

ANÁLISE BIOMECÂNICA COMPARATIVA DA POSTURA DE TRABALHO DOS CIRURGIÕES-DENTISTAS

Alison Alfred Klein, F.T.; Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, Eng Dr. , André Luis Felix Rodacki, E.F. Phd.

Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica / Universidade Federal do Paraná

Centro Politécnico

81.531-990 – Curitiba, Paraná

Email: alison@sefit.com.br

Palavras-chave: Ergonomia, Postura de Trabalho, Biomecânica, Odontologia

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar as posturas mais praticadas no trabalho de cirurgiões dentistas. Dez estudantes de odontologia foram filmadas com marcadores reflectivos nos seus centros articulares, para fornecer as coordenadas para um modelo cinemático formado por cabeça, pescoço, tronco e joelho. Um modelo de seis segmentos foi empregado para calcular os momentos de força [ombro, C7/T1 e L5/S1], força de compressão, força de cisalhamento e força muscular em nível de L5/S1. Os resultados demonstraram que as posições de 9 e 12 horas não apresentam diferenças quanto a angulação de cabeça e pescoço, assim como nos momentos de força em C7/T1 e nos ombros. Porém, a posição de 12 horas impôs ao indivíduo menor carga compressiva, muscular, de cisalhamento, além de apresentar momentos de força em L5/S1 menores. Concluiu-se que a posição de 12 horas demonstrou-se menos desgastante para os cirurgiões-dentistas na prática da Odontologias.

Keywords: instructions, guidelines, ABERGO 2006.

The objective of this study was to more analyze and to compare the positions practiced in the work of surgeons dentists. Ten students of odontology had been filmed with reflexives markers in its centers to articulate, to supply the coordinates a kinematic model formed by head, neck, trunk and knee. A model of six segments was used to calculate the force moments [shoulder, C7/T1 and L5/S1], compression force, force of shear and muscular force in level of L5/S1. The results had demonstrated that the positions of 9 and 12 hours do not present differences how much the angle of head and neck, as well as at the moments of force in C7/T1 and in the shoulders. However, the position of 12 hours imposed to the lesser individual compress load, muscular, of shear, beyond presenting moments of force in L5/S1 lesser. One concluded that the position of 12 hours was demonstrated less consuming for the surgeon-dentists in the practical one of the Odontology.

1. INTRODUÇÃO

No passado, os cirurgiões-dentistas trabalhavam em pé, ao lado da cadeira, com o paciente sentado numa cadeira semelhante aquela utilizada pelos barbeiros. Com a evolução dos equipamentos de trabalho, a cadeira do paciente evoluiu e, atualmente o paciente é posicionado deitado. Apesar das melhorias impostas na cadeira do paciente, o dentista permanece sentado ao lado do paciente em uma banqueta giratória com encosto lombar e rodas (mocho). A sua utilização objetivou melhorar o deslocamento e possibilitar que o dentista desempenhasse suas funções numa posição sentada de forma a propiciar mais conforto e reduzir o efeito cumulativo da jornada de trabalho (FINSSEN *et al.*, 1998; POLLACK, 1996). Estudos epidemiológicos reportam elevada incidência (82,2%) de queixas de dores na coluna lombar ou cervical (KLEIN *et al.*, 2003).

Objetivando comparar a sobrecarga aplicada sobre a coluna vertebral de duas posturas comumente adotadas por cirurgiões-dentista e obtendo uma melhor compreensão das forças aplicadas sobre as estruturas da coluna vertebral para auxiliar na determinação dos mecanismos de lesão relacionados aos cirurgiões-dentistas.

1.1 Modelo biomecânico

A pressão intra-abdominal [IAP] tem sido citada como auxiliar nas atividades de levantamento da coluna, como também na diminuição da pressão intra-discal (MARRAS, 1996). Porém a IAP é comumente considerada

estabilizadora da coluna lombar, e sua função não é bem conhecida ainda; algumas hipóteses sugerem que exerça uma força hidrostática na cavidade abdominal, para baixo contra o assoalho pélvico e para cima contra o diafragma, gerando um momento extensor na coluna vertebral (CHOLEWICKI *et al*, 1999; DAGGFELDT, 1997; ESSENDROP *et al*, 2002; HODGES *et al*, 2001). Entende-se ainda que a IAP pode chegar a 53,1 mmHg, numa contração isométrica de flexão de tronco (MIYAMOTO *et al*, 1999). a IAP pode gerar um momento de força extensora de até 6 Nm. (HODGES *et al*, 2001)

O braço de alavanca da força abdominal pode ser calculado considerando-o a meia distância entre a parede abdominal e o centro da coluna, podendo segundo determinar esta distancia com base na seguinte equação $(2,44)+(0,04)x(\text{altura sentado})$ (JORGENSEN *et al*, 2001)

Nos homens o braço de alavanca da musculatura extensora varia entre 4,2 e 6,7 cm (DAGGFELDT, 2002; WOOD *et al*, 1996). A distância do centro da articulação L5/S1 ao centro muscular dos eretores, pode ser calculado utilizando a seguinte equação: $(-3,39)-(0,016)x(\text{altura sentado})$ (JORGENSEN *et al*, 2001).

2. METODOLOGIA

Participaram da coleta de dados dez acadêmicas do curso de odontologia ($20,9 \pm 4,79$ anos; $1,63 \pm 0,05$ m; $55,3 \pm 3,77$ kg) de uma instituição de Curitiba-Pr. Os sujeitos foram informados sobre os objetivos do estudo e concordaram em participar do experimento.

As forças compressivas e de cisalhamento, a força muscular e o momento de força ao redor da articulação entre L5/S1, os momentos de força ao redor da articulação entre C7/T1 e ombro foram calculados em duas posições. Assim, as posições de 9 e 12 horas (conforme a Federação Dentária Internacional) foram avaliadas no início de procedimentos de inspeção clínica, a qual foi conduzida com os pacientes colocados em equipamento odontológico (Gnatus, Landus VZ-F). Os dentistas posicionados em um mocho (Gnatus) que foi previamente ajustado para a estatura dos participantes de forma que os pés permaneceram completamente apoiados sobre o solo. O apoio lombar do mocho foi removido para que a quantificação das variáveis relacionadas à coluna lombar. A inspeção bucal na posição de 9 horas foi realizada com o dentista colocado ao lado direito do sujeito, enquanto que o dentista se posicionou atrás da cabeça do paciente a posição de 12 horas. Tais posições tem sido descritas como as mais utilizadas por dentistas durante um número de procedimentos (BARROS, 1999; PIRES do RIO, 2000; RIO, 2001).

A tarefa foi filmada no plano sagital, com uma câmera de vídeo (Sony – TRV30 – NTSC), posicionada perpendicularmente ao eixo axial do individuo e nivelada em relação ao solo, com o foco da lente à uma altura de 90 cm do solo e distante 2,5 m da borda do mocho. As imagens foram digitalizadas utilizando-se um conversor digital-analógico (Pinnacle Studio 7.11 SE Linx). Um conjunto de marcas colocadas sobre a pele e vestimenta (roupas de lycra) foi utilizado para identificar uma série de pontos anatômicos: tornozelo (maléolo lateral), joelho (ponto mais lateral da linha articular), quadril (ponto palpável do trocânter maior), ombro (ponto palpável mais lateral do acrômio), cotovelo (epicôndilo lateral), punho (processo estilóide), articulações L5/S1 e C7/T1 (respectivos processos espinhosos) e cabeça (sobre o processo mastóide). As coordenadas destes pontos serviram como referência para formar um modelo biomecânico composto por 6 segmentos: perna (tornozelo, joelho), coxa (joelho, quadril), pelve (quadril, L5/S1); tronco (L5/S1, T7/T1); cabeça (C7/T1, processo mastóide) e membros superiores (ombro, cotovelo, mão).

A partir do modelo biomecânico, as seguintes variáveis foram determinadas: ângulo do joelho (K), ângulo do torso (T), ângulo da cabeça (C) e ângulo do pescoço, ângulo de inclinação da pelve (θ). A força de compressão (FC), a força de cisalhamento (FS), a força muscular (FM), o momento ao redor das articulações L5/S1 foram calculadas através do modelo proposto por Chaffin & Andersson (1991). Os momentos ao redor das articulações C7/T1 e ombro (MMSS) também foram calculadas. Para efeito de análise foi escolhido apenas o quadro no qual a voluntária apresentava a maior inclinação do tronco.

3. RESULTADOS

Tabela 1 – Ângulos verificados nas posições de trabalho

	Ângulos encontrados (°)									
	12 – horas (n=10)					9 – horas (n=10)				
	T	K	θ	Pescoço	Cabeça	T	K	θ	Pescoço	Cabeça
Média	11,4	91,3	93,7	114	130,9	16,1	101,6	93,8	113,2	131
D.P.	5,2	14,7	4,9	10,97	9,34	6,7	18,2	8,4	10,6	15,2
Min	11	101	101	96	121	5	81	82	95	110
Max	16	101	86	130	149	29	128	108	129	162

A tabela 1 sumariza os ângulos verificados nas posições de trabalho, assim como seu desvio padrão e valores máximos e mínimos encontrados.

O ângulo do tronco em relação à vertical (ângulo T) na posição de 12 horas foi inferior ($p=0,028$) ao encontrado na posição de trabalho de 9 percebe-se que na média não houve variação entre as horas. Quanto ao ângulo duas posições ($p=0,878$). O ângulo do joelho (K) na posição de trabalho de 9 horas, foi maior ao encontrado na posição de 12 horas; uma diferença média de 11,3% ($p=0,050$), foi encontrada entre as posições. O ângulo de inclinação do pescoço na posição de 12 horas obteve uma diferença média de 0,7% ($p=0,646$). Na inclinação de cabeça nota-se um equilíbrio nas médias com uma diferença de apenas 0,07 % ($p=0,952$).

Tabela 2 – Momentos de força encontrados nas posições de trabalho

	Momentos de Força (Nm)					
	12 – horas (n=10)			9 – horas (n=10)		
	Momento em L5/S1	Momento em C7/T1	Momento MMSS	Momento em L5/S1	Momento em C7/T1	Momento MMSS
Média	52,5	6,3	4,7	57,9	6,0	5,4
D. P.	8,2	0,9	1,3	8,3	1,1	2,3
Min	45,5	5,0	2,5	49,2	4,8	0,4
Max	73,4	7,6	6,4	74,6	8,0	8,0

O momento de força calculado para a articulação L5/S1 teve foi maior na condição de 9 horas, uma diferença média de 10,2% ($p=0,047$) em relação a outra posição. Pode-se observar que o momento de forças em C7/T1 obteve uma diferença de apenas 5,0% ($p=0,168$). O momento de força exercido pelos membros superiores na articulação do ombro teve uma variação 14,9 % na média ($p=0,50$).

A Tabela 3 apresenta as relações de forças avaliadas. Os valores médios encontrados são maiores em 9 horas em relação ao de 12 horas, onde a força muscular alcançou uma diferença de 10,3% ($p=0,047$). A força de cisalhamento apresentou diferença média de 3,7% ($p=0,036$). E no cálculo da força de compressão na média a diferença foi de 9,3% ($p=0,047$).

Tabela 3 – Forças calculadas em L5/S1

	Forças calculadas (N)					
	12 – horas (n=10)			9 – horas (n=10)		
	Muscular	Cisalhamento	Compressão	Muscular	Cisalhamento	Compressão
Média	2707,6	173,8	2924,8	2988,0	180,3	3198,3
D.P.	462,1	11,4	468,8	495,2	13,7	499,4
Min	2170,7	149,9	2372,3	2451,2	158,5	2659,3
Max	3684,5	193,2	3888,4	3775,1	200	4016,6

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, percebeu-se uma tendência de valores maiores na posição de 9 horas em relação a de 12 horas. Surpreendentemente a posição mais inclinada de tronco não gerou diferenças nas angulações de cabeça e pescoço. Esperava-se que a estratégia utilizada fosse a de que quanto menos inclinado estivesse o tronco mais inclinado estivesse a cabeça e o pescoço, fato que não ocorreu.

O campo de visão do odontólogo é dificultado, invariavelmente, quando trabalhando com os dentes no paciente, necessita se adaptar as limitações da boca, além de ter que desempenhar seus afazeres em dentes inclinados, tem ainda que atuar de forma a não se apoiar no paciente e manter os campos cirúrgicos não contaminados. Os dentistas mantêm-se em flexão do pescoço e cabeça a maior parte do tempo, porém a metodologia empregada para a mensuração dos ângulos nestes trabalhos não foi elucidada, impedindo a possibilidade de discutir tais dados (BARROS,1999; SMITH *et al*, 2002)

A posição da cabeça e do pescoço é fator determinante do momento de força existente na articulação de C7/T1, uma vez estando o pescoço mais inclinado para frente, o centro de massa da cabeça se desloca anteriormente aumentando este momento, como também a inclinação da cabeça em relação ao pescoço, porém esta última interfere em menor intensidade. Os resultados deste trabalho demonstraram um equilíbrio desta variável, provavelmente ocorre devido ao fato de seu movimento de tronco limitado pela cabeça do paciente, na posição de 12 horas, e pela proximidade com a boca do paciente na posição de 9 horas permitindo que em ambas as situações pudessem permanecer com posturas semelhantes. Em estudo epidemiológico, encontrou-se que 59,4% dos cirurgiões dentistas relatam queixas de algias na região do pescoço (KLEIN *et al*, 2003). Dados semelhantes ao também são citados, onde 58,3% dos profissionais apresentaram tal queixa, em ambos os estudos não é descrito em qual posição de trabalho (SAQUY,1996). Ainda sobre a inclinação de cabeça, sabe-se que esta inclinação demonstra a direção do foco de visão, dado o equilíbrio entre as duas posições de trabalho, demonstra que a estratégia utilizada pelas voluntárias para focalizar seu campo de trabalho pode estar vinculada a posição dos olhos, dado que não foi avaliado.

A maior inclinação do tronco (ângulo T) foi encontrada na posição 9 horas (média de 16,1°), porém, em ambos os grupos o valor encontrado foi abaixo do citado na literatura, onde alega-se que os cirurgiões-dentistas mantêm uma flexão de tronco em torno de 20° durante 99% do tempo (FINSSEN *et al*, 1998). A consequência da manutenção desta flexão leva a um aumento da atividade muscular e tende a direcionar a força de compressão do disco

intervertebral para região anterior da vértebra ocasionando uma perda maior de líquido do disco nesta região (ADAMS & HUTTON, 1985). Acredita-se que a diferença seja determinada pela postura em relação ao paciente, pelas limitações já citadas da cabeça do paciente. O momento de força em L5/S1, é diretamente afetado com a inclinação do tronco que distancia o centro de massa da articulação em questão, conforme aumenta o ângulo T; este dado fica evidente ao se observar a média do momento de força em L5/S1, que em 12 horas apresentou-se sensivelmente inferior. Pode-se dizer que esta posição de trabalho exige um esforço muscular menor, considerando a musculatura lombar. Esta informação é confirmada ao se observar os valores obtidos para a força muscular em L5/S1, que foi inferior (10,3%) no grupo de trabalho de 12 horas. Nota-se ainda que os valores obtidos no cálculo de força muscular ficaram acerca dos propostos na referência como aceitáveis, considerado para as mulheres valores entre 2200 e 5500 N, porém tais estudos não levam em consideração o tempo de permanência na posição (FARFAN *appud* CHAFFIN & ANDERSSON, 1991)

Os resultados obtidos demonstram que na posição de trabalho em 9 horas a força de cisalhamento é maior que na de 12 horas, compreensível pelo fato desta força ser diretamente relacionada com a inclinação do tronco, que como já mencionado foi maior na posição de 9 horas. Esta força também é influenciada pela posição das pernas em relação ao tronco que posicional o quadril, e é potencializada quando o indivíduo mantém as pernas em flexão, confirma-se este dado observando-se a angulação encontrada para o joelho com uma diferença média entre as posições de 11,3% ($p=0,050$), que foi superior no grupo de 9 horas, e ângulo θ apresentou semelhante nos dois grupos, isto demonstra uma estratégia de manter as pernas mais flexionadas e com os pés abaixo do assento na situação de trabalho em 9 horas do que em 12 horas.

A força de cisalhamento aplica pressão sobre os processos articulares e no anel fibroso, assim como a não manutenção da biomecânica e geometria da coluna vertebral aumenta muito o risco de aparecimento de dores lombares e distúrbios degenerativos (CHAFFIN & ANDERSSON, 1991; PEREIRA, 1993). Chegando ainda a causar alterações das curvaturas naturais da coluna vertebral (CAILLET, 1976; FINSEN *et al*, 1998; MIDORIKAWA *et al*, 1998;). Estudos indicam que entre 53,4% e 68,7% dos cirurgiões-dentistas sofrem de dores lombares (CECIN *et al*, 1991; KLEIN *et al*, 2003).

Nota-se ainda que a força de compressão é superior na situação de trabalho de 9 horas, obtendo valores próximos ao limite do considerado saudável, segundo o critério do NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), a força de compressão para trabalhos contínuos não deve ultrapassar 3400 N. (NIOSH, 1981 *appud* CHAFFIN & ANDERSSON, 1991; SKOTTE *et al*, 2002 e LAVANDER *et al*, 2003). Portando os valores encontrados ficaram dentro dos limites considerados aceitáveis.

5. CONCLUSÃO

Após a análise biomecânica da postura adotada pelos cirurgiões dentistas, considerando as duas posições mais utilizadas, conclui-se que as voluntárias atuaram com angulações semelhantes de posicionamento da cabeça, pescoço e joelho, porém apresentaram uma inclinação menor de tronco na posição de 12 horas. A consequência desta estratégia adotada, levou a valores semelhantes também nos momentos de força aplicados na articulação do ombro e das vértebras C7/T1. Contudo o momento de força aplicado na articulação de L5/S1 foi superior na posição de trabalho de 9 horas, assim como a força muscular, força de compressão e cisalhamento exigidas nesta posição, tornando a posição de trabalho de 9 horas a mais desgastante do ponto de vista físico, analisado neste estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, O. B.. Ergonomia 1 – A eficiência ou rendimento e a filosofia correta de trabalho em Odontologia. 2 ed. São Paulo: Pancast, 1999.
- CAILLET, R. Pescoço e Braço, São Paulo: Manole, 1976.
- CECIN, H. A.; MOLINAR, M. H. C.; LOPES, M. A. B.; MORICKOCHI, M.; FREIRE, M.; BICHUETTI, J. A. N.; Dor Lombar e Trabalho, Revista Brasileira de Reumatologia – vol 31 n 2 – mar/abr – 1991.
- CHAFFIN, D. B. & ANDERSSON, G. B. J.: Occupational Biomechanics. 2ª ed – John Wiley & Sons, 1991.

- CHOLEWICKI, J.; JULURU, K.; MCGILL, S. M.: Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, 32, p 13-17, 1999.
- DAGGFELDT, K.; THORSTENSSON, A.: The role of intra-abdominal pressure in spinal unloading. *Journal of Biomechanics*, 30 p 1149-1155, 1997.
- DAGGFELDT, K.; THORSTENSSON, A.: The mechanics of back-extensor torque production about the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, 36 p 815-825, 2002.
- ESSENDROP, M.; ANDERSEN, T. B.; SCHIBYE, B.: Increase in spinal stability obtained at levels of intra-abdominal pressure and back muscle activity realistic to work situations. *Applied Ergonomics*, 33 – p 471-476, 2002.
- FINSEN, L. et al. Musculoskeletal disorders among dentists and variation in dental work. *Applied Ergonomics*, vol. 29, n. 2, p. 119-125, Elsevier Science Ltd., 1998.
- HODGES, P. W., CRESSWELL, A. G., DAGGFELDT, K.; THORSTENSSON, A.: In vivo measurement of the effect of intra-abdominal pressure on the human spine. *Journal of Biomechanics* – 37 – 347 – 353 – 2001.
- JORGENSEN, M. J.; MARRAS, W. S.; GRANATA, K. P., WIAND, J. W.: MRI-derived moment-arms of the female and male spine loading muscles. *Clinical Biomechanics*, 16, p 182-193, 2001.
- KLEIN, A. A. et al.: Incidência de Algias em Cirurgiões-Dentistas especialistas em Ortodontia e Ortopedia Facial. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ODONTOLOGIA DO PARANÁ, VII., 2003, Curitiba. Disponível em Acesso em 10 out. 2003
- LAVANDER, A. A.; Andersson, G. B. J.; Schipplein, O. D. The effects of initial lifting height, load magnitude, and lifting speed on the peak dynamic L5/S1 moments. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 31, p. 51-59, 2003.
- MARRAS, W. S.; MIRKA, G. A.; Intra-abdominal pressure during trunk extension motions, *Clinical Biomechanics*, v 11, n 5, 1996.
- MIDORIKAWA, E.T. et al. Um estudo das LER's (lesões por esforços repetitivos) em cirurgiões-dentistas. *RPG*, v.5, n.4, out/nov/dez. 1998.
- MIYAMOTO, K.; IUMA, N.; MAEDA, M.; WADA, E.; SHIMIZU, K.: Effects of abdominal belts on intra-abdominal pressure, intra-muscular pressure in the erector spinae muscles and myoelectrical activities of trunk muscles. *Clinical Biomechanics*, 14, p 79-87, 1999.
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, A work practices guide for manual lifting, Tech. Report N° 81-122, U.S. Dept. of Health and Human Services (NIOSH) Cincinnati, OH, 1981. in CHAFFIN, D. B. & ANDERSSON, G. B. J.: *Occupational Biomechanics*. 2ª ed – John Wiley & Sons, 1991.
- PEREIRA, R. W. L. Riscos ocupacionais dos odontólogos: agentes causais e medidas preventivas. *Odontólogo Moderno*, v.20, n.5, p.17-19, set/out. 1993.
- PIRES DO RIO, L. M. S.; *Ergonomia Odontológica*. Revista do CROMG, v. 6, n. 1, jan/abr. 2000.
- POLLACK, R. Dental office ergonomics: how to reduce stress factors and increase efficiency. *Journal Can. Dent. Assoc.* v. 62, p. 508-510, 1996.
- RIO, R. P. & PIRES DO RIO, L. M. S. P.; *Manual de Ergonomia Odontológica*, 2ª ed, Belo Horizonte: Conselho Reg. de Odontologia de Minas Gerais, 2001.
- SAQUY, P. C. A ergonomia e as doenças ocupacionais dos cirurgiões-dentistas. *Robrac*, v. 6, n. 20, p. 14-18, 1996.
- SIGEL, S. *Estatística não paramétrica*. São Paulo: McGRAW HILL, 1977
- SKOTTE et al. A dynamic 3D biomechanical evaluation of the load on the low back during different patient-handling tasks, *Journal of Biomechanics* – 35, 1357-1366, 2002.
- SMITH, C. A.; SOMMERICH, C. M.; MIRKA, G. A.; GEORGE, M. C.: An Investigation of ergonomic interventions in dental hygiene work, *Applied Ergonomics*-33, 175-184 – 2002.
- WOOD, S.; PEARSALL, D. J.; ROSS, R.; REID, J.G: Trunk muscle parameters determined from MRI for lean to obese males, *Clinical Biomechanics* – v 11, n 3, p 139-144, 1996.