocamento do disco em uma ou em ambas as articulações. Segundo Ruf e Pancherz⁴⁸ esses resultados podem ser em razão dos autores terem usado um aparelho removível em vez de aparelho de Herbst fixo e terem utilizado IRMs sagitais em vez de parassagitais.

Com relação a pacientes que apresentam deslocamento do disco ao início do tratamento, algumas considerações devem ser realizadas. Com o deslocamento parcial do disco, existe um bom prognóstico para o seu reposicionamento. O aparelho de Herbst deveria ser o método de tratamento de escolha para alcançar o máximo de melhora funcional durante o tratamento ortodôntico. Com o deslocamento total do disco com redução existe um pobre prognóstico para o seu reposicionamento. Com o deslocamento total do disco sem redução, não existe chance para o seu reposicionamento. Existe um bom prognóstico para adaptação dos tecidos e melhora funcional com o uso do aparelho de Herbst⁵⁰.

Tratamento cirúrgico com avanço mandibular x aparelho de Herbst

Ruf e Pancherz² avaliaram em que extensão o tratamento ortopédico com aparelho de Herbst em adultos pode ser uma alternativa à cirurgia ortognática. Para isto compararam os efeitos dento-esqueléticos em 46 indivíduos adultos Classe II divisão 1ª (idade média de 26 anos – 15,7 a 47,6) tratados com tratamento combinado ortodôntico – cirúrgico e 23 indivíduos adultos Classe II divisão 1ª (idade média de 21,9 anos – 15,7 a 44,4 anos) tratados com aparelho de Herbst.

Os autores² encontraram que a maior diferença entre o grupo cirúrgico e o grupo tratado com Herbst foi o maior avanço da base mandibular, resultando em maior redução do ângulo ANB, da grandeza de Wits, da convexidade esquelética e do perfil mole no grupo cirúrgico. Outra diferença marcante entre os 2 grupos

de tratamento foram a direção das mudanças do ângulo do plano mandibular e altura facial posterior. Foi observado um maior aumento na altura facial posterior do que na altura facial anterior (resultando em uma redução do ângulo do plano mandibular) no grupo Herbst, o oposto ocorreu no grupo cirúrgico. Em razão do ângulo do plano mandibular no grupo cirúrgico ser normal ao início do tratamento, o aumento do ângulo deve ser considerado desfavorável no tratamento da Classe II. O aumento angular no grupo cirúrgico foi provavelmente devido à remodelação óssea na área do gônio. Esta remodelação parece continuar por algum tempo após a cirurgia^{51,52}. Todos os indivíduos (grupos cirúrgico e Herbst) foram tratados com sucesso, alcançando um relacionamento oclusal de Classe I com sobressaliência e sobremordida normais. No grupo cirúrgico, a melhora na relação sagital foi alcançada por maiores mudanças esqueléticas do que dentais. No grupo Herbst ocorreu o oposto. Dessa forma, o sucesso da correção oclusal com aparelho de Herbst foi tão alto quanto o do grupo cirúrgico².

Nesse estudo², grandes reduções na convexidade do perfil foram encontradas no grupo cirúrgico comparado com o grupo Herbst. Assim, se a oclusão pode ser corrigida com muito sucesso pelo tratamento com Herbst no adulto, a projeção do queixo e a estética facial pode não ser ótima após a terapia. Se, no entanto, proeminência do queixo é o maior problema para o paciente, realizar uma mentoplastia oferece menor custo, menor risco alternativo para melhorar a estética facial do que a osteotomia sagital mandibular⁵³.

Embora exista controvérsia sobre o efeito da cirurgia ortognática sobre a função da ATM, recentes dados vistos⁵⁴ suportam a visão que pacientes com deslocamento de disco preexistente que sofreram avanço mandibular cirúrgico apresentaram uma significativa piora de problema de disfunção de ATM pós cirurgia. Por outro lado, no grupo dos indivíduos tratados com Herbst, que incluíram 8 dos presentes adultos, a função da ATM melhorou durante o tratamento⁴⁸.

Com relação aos riscos envolvendo a cirurgia ortognática, distúrbios neurossensoriais do lábio inferior afetam 50% dos indivíduos⁵⁵. Adicionalmente má união dos fragmentos ósseos, "splits" não adequados⁵⁶ e reabsorção condilar⁵⁷ são freqüentes complicações. Uma destas, em ortodontia, é a reabsorção radicular. A quantidade dela pode estar correlacionada com a quantidade de redução da sobressaliência e com o movimento horizontal do dente⁵⁸. Além do mais, extensivo torque de raiz palatal, aplicado durante o

tratamento ortodôntico de Classe II, parece ser um fator que predisponha reabsorção radicular dos incisivos superiores⁵⁹. Então, quando comparada cirurgia e ortopedia dentofacial (aparelho de Herbst), os riscos associados à cirurgia são muito maiores.

Em outro estudo, Ruf e Pancherz⁶⁰ avaliaram os efeitos dento-esqueléticos e as mudanças no perfil em adultos jovens comparado com um grupo de adolescentes na fase ascendente do crescimento puberal, tratados com aparelho de Herbst. Os autores encontraram que a melhora na relação sagital dos incisivos e molares foi alcançada mais por mudanças dentais do que esqueléticas. A quantidade de mudança esquelética que contribuiu para a correção da sobressaliência e da relação molar foi menor no grupo de adultos jovens (22% e 25%, respectivamente) do que no grupo adolescente (39% e 41%, respectivamente). Do mesmo modo, a melhora no perfil facial não diferiu nos dois grupos estudados.

Considerações finais e conclusão

Após a revisão da literatura realizada e diante dos resultados apresentados em vários estudos, o profissional deve ter o conhecimento dos mecanismos de ação do tratamento com aparelho de Herbst, estando embasado cientificamente dos benefícios, assim como, das limitações que este método de tratamento apresenta. Sendo assim, podemos concluir que o aparelho de Herbst é um importante dispositivo para o tratamento da má oclusão de Classe II em casos limítrofes, podendo ser usado em pacientes na curva descendente e no final do crescimento puberal, desde que grandes mudanças no perfil facial não sejam o objetivo principal do tratamento. Dessa forma, poderemos utilizar este método alternativo de tratamento de forma efetiva, quando indicado de forma precisa e biologicamente consciente.

Caso Clínico

Paciente do gênero masculino, com 15 anos e 10 meses de idade, apresentando deficiência mandibular e lábios semi-abertos em postura de repouso (Figs. 1 e 2), má oclusão Classe II divisão 1ª de Angle (Figs. 3 a 6), na curva descendente de crescimento puberal (Estágio FM₃ de Björk e Helm⁶¹), ANB de 7°, bom plano mandibular

(FMA 24°), com resultante favorável de crescimento (Fig. 7). Foi utilizado o aparelho de Herbst, associado ao expansor tipo hyrax e arco lingual inferior (Figs. 8, 9, 10 e 11). Foram acrescentados apoios oclusais nos segundos molares superiores e inferiores para evitar a extrusão dos mesmos. O expansor hyrax começou a ser ativado após uma semana da instalação, seguindo o protocolo de 1 volta completa no primeiro dia e meia volta nos dias seguintes, até a correção da deficiência transversal da maxila. O tratamento com aparelho de

Herbst teve a duração de 12 meses, com sobrecorreção da relação dos molares (Figs. 12 e 13). Logo após a remoção, foi instalada a aparelhagem ortodôntica fixa para refinamento da oclusão. Os resultados mostram uma correção predominantemente dentoalveolar para correção da má oclusão, ANB de 6°, sem alteração do plano mandibular (FMA 24°) (Fig. 14), chegando-se a uma boa oclusão ao final do tratamento (Figs. 15, 16 e 17) e melhora da estética facial (Figs. 18, 19 e 20) com ausência de sintomatologia muscular e articular.

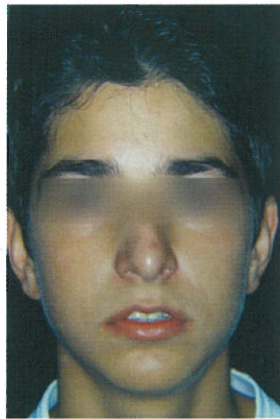


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Figs. 1 e 2 – Fotos iniciais de frente e perfil.
Figs. 3, 4, 5 e 6 – Fotos iniciais intrabucais.



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13

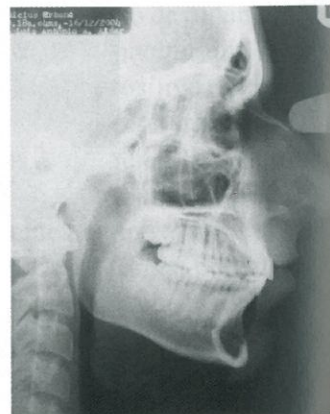


Fig. 14

Fig. 7 – Telerradiografia inicial.

Figs. 8 a 11 – Fotos intrabucais com aparelho de Herbst em posição.

Figs. 12 e 13 – Fotos intrabucais após 12 meses do tratamento com aparelho de Herbst.

Fig. 14 – Telerradiografia final.



Fig. 15



Fig. 16



Fig. 17



Fig. 18



Fig. 19



Fig. 20

Figs. 15 a 17 – Fotos intrabuciais no final do tratamento com aparelhagem fixa.
Figs. 18 a 20 – Fotos finais de frente, perfil e sorrindo.

Referências

1. BEHRENTS, R.G. Growth of the aging craniofacial skeleton: Monograph 17, Craniofacial growth Series. Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, 1985.
2. RUF, S.; PANCHERZ, H. Orthognathic surgery and dentofacial orthopedics in adult Class II Division 1 treatment: Mandibular sagittal split osteotomy versus Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 126:140-152.
3. PANCHERZ, H. Dentofacial orthopedics or orthognathic surgery: Is it a matter of age? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117:571-574.
4. PANCHERZ, H. History, background, and development of the Herbst appliance. *Seminars in Orthodontics* 2003;9:3-11.
5. RUF, S.; PANCHERZ, H. Temporomandibular joint growth adaptation in Herbst treatment: a prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study. *Eur J Orthod* 1998; 20:375-88.
6. RUF, S.; PANCHERZ, H. Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115:607-18.
7. AIDAR, L.A.A. Posição do côndilo e disco das articulações temporomandibulares à ressonância magnética em adolescentes com retrognatismo mandibular tratados com aparelho de Herbst. [tese]. São Paulo; Universidade Federal de São Paulo; 2003.
8. AIDAR, L.A.A.; ABRAHÃO, M.; YAMASHITA, H.K.; DOMINGUEZ-RODRIGUEZ, G.C. Avaliação por meio de ressonância magnética das mudanças da posição dos côndilos nas ATMs de adolescentes com retrognatismo mandibular tratados com aparelho de Herbst. *Ortodontia* 2004;37:34-49.
9. DOMINGUEZ, G.C.; AIDAR, L.A.A.; VIGORITO, J.W. Aparelhos ortopédicos-funcionais no tratamento da Classe II e retrognatismo mandibular em adolescentes: Quando e como tratar baseado em evidências científicas. In: 15º Livro Anual – Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria – XXXVI Encontro Científico. 1ª ed. Santos: Comunicar; 2005. p.37-45.
10. DOMINGUEZ-RODRÍGUEZ, G.C.; VIGORITO, W.; AIDAR, L.A.A. Aparelhos para Tratamento de Classe II Mandibular. In:

- CARDOSO, R.; MACHADO, M. Odontopediatria, Ortodontia, Ortopedia Funcional dos Maxilares, Pacientes Especiais. São Paulo: Ed Artes Médicas, 2003, p. 127-140.
11. AIDAR, L.A.A.; ABRAHÃO, M.; DOMINGUEZ-RODRIGUEZ, G.C. Efeitos, Indicação e Construção de Aparelhos para Tratamento da Classe II Mandibular. In: CARDOSO, R.; MACHADO, M. Odontopediatria, Ortodontia, Ortopedia Funcional dos Maxilares, Pacientes Especiais. São Paulo: Ed. Artes Médicas, 2003, p.141-165.
12. AIDAR, L.A.A.; ABRAHÃO, M.; YAMASHITA, H.; DOMINGUEZ, G.C. Herbst appliance therapy and the temporomandibular joint disc position: A prospective longitudinal MRI study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2006, 129:486-496.
13. AIDAR, L.A.A.; ABRAHÃO, M.; DOMINGUEZ, G.C.; YAMASHITA, H.K. Tratamento do Retrognatismo Mandibular com Aparelho Ortopédico de Herbst. In: SAKAI, E. e colaboradores. Nova Visão em Ortodontia Ortopedia Funcional dos Maxilares. São Paulo: Ed. Santos, 2003, p.589-595.
14. AIDAR, L.A.A.; DOMINGUEZ, G.C.; YAMASHITA, H.K. Avaliação dos mecanismos de adaptação das ATMs à ressonância magnética em adolescentes tratados com aparelho de Herbst. In: SAKAI, E. e colaboradores. *Nova Visão em Ortodontia Ortopedia Funcional dos Maxilares*. São Paulo: Ed. Santos, 2004 (meio digital – CD room).
15. KATCHBURIAN, E.; ARANA, V. Histologia e Embriologia Oral. 1ª ed. Editorial Médica Panamericana; 1999. p.356-373.
16. ROBINSON, P.D. Articular cartilage of the temporomandibular joint: can it regenerate? *Ann R coll Surg Engl* 1993; 75:231-236.
17. LUDER, H.U.; LEBLOND, C.P.; VON DER MARK, K. Cellular stages in cartilage formation as revealed by morphometry, radioautography and type II collage immunostaining of the mandibular condyle from weanling rats. *Am J Anat* 1988; 182:197-214.
18. CHARLIER, J.P.; PETROVIC, A.; HERRMANN-STUTZMANN. Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle. *Am J Orthod* 1969;55:71-4.
19. ELGOYHEN, J.C.; MOYERS, R.E.; McNAMARA JR., J.A.; RIOLO, M.L. Craniofacial adaptation to protrusive function in young rhesus monkeys. *Am J Orthod* 1972;62:469-80.
20. McNAMARA JR., J.A.; CARLSON, D.S. Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function. *Am J Orthod* 1979;76:593-611.
21. HINTON, R.J.; McNAMARA JR., J.A. Temporal bone adaptations in response to protrusive function in juvenile and adult rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Eur J Orthod* 1984;6:155-74.
22. WOODSIDE, D.G.; METAXAS, A.; ALTUNA, G. The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodeling. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987;92:181-98.
23. WOODSIDE, D.G.; ALTUNA, G.; HARVOLD, E.; HERBERT, M.; METAXAS, A. Primate experiments in malocclusion and bone induction. *Am J Orthod* 1983;83:460-8.
24. McNAMARA JR., J.A.; HILTON, R.J.; HOFFMAN, D.L. Histological analysis of temporomandibular joint adaptation to protrusive function in young adult rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Am J Orthod* 1982;82:288-98.
25. BLACKWOOD, H.J.J. Adaptive changes in the mandibular joints with function. *Dent Clin North Am* 1966;559-66.
26. DURKIN, J.; HEELEY, J.; IRVING, J.T. The cartilage of the mandibular condyle. *Oral Sci Rev* 1973;2:29-99.
27. HANSON, T.; NORDSTRÖM, B. Thickness of the soft tissue layer and the articular disc in the temporomandibular joint with deviations in form. *Acta Odontol Scand* 1977;35:281-8.
28. PAULSEN, H.U.; THOMSEN, J.S.; HOUGEN, H.P.; MOSKILDE, L. A histomorphometric and scanning microscopy study of human condylar cartilage and bone tissue changes in relation to age. *Clin Orthod Res* 1999;2:67-78.
29. JACOBSEN, P.U.; LUND, K. Unilateral overgrowth and remodeling processes after fracture of the mandibular condyle. *Scand J Dent Res* 1972;80:68-74.
30. LINDAHL, L.; HOLLENDER, L. Condylar fractures of the mandible. II: a radiographic study of remodeling processes in the temporomandibular joint. *Int J Oral Surg* 1977;6:153-65.
31. EDLUND, J.; HANSSON, T.; WILLMAR, K. Sagittal splitting of the mandibular ramus. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1979;13:437-43.
32. HOLLENDER, L.; RIEDELL, A. Radiography of the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami. *Scand J Dent Res* 1974;82:466-9.
33. HELLSING, G.; HOLLENDER, L.G.; CARLSSON, G.E.; JOHANSSON, B. Temporomandibular joint adaptation to mandibular repositioning in adult occlusal rehabilitation. *J Craniomand Pract* 1985;3:273-9.
34. WESTESSON, P.L.; LUNDH, H. Temporomandibular joint disk displacement: arthrographic and tomographic follow-up after 6 months treatment with disk-repositioning onlays. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988;66:271-8.
35. PALACIOS, E.; VALVASSORI, G.E.; SHANNON, M.; REED, C.F. Magnetic resonance of the temporomandibular joint. Stuttgart Georg Thieme Verlag, 1990.132p.
36. KATZBERG, R.W. Temporomandibular Joint Imaging [published erratum in *Radiology* 1989;171:584]. *Radiology* 1989;170:297-307.
37. TASAKI, M.M.; WESTESSON, P.L. Temporomandibular joint: diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging. *Radiology* 1993;186:723-9.
38. KATZBERG, R.W.; WESTESSON, P.L.; TALLENTS, R.H.; ANDERSON, R.; KURITA, K.; MANZIONE, J.V.; et al. Temporomandibular joint: MR assessment of rotational and sideways disk displacements. *Radiology* 1988;169:741-8.
39. UEMATSU, H.; ICHIDA, T.; MASUMI, S.I.; MORIMOTO, Y.; TANAKA, T.; KONOO, T.; YAMAGUCHI, K. Diagnostic image analyses of activator treated temporomandibular joint in growth and maturing stages. *J Craniomand Practice* 2002;20:254-263.
40. CHINTAKANON, K.; SAMPSON, W.; WILKINSON, T.; TOWNSEND, G. A prospective study of twin-block appliance therapy assessed by magnetic resonance imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:494-504.
41. STÖCKLI, P.W.; WILLERT, H.G. Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey. *Am J Orthod* 1971;60:142-55.
42. STUTZMANN, J.; PETROVIC, A. Role of the lateral pterygoid muscle and menisco-temporomandibular frenum in spontaneous growth of the mandible and in stimulated by the postural hyperpropulsor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;97:381-92.
43. KATZBERG, R.W.; WESTESSON, P.L.; TALLENTS, R.H.; DRAKE, C.M. Orthodontics and temporomandibular joint internal derangement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:515-20.

44. KIRCOS, L.T.; ORTENDAHL, D.A.; MARK, A.S.; ARAKAWA, M. Magnetic resonance imaging of the TMJ disc in asymptomatic volunteers. *J Oral Maxillofac Surg* 1987;45:852-854.
45. RIBEIRO, R.F.; TALLENTS, R.H.; KATZBERG, R.W.; MURPHY, W.C.; MOSS, M.E.; MAGALHÃES, A.C.; TAVANO, O. et al. The prevalence of disc displacement in symptomatic and asymptomatic volunteers aged 6 to 25 years. *J Orofac Pain* 1997;11:37-47.
46. NEBBE, B.; MAJOR, P.W. Prevalence of TMJ disc displacement in a pre-orthodontic adolescent sample. *Angle Orthod* 2000;70:454-463.
47. PANCHERZ, H.; RUF, S.; THOMALSKE-FAUBERT, C. Mandibular articular disk position changes during Herbst treatment: a prospective longitudinal MRI study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:207-14.
48. RUF, S.; PANCHERZ, H. Does bite-jumping damage the TMJ? A prospective longitudinal clinical and MRI study of Herbst patients. *Angle Orthod* 2000;70:183-99.
49. FOUCART, J.M.; PAJONI, D.; CARPENTIER, P.; PHARABOZ, C. MRI study of temporomandibular joint disk behavior in children with hyperpropulsion appliances. *Orthod Fr* 1998;69:79-91.
50. RUF, S. Short – and Long – Term effects of the Herbst appliance on temporomandibular joint function. *Seminars in Orthodontics* 2003;9:74-86.
51. MIHALIK, C.A.; PROFIT, W.R.; PHILLIPS, C. Long term follow-up of Class II adults treated with orthodontic camouflage: a comparison with orthognathic surgery outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:266-278.
52. SCHUBERT, P.; BAILEY, L.T.J.; WHITE, R.P.; PROFFIT, W.R. Long-term cephalometric changes in untreated adults compared to those treated with orthognathic surgery. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1999;14:91-99.
53. PROFFIT, W.R.; TURVEY, T.; MORIARTY, J.D. Augmentation genioplasty as an adjunct to conservative orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1981;79:473-491.
54. WOLFORD, L.M.; REICHE-FISCHEL, O.; PUSHKAR, M. Changes in temporomandibular joint dysfunction after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:655-660.
55. KIYAK, H.A.; BELL, R. Psychosocial considerations in surgery and orthodontics. In: RUF, S.; PANCHERZ, H. Orthognathic surgery and dentofacial orthopedics in adult Class II Division 1 treatment: Mandibular sagittal split osteotomy versus Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 126:140-152.
56. PANULA, K.; OIKARINEN, K.; FINNE, K. Incidence of complications and problems related to orthognathic surgery: a review of 655 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;10:1128-1137.
57. CASSIDY, D.W.; HERBOSA, E.G.; ROTSKOFF, K.S.; JOHNSTON, L.E. A comparison of surgery and orthodontics in "borderline" adults with Class II Division 1 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:455-470.
58. SAMESHIMA, G.T.; SINCLAIR, P.M. Predicting and preventing root resorption. I Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:505-510.
59. KALEY, J.; PHILLIPS, C. Factors related to root resorption in the orthodontic practice. *Angle Orthod* 1991;61:125-132.
60. RUF, S.; PANCHERZ, H. Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod* 1999;69:239-246.
61. BJÖRK, A.; HELM, S. Prediction of age maximum pubertal growth in body height. *Angle Orthod* 1967;37:134-43.