

4 Ergonomia da postura sentada - II

4.1 Medidas de pressão sob a pelve na postura sentada

Como se viu anteriormente, qualquer perfil de assento, mesmo muito confortável no início, torna-se progressivamente incômodo após um longo e ininterrupto tempo sentado (Roebuck 1995; Bendix, *apud* Lueder 1994). Além do desconforto provocado pela imobilização e deformação na coluna vertebral e na pelve, há necessidade de mudanças de posição para aliviar a pressão sob as tuberosidades isquiáticas e coxas, facilitando a circulação sanguínea (Sember III, *apud* Lueder, 1994; Moraes 2000).

Ao estudar a distribuição do peso na postura sentada, Moraes (2000) mostra o eixo sagital de suporte do tronco passando através da projeção do ponto mais baixo das tuberosidades isquiáticas sobre a superfície do assento. Ao se sentar, portanto, o ser humano apóia cerca de 75% de todo o peso de seu tronco sobre essas tuberosidades, cuja área não passa de 26 cm². Com esses dados, Moraes aponta a compressão altíssima exercida sobre a área caudal da nádega, de 6 a 7 kg/cm². Nesse capítulo vão ser estudados autores de ergonomia (tabela 4.1) com estudos dos efeitos da pressão do peso do corpo sobre a pelve na postura sentada.

Tabela 4.1: Sumário dos autores*

Autor	Tarefa	Sujeitos/ Objetivos	Abordagem	Resultados
(1) Sember III (<i>apud</i> Lueder 1994)	Análise biomecânica design/anatomia	Almofada computadorizada p/medidas de pressão	Experimento em assentos de automóveis	1.Recomendação de assento com apoio total 2. Assento com compressor
(2)Gyi e Porter (1999)	Previsão de desconforto em automóveis	N=14,12. Almofada computadorizada p/medidas de pressão	Experimentos (1)densidade da espuma e (2)espaço para membros inferiores	1. Inconsistência nos dados 2. Influência significativa da constituição física

*Segundo modelo de Gall, Borg, 1996

4.1.1

Análise biomecânica da região lombar em bancos de automóveis (Sember III, apud Lueder, 1994)

Analisando a relação biomecânica entre o design do assento e a anatomia humana, Sember III usou os seguintes materiais e métodos:

4.1.1.1

Material e métodos

(a) Almofada para medidas de pressão sobre uma superfície de assento, formando uma grade com 15 linhas por 15 colunas, desenvolvida posteriormente com 32 linhas por 32 colunas com sensores elétricos.

(b) *Mux*: A almofada é conectada a um *multiplexer Box (Mux)* que recebe a leitura dos sensores da almofada e converte em sinais transmitidos ao computador.

(c) *Force Sensing Array (FSA Program software)* onde os dados são transformados em gráficos. Os valores são medidos em mm Hg (*mercury*), *psi* (*pounds per square inch*) ou *kilopascals*.

4.1.1.2

Conceitos básicos

a) Tecidos ósseos e tecidos moles

Tuberosidades isquiáticas e trocânteres são as proeminências ósseas mais próximas ao assento, sendo as partes da pelve submetidas a maior pressão na postura sentada (figura 4.1).

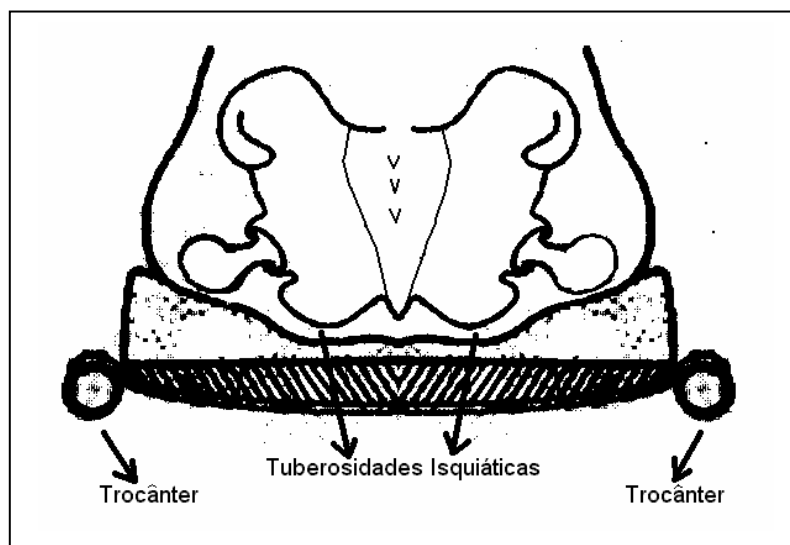


Figura 4.1. Apoios da pelve sobre almofada: ao centro, tuberosidades isquiáticas (TI)
Lateralmente, trocânteres (Lueder 1994)

Assim que se assume a postura sentada, posição antinatural segundo o autor, os tecidos do corpo começam a reagir à pressão da gravidade: a gordura e o tecido muscular diretamente sob as tuberosidades isquiáticas se deslocam lentamente, fugindo da área de pressão óssea, deixando os ossos pressionarem a pele. Ao se persistir na posição sentada, os capilares que irrigam a pele sob os ossos são forçados a se fechar e a pele começa a se necrosar. Numa situação de constrangimento postural o ponto de necrose é atingido entre 10 e 15 minutos. A primeira sensação é de queimação sob os ísquios, depois sob os trocânteres, quando os tecidos moles se afastaram e a área de pressão aumentou. Se o sujeito não se movimentar a sensação de dor nos tecidos moles chega a 8,2 *psi* (*pounds per square inch*) em cerca de 30 minutos.

Somam-se às pressões sob as tuberosidades isquiáticas (TI) e as coxas alguns constrangimentos na coluna lombar baixa:

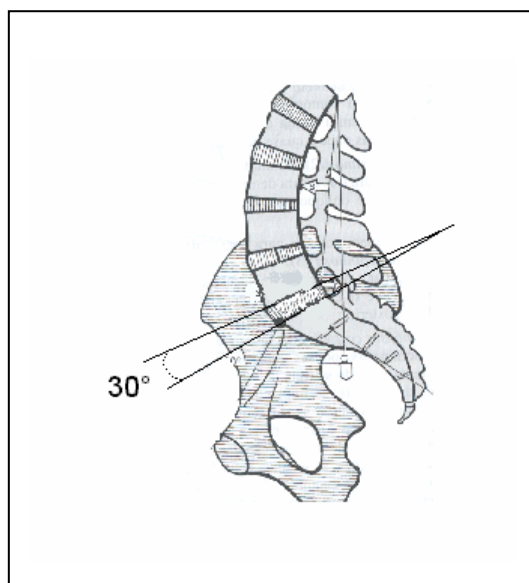
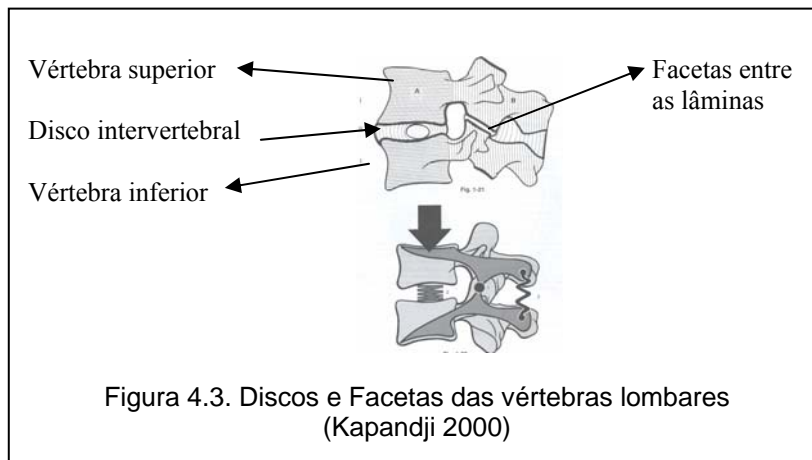


Figura 4.2. O ângulo lombosacral tem cerca de 30 graus na posição de pé (desenho adaptado de Kapandji 2000)

Na posição sentada ereta o ângulo entre a 5^a vértebra lombar e o sacro é de 24° (figura 4.2). Nessas condições, os discos intervertebrais locais sofrem uma pressão de 8 *psi*, enquanto a pressão entre as facetas das vértebras lombares chega a 6 *psi* (figura 4.3). Nesse momento, o sistema sensitivo pede mudanças urgentes na postura, para aliviar essas pressões e reinstalar a circulação local. Quando isso

não acontece, a dor nos tecidos periarticulares alcança 8,2 *psi* em cerca de 30 minutos.



O balanceio de um automóvel ou de uma cadeira de rodas em movimento aumenta o stress no local, diminuindo o tempo para que se manifestem os resultados indesejados, fazendo com que os tecidos moles afastados não retornem a seu lugar, mesmo se o balanceio cessar. Num ambiente dinâmico, um balanceio lateral aumenta o índice de pressão sob as tuberosidades isquiáticas. Um balanceio antero-posterior faz a mesma coisa, aumentando a pressão sob o cóccix.

Existem medidas para melhorar o conforto ou a tolerância a essas pressões, como o aumento da área de apoio do assento para diminuir a pressão sob um único ponto, ou através de movimentos ativos do sujeito na busca de ajustes, tentando diminuir a pressão sob as tuberosidades isquiáticas.

Enquanto a redistribuição de gordura e músculos acontece, a coluna lombar baixa sofre um aumento de pressão de 8 a 29 *psi*, com um torque de 0 a 24 *foot pounds*, enquanto as pressões entre as facetas das vértebras lombares vão de 6 a 14 *psi*.

b) Mudanças fisiológicas durante a postura sentada prolongada

Em 30 minutos na postura sentada ocorrem as seguintes mudanças fisiológicas:

(a) O tecido em torno dos vasos diminui de espessura, na tentativa de manter os vasos sanguíneos abertos, uma vez que a pressão da gravidade inibe a circulação.

- (b) Há um aumento de concentração de ácido lático nos músculos locais.
- (c) Aumenta a água no tecido subcutâneo.
- (d) As *bursae* (bolsas) isquiáticas incham, formando uma almofada líquida sob as proeminências ósseas. Em consequência do dano causado pelo atrito, a prostaglandina *E2* é liberada, primeiro no local, depois de um modo sistêmico. A química da prostaglandina *E2* contribui para a depressão, fadiga e diminuição da velocidade dos reflexos. As pressões abaixo de 0,73 *psi* são toleradas indefinidamente. As pressões acima de 1,7 *psi* levam à morte (necrose) das células da pele.

Os dados citados até agora foram conseguidos usando-se uma cadeira com ângulo reto e um assento plano. Já num banco de automóvel dos testes seguintes, ou numa cadeira de descanso reclinável, a pelve está em rotação posterior, levando a uma configuração representada por 3 pontos: as duas TI e o cóccix (figura 4.4).

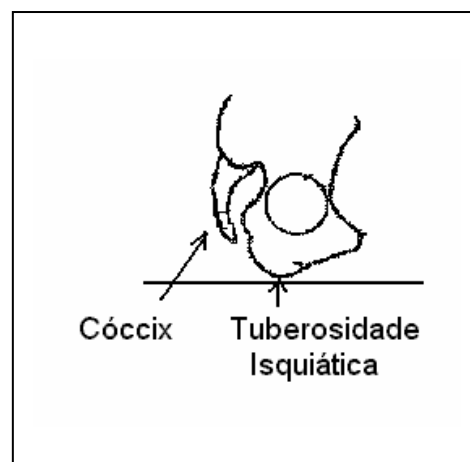


Figura 4.4: Vista lateral da pélvis (Lueder 1994)

4.1.1.3 Teste

Num novo teste com a almofada de medidas de pressão, foram usados assentos de três tipos de automóveis: um Toyota Corolla 1990, onde severo desconforto foi registrado sob as Tuberosidades Isquiáticas após 30 minutos na postura sentada; um Oldsmobile Toronado Trofeo 1989, com desconforto semelhante, e um Corvette sport 1990 (considerado como o contorno de assento mais bem desenhado desde 1992) que não apresentou índices de desconforto após

30 minutos e onde os pontos de pressão foram mais harmoniosamente distribuídos. Ao se inflar o apoio lombar do Corvette sport o aumento da lordose lombar levou a uma redistribuição das pressões sobre a almofada, onde até os menores pontos de pressão foram eliminados.

4.1.1.4 Resultados

a) Idade e gênero

Nesse teste, a idade e o gênero influenciam substancialmente os resultados das medidas de pressão:

- O peso máximo suportado pela articulação sacro-coccígea antes do desconforto é de 0,4 *psi* em 15 minutos, para homens e mulheres até 27 anos. Mulheres após menopausa e homens acima dos 50 anos são mais susceptíveis ao desconforto, sendo o peso máximo suportado de até 0,1 *psi*.
- O peso máximo suportado sob as TI após 15 minutos para os homens até 30 anos é de 1,2 *psi*, para as mulheres até 40 anos é de 0,5 a 0,9 *psi*, devido à maior camada de tecido na área das TI.
- O peso máximo suportado sob as TI após 15 minutos para os homens e as mulheres acima dos 40 anos é de 0,5 a 0,9 *psi*. Aparentemente a camada de tecido sob as TI nessa idade se iguala.
- Nos idosos o peso máximo suportado sob as TI sem desconforto é de menos de 0,3 *psi*.

b) Custo energético

Custo energético da postura sentada nos bancos de automóveis:

- A deformação do tecido é um fator extremamente importante, variando com o tempo de permanência e a idade do sujeito. O corpo pode reparar esse dano, mas essa capacidade varia com a idade. Com isso, o tempo máximo tolerado de manutenção da posição varia com a capacidade individual de reparar o dano. O reparo é feito normalmente durante o sono, e é feito mais rapidamente nos jovens.
- O corpo está constantemente trabalhando através dos músculos das nádegas e dos membros inferiores para manter o equilíbrio. A atividade

voluntária dos músculos lombares, abdominais e dos membros inferiores ajuda a manter o centro de gravidade.

- Em medidas de pressão do assento do Trofeo durante testes automobilísticos de trepidação, verifica-se que o balanceio frente/trás da coluna vertebral muda o centro de gravidade igualmente para frente e para trás, induzindo ao torque. O balanceio lateral aumenta o torque rotatório nos discos intervertebrais.
- Se a linha da gravidade é mantida numa postura correta, o motorista do automóvel poderá ficar mais alerta, confortável e capaz de dirigir. O alinhamento incorreto do tórax restringe a respiração, que se torna predominantemente abdominal, induzindo o motorista ao relaxamento – e ao sono – com seu efeito hipnótico. A perda dos reflexos posturais de endireitamento reduz a atividade do cerebelo (centro de equilíbrio) e retarda o tempo de reação. Esta condição é extremamente importante ao dirigir, onde pequenas diferenças no tempo de reação podem ser a diferença entre a vida e a morte.

4.1.1.5

Recomendação de assento com apoio total (*Total contact seat*)

Os conceitos estudados no artigo de Sember III (*apud* Lueder 1994) foram aplicados no design de cadeiras de rodas para criar um assento com contato total. O desenho do assento usa o mesmo conceito que uma prótese (perna mecânica) que tem que apoiar o coto da perna sem fazer peso excessivo sobre a ponta óssea. O final do osso de um coto é comparável à proeminência óssea da pelve, a tuberosidade isquiática. O assento com apoio total, além de promover um contato mais vantajoso com seus contornos, tem recursos pneumáticos que analisam as pressões dos ísquios, regulando dinamicamente o nível de pressão abaixo de 0,5 *psi*. Quando o ocupante se movimenta, o assento reajusta o apoio nas áreas críticas.

Outra versão de assento com apoio total é equipada com 5 diferentes gomos infláveis, um pequeno compressor, um sensor de ondas e um *chip* de computador. Ao invés de controlar apenas a pressão nas áreas críticas, este assento muda os pontos de pressão em seqüências alternadas. Isto permite ciclos

de pressão em áreas que suportam melhor o peso, alternados com períodos de alívio da pressão.

4.1.1.6

Discussões - aplicações à pesquisa

Algumas afirmações de Sember III são particularmente importantes para a compreensão dos problemas da postura sentada, sendo repetidas a seguir:

- Tuberosidades isquiáticas, trocânteres e cóccix são as proeminências ósseas mais próximas ao assento, sendo as partes da pelve submetidas a maiores pressões na postura sentada. Numa situação de constrangimento postural, o ponto de necrose é atingido entre 10 e 15 minutos.

A necessidade de mudanças de posição é vital para os tecidos; isso explica a submissão do passageiro a constrangimentos em seu sistema músculo-esquelético que provocam dores e desconforto: é preferível suportar o desconforto postural ao desconforto nesses tecidos.

- Somam-se às pressões sob as tuberosidades isquiáticas (TI) e as coxas alguns constrangimentos na coluna lombar baixa.

Enquanto os problemas decorrentes de hérnias discais são bem conhecidos, como irradiações e dores locais agudas, pouco se fala da artrose interfacetária, freqüente em adultos e idosos, que também provoca dores locais agudas. O aumento da pressão entre as facetas vai agravar os problemas já existentes.

- A pressão máxima suportada pela articulação sacro-coccígea antes do desconforto é de 0,4 *psi* em 15 minutos, para homens e mulheres até 27 anos. Mulheres após menopausa e homens acima dos 50 anos são mais susceptíveis ao desconforto. A pressão máxima suportada sob as TI após 15 minutos para os homens até 30 anos é de 1,2 *psi*, para as mulheres até 40 anos é de 0,5 a 0,9 *psi*, devido à maior camada de tecido na área das TI. A pressão máxima suportada sob as TI após 15 minutos para os homens e as mulheres acima dos 40 anos é de 0,5 a 0,9 *psi*. Aparentemente, a camada de tecido sob as TI nessa idade se iguala. Nos idosos, a pressão máxima suportada sob as TI sem desconforto é de menos de 0,3 *psi*.

Os dados referentes à idade dos passageiros são úteis na classificação das faixas na análise do questionário. Note-se a importância da região sacro-coccígea:

tanto o sistema músculo esquelético como os tecidos subcutâneos sofrem as pressões do peso do corpo.

- O alinhamento incorreto do tórax restringe a respiração, que se torna predominantemente abdominal, induzindo o motorista ao relaxamento – e ao sono – com seu efeito hipnótico.

O sono é conveniente numa viagem aérea longa, especialmente em viagens noturnas, sendo muito diferente do risco que corre o motorista de automóveis aludido no artigo. Pode ocorrer, entretanto, um constrangimento dos órgãos abdominais pelo alinhamento incorreto do tórax, somado à má digestão causada pela excitação da viagem ou pela imobilidade na postura sentada. Distúrbios gástricos somados a limitações no movimento respiratório (ver capítulo 2, anatomia) podem ser catastróficos numa viagem longa.

4.1.2

Pressão de interfaces na previsão de desconforto em poltronas de automóveis (Gyi et al, 1999)

A técnica de medidas de pressão de interfaces tem trazido considerável interesse para a indústria de automóvel. Os autores estudam a possibilidade de previsão de desconforto em poltronas de automóveis através de experimentos usando almofada computadorizada.

4.1.2.1

Material e métodos

- a) As variáveis de densidade de espuma foram usadas para testar o desconforto.
- b) Variações de postura ao dirigir foram usadas para testar o desconforto.

Relações consistentes e significativas entre os valores de pressão sob as Tuberosidades Isquiáticas e as variáveis de desconforto nesse local só ocorreram na amostra dos homens muito altos (95 percentil ou acima na estatura) e nas situações de espaço limitado do experimento 2. As variáveis foram testadas checando o desconforto, mas não foi possível identificar uma relação clara e consistente entre a pressão das interfaces e o desconforto ao dirigir.

Em sua revisão bibliográfica, os autores afirmam que as pesquisas de medidas de pressão de interfaces são limitadas, principalmente quanto ao tempo de avaliação. Salientam que algumas relações simples já foram estabelecidas, como:

- entre a pressão e o tipo corpóreo [biotipo];
- entre pressão e gênero;
- entre pressão e densidade do assento;
- entre pressão e postura em experiências sob condições controladas.

Os autores consideram de suma importância a exploração desse campo e ponderam que as conclusões são pouco claras e algumas vezes contraditórias. Tentando chegar a uma aplicabilidade próxima ao “mundo real”, foram projetados dois experimentos. O primeiro com variações no estofamento, o segundo com variações na postura ao dirigir.

Foi previsto um tempo compatível e representativo de direção prolongada. O *Vehicle Ergonomics Group* (VEG) ou Grupo de Ergonomia de Veículos vem realizando testes e avaliações em poltronas de automóveis desde 1981, concluindo que duas horas seriam o tempo mínimo para uma diferenciação clara entre as várias poltronas e que a impressão inicial é mais pobre que a performance de longa duração.

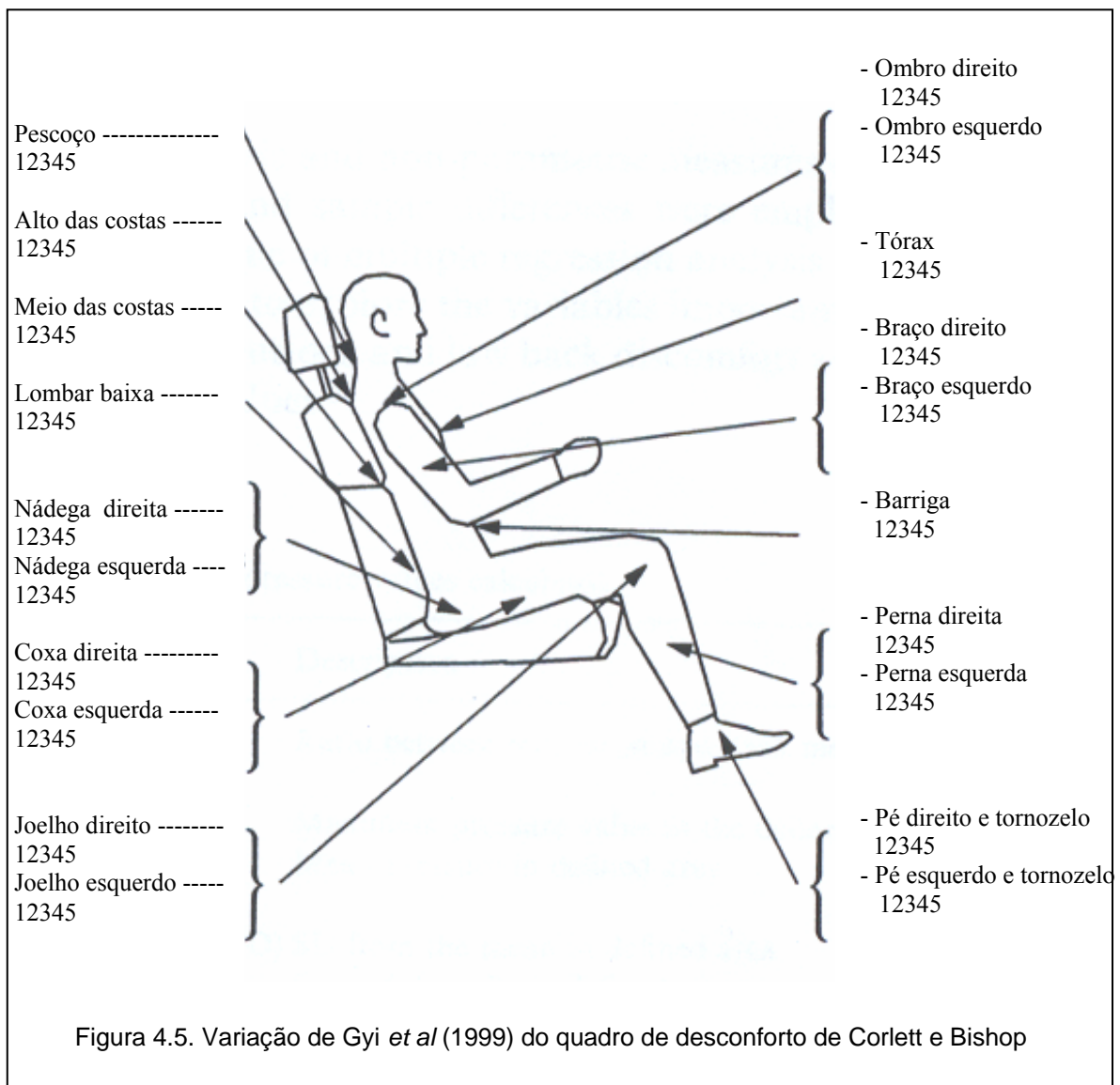
Os experimentos foram realizados em um laboratório estático que permitia um maior controle dos equipamentos. Uma instalação foi construída, com muitos ajustes individuais: altura do assento, altura da direção, distância da direção até o corpo, altura do pedal, distância entre pedal e corpo. O assento era ajustável em relação a seus ângulos, ao ângulo do encosto e ao apoio lombar. Era preciso usar força real no controle dos pedais, direção e câmbio. Dois filmes foram projetados em vídeo dando ao motorista uma imagem de estrada ou rua, com instruções dadas por comandos de voz. Sete poltronas foram construídas com o mesmo aspecto: cor, perfil, etc., com exceção da densidade da espuma.

O método de comparações aos pares (*paired comparisons*), método de escala psicológica descrita em 1954 por Guilford (*apud Gyi et al 1999*) foi usado para determinar o assento mais confortável e o menos confortável. Em seguida, os sujeitos foram apresentados aos 21 pares das 7 poltronas de automóveis. Para cada

poltrona eles ajustaram o encosto a seu modo, simularam dirigir e fizeram sua opção do assento preferido.

Três questionários foram preenchidos em cada teste, em dias diferentes, com:

- avaliação da almofada do assento, do encosto e do apoio lombar;
- avaliação da firmeza e suporte do assento;
- quadro adaptado do Mapa de Desconforto Corporal desenvolvido em 1976 por Corlett/Bishop (*apud* Gyi *et al* 1999) para avaliação de conforto/desconforto nas partes do corpo (ver figura 4.5)



No questionário elaborado para teste da hipótese da presente pesquisa foi usado um mapa adaptado, assinalando as regiões que se queria observar.

A cada 30 minutos de intervalo, os sujeitos preenchiam um quadro simplificado de 4 partes do corpo avaliando conforto/desconforto. Cada sujeito teve sua postura ao dirigir medida após 60 minutos, usando-se marcações anatômicas e um goniômetro, comparando essas medidas com os ângulos posturais (quadro 4.1), provenientes de pesquisas de Grandjean, Bridger e Bhatnager (apud Gyi *et al*, 1999).

Inclinação do pescoço [região cervical]	Entre a vertical e uma linha vinda da 7ª vértebra cervical até o canal auditivo
Angulo entre tronco e coxas	Entre a linha que vem do acrômio do ombro [articulação escápulo-umeral] até o grande trocanter do fêmur e a linha que vem do côndilo lateral do joelho até o grande trocanter
Flexão de braço	Angulo da vertical com a linha entre o acrômio do ombro e o epicôndilo lateral do cotovelo [articulação do cúbito]
Angulo do cotovelo	Entre a linha do acrômio ao epicôndilo lateral e a linha da estilóide ulnar do pulso ao epicôndilo lateral
Angulo do joelho	Entre a linha que vai do grande trocanter ao côndilo lateral e a linha que vai do maléolo externo do tornozelo ao côndilo lateral
Angulo do tornozelo	Entre a linha que vai do côndilo lateral ao maléolo externo e a linha paralela com pé

Quadro 4.1. Angulo postural / Definição (apud Gyi *et al*, 1999)

No final da sessão experimental, os sujeitos se posicionaram na postura de dirigir, com um sensor medindo a pressão entre as interfaces – o Talley Pressure Monitor (TPM) M K III (descrito em detalhes por Gyi *et al.*, 1998). As interfaces são a poltrona do automóvel e o corpo do sujeito.

4.1.2.2 Análise dos experimentos

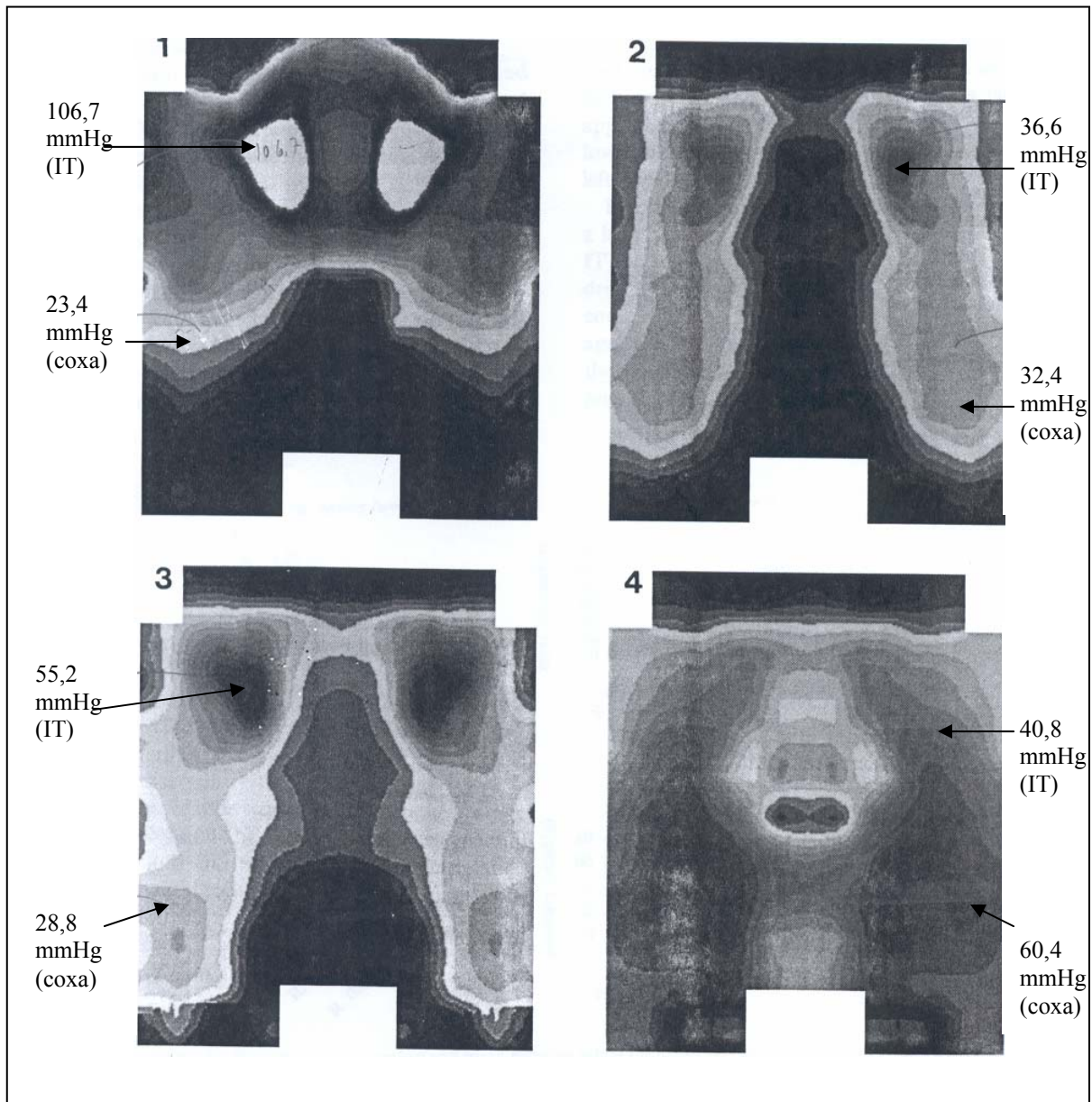
No experimento 1 verificou-se se os dados de pressão de interfaces poderiam ser usados na previsão de diferenças de desconforto referidas entre poltronas de carros com diferentes densidades de espuma. A amostra consistia em 7 homens com idade média de 40,7 anos (dp 17,9) e 7 mulheres com idade média de 42,86 anos (dp 11,9). As alturas dos sujeitos foram selecionadas numa ampla diferença entre 1475-1875mm. Eles se sentavam nas suas poltronas escolhidas como a mais confortável e a menos confortável por 2,30 horas de testes estáticos de direção na sua postura ótima e com os controles em posição confortável. A postura era constante para cada sujeito, cada um na sua postura ideal.

No experimento 2 o design da poltrona foi mantido constante, usando a poltrona eleita como a mais confortável. A postura variava *entre* os sujeitos e *com o mesmo* sujeito, comparando um ajuste limitado de um carro comum, bem conhecido, com um ajuste ilimitado de outra poltrona. Doze sujeitos de tamanhos extremos - 6 homens altos com média de 1939 mm (dp 84) e 6 mulheres baixas com média de 1543 mm (dp 22) - são representativos de grupos de indivíduos que podem sofrer com espaços *standard*, pois estão longe da extensão normal dos critérios de design. Eram estudantes universitários com idade média de 21,0 anos (dp1,95). As medidas repetidas foram idênticas ao experimento 1.

Para a análise estatística, três variáveis foram calculadas, em escala de 7 pontos de conforto/desconforto para a nádega, coxa e pelve (região lombar baixa) em três tempos: a primeira impressão, após 135 minutos e o total dos minutos de desconforto relatado. A última variável registrava o desconforto (graus 5, 6 ou 7) num apoio por 30 minutos para cada um dos 5 períodos de tempo, onde o tempo médio de desconforto para cada sujeito em cada área pôde ser calculado.

Sete variáveis de pressões de interfaces foram calculadas para cada período total na postura sentada: a tuberosidade isquiática, a coxa e a região lombar baixa para análise estatística com as variáveis de desconforto das partes do corpo.

Figura 4.6. Mapas das distribuições de pressão sobre a almofada nas fotos 1, 2, 3, 4*



*Gyi *et al* 1999

4.1.2.3 Resultados e discussão

Os resultados dos experimentos 1 e 2 foram considerados insatisfatórios como fontes de previsão de escala de desconforto baseada nos valores de altas ou baixas pressões de interfaces. As fotos da figura 4.6, dos 4 mapas de registro do contorno de pressões, foram selecionadas para ilustrar a dificuldade de definição.

Os mapas 1 e 2 ilustram forte diferença de distribuição das pressões: em (1) há uma pressão média sob tuberosidade isquiática de 106,7 mmHg (SD 40,9) e

sob coxas de 23,4 mmHg (SD 14,8); já em (2) a pressão média sob a TI marcou 36,6 mmHg (SD 10,35) e sob coxa 32,4 mmHg (SD 1,58) segundo o quadro 4.2.

	Tuberosidades isquiáticas	Coxas
Mapa 1	106,7	23,4
Mapa 2	36,6	32,4

Quadro 4.2. Distribuição das pressões (em mmHg) *apud Gyi et al* 1999

Apesar das enormes diferenças apresentadas, os dois motoristas registraram o mesmo nível de desconforto: 120 minutos sob as tuberosidades isquiáticas e 90 minutos sob as coxas, durante a sessão de 150 minutos.

4.1.2.4 Conclusões

Esses dados mostram as dificuldades nas medidas de conforto/desconforto das pressões para o julgamento. As inconsistências nos dados de pressão de interfaces são em seguida fartamente ilustradas:

a) Experimento 1

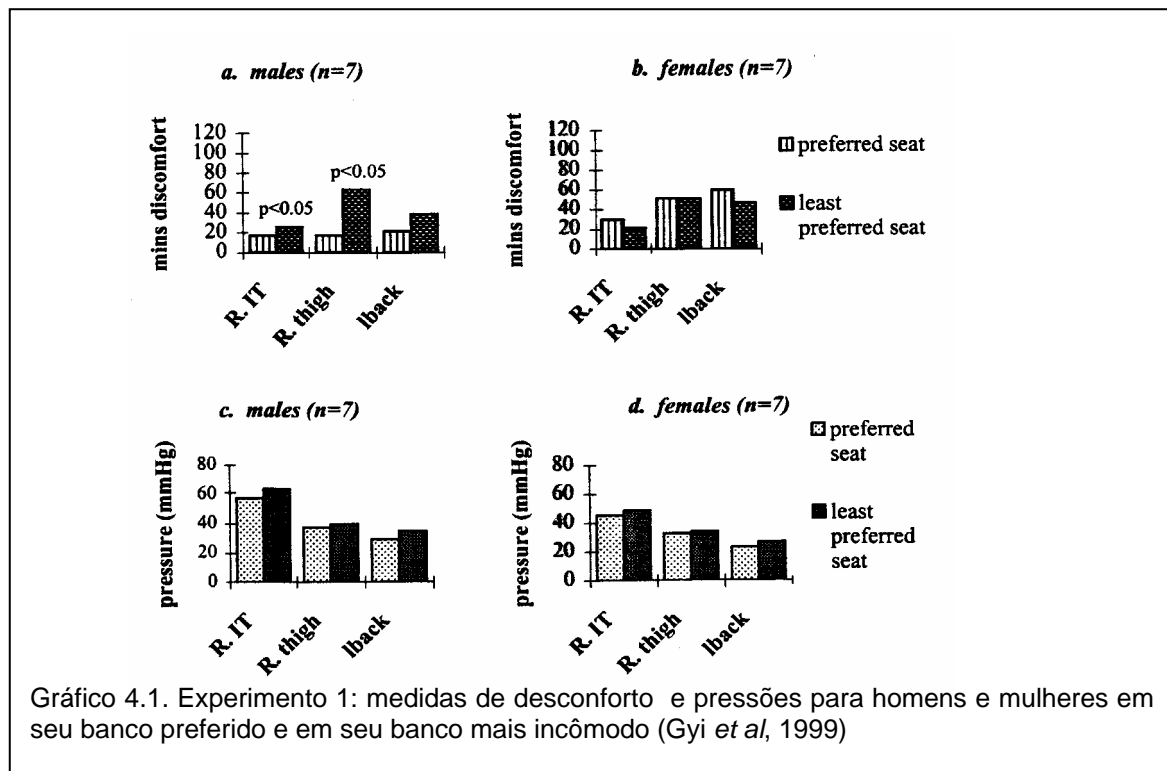
No experimento 1 era esperado que a poltrona considerada a mais desconfortável causasse mais desconforto ainda com o passar do tempo. Esse foi o caso no geral para os homens, com diferenças significativas ($p < 0,05$) entre duas poltronas para o tempo total de desconforto relatado sob as nádegas e coxas. Já com as mulheres, no entanto, não houve diferença significativa, apesar de diferenças óbvias na densidade da espuma.

Não foram encontradas diferenças significativas sob as tuberosidades isquiáticas, coxas e região lombar baixa entre as duas condições, nem nas amostras de gêneros, apesar das diferenças de densidade da espuma.

Apesar dos dados do gráfico 4.1 c e d mostrarem uma tendência a pressões médias mais altas com a poltrona mais desconfortável (mais dura), a extensão das diferenças médias foi pequena: 1 a 4 mmHg nas mulheres e 2 a 7 mmHg nos homens.

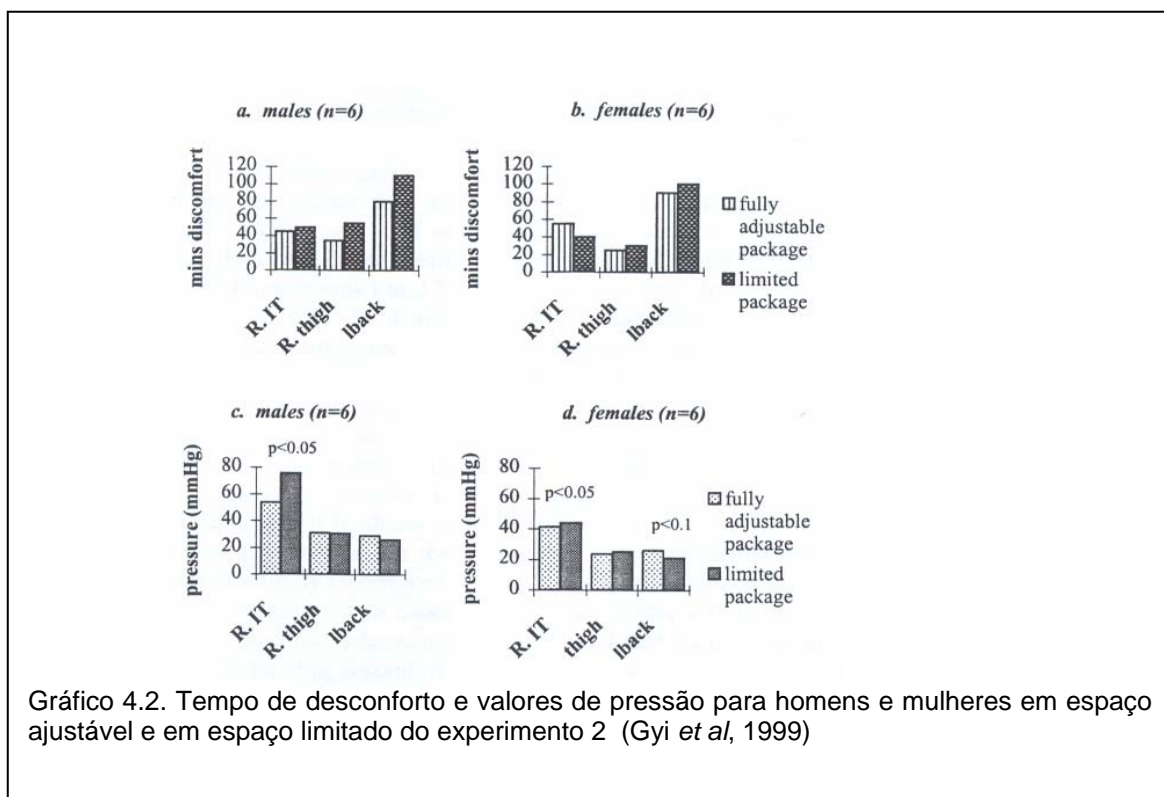
Usando o índice de correlação de Spearman, a única relação consistente entre desconforto relatado a alguma das variáveis de pressão do experimento 1 foi, no caso das mulheres, com sua poltrona preferida. Neste caso, *correlações negativas* significantes foram encontradas entre a pressão e as variáveis de desconforto para a região lombar: os relatos de desconforto diminuem quando a pressão aumenta.

O desconforto sentido com o tempo foi o mesmo para as duas poltronas, mas houve uma tendência surpreendente (não significativa) para as mulheres, relatando um tempo maior de desconforto ao usar sua poltrona preferida. Pode ser que a média de pressão sob a região lombar para sua poltrona preferida, de 23 mmHg (extensão 19-29) fosse baixa demais para um apoio adequado, apesar de este valor médio ser de apenas 3 mmHg mais baixo que a média da poltrona mais desconfortável.



b) Experimento 2

No experimento 2, de uma maneira geral, o desconforto relatado foi maior que no experimento 1, especialmente na amostra de homens altos. Assim como no experimento 1, houve uma pequena diferença na frequência de desconforto relatado pelas mulheres baixas entre os dois espaços. Os homens altos, no entanto, foram submetidos a um constrangimento postural maior, imposto pelo espaço limitado e, em consequência, se queixaram de um desconforto maior nos diferentes períodos de tempo e em um número maior de áreas do corpo.



Pode-se ver que houve uma grande e significativa diferença ($p < 0,05$) na média de pressão sob as tuberosidades isquiáticas para os homens altos em relação aos dois espaços: 75,7 mmHg com o espaço limitado, 53,7 mmHg com o espaço plenamente ajustável. Correlações significativas e consistentes foram encontradas na amostra de homens altos entre o desconforto sob as nádegas e as variáveis de pressão para os dois espaços, menos evidente para as mulheres baixas. Na análise de regressão múltipla, da mesma maneira, no caso dos homens altos em espaço limitado (gráfico 4.2), a variável “desconforto sob as nádegas após 135 minutos”

foi selecionada junto com a “estatura sentada” (*sitting height*) e a “amplitude para quadril” (*hip breadth*), como uma previsão significativa da pressão sob as tuberosidades isquiáticas, justificando os 99% da variação.

Apesar da pressão sob as tuberosidades isquiáticas para as mulheres baixas em espaço limitado (gráfico 4.2) ser significativamente maior que aquela com ajuste ilimitado, elas não refletiram um desconforto significativo sob as nádegas, diferente da amostra dos homens altos.

A pressão sob as tuberosidades isquiáticas sentida pelos homens altos no espaço limitado foi consequência do espaço limitado para as pernas, obrigando os joelhos a uma posição mais fletida. As pressões sob as coxas foram similares nos dois espaços para homens e mulheres, sem diferenças significativas de desconforto. O desconforto relatado na região lombar baixa para homens e mulheres em geral foi alto, mas não mostra correlações entre o desconforto lombar e as pressões sob a região.

4.1.2.5

Discussão dos dois experimentos

As dificuldades de julgamento dos níveis de pressão para a previsão de conforto/desconforto estão bem ilustradas nos dados da região lombar baixa dos dois experimentos nos gráficos 4.1 e 4.2. No experimento 1, a média de pressão na região lombar baixa para homens, sentados em sua poltrona preferida, foi de 29 mm de Hg, com pouco desconforto registrado. No experimento 2, entretanto, apesar da pressão média ser de 29 mm Hg para homens altos com espaço totalmente ajustável, houve um relato de 2,33% de desconforto na região lombar baixa após 15 minutos, subindo para 67% após 135 minutos.

As dificuldades continuam, mesmo quando se consideram homens altos e mulheres baixas separadamente. Nos homens altos há uma tendência a médias mais baixas de pressões sob as tuberosidades isquiáticas, a serem associadas com o desconforto relatado no experimento 1, onde as pressões mais altas sob as tuberosidades isquiáticas foram associadas ao desconforto relatado no experimento 2. Inconsistências similares podem ser vistas com os dados de coxas e região lombar baixa, assim como com os dados das mulheres baixas.

É difícil fazer uma comparação direta dos valores de pressão desses experimentos com os achados na literatura pelas condições diferentes envolvidas. Segundo os autores, Sember III (*apud Gyi et al 1999*) alerta que a pressão máxima suportável sob as tuberosidades isquiáticas após 15 minutos é de 62 mm Hg para homens abaixo de 30 anos e para mulheres abaixo de 40 anos. Ele adverte que pressões de 26 mm Hg nesse local para maiores de 40 anos e de 15 mm Hg para os idosos vão provocar desconforto.

Nos dois experimentos do artigo o julgamento subjetivo da densidade da espuma sob as tuberosidades isquiáticas, coxas e região lombar baixa aparentemente não tem relação com as áreas do corpo onde o desconforto foi notado. Pode ser necessário um treinamento dos sujeitos para julgamentos mais apurados. Os julgamentos de “pressão na postura sentada” ou das “áreas do assento que causam desconforto” talvez sejam melhores que a “dureza do assento”, revelando resultados mais significativos.

Os autores citam as pesquisas de Yang *et al.* (*apud Gyi et al 1999*), que estão de acordo com os dois experimentos presentes: os homens altos geralmente apresentam maiores valores de pressão do que as mulheres baixas, principalmente sob as tuberosidades isquiáticas e sob as coxas.

As variáveis “sexo” e “amplitude da articulação do quadril” também foram selecionadas pela análise de regressão múltipla como as melhores previsões para a média de pressões sob as tuberosidades isquiáticas no experimento 1.

Os autores ainda citam Zacharkow (*apud Gyi et al 1999*), ao sugerir que os homens podem sofrer maiores pressões por terem:

- menos tecido adiposo subcutâneo nas nádegas e coxas;
- uma constituição de tronco mais pesada incidindo sobre a pelve;
- os ossos ílios e os acetábulos mais próximos.

Esses fatores podem contar para a alta sensibilidade dos homens ao assento mais duro do experimento 1 e aos constrangimentos posturais do experimento 2.

O índice recíproco ponderado IRP (*reciprocal ponder index – RPI*) foi usado como medida de constituição física. Esse índice é calculado ao se dividir a altura do corpo do sujeito em centímetros pela raiz quadrada do seu peso em quilogramas (quadro 4.3).

$$\text{IRP} = \frac{h(\text{cm})}{\sqrt{p(\text{kg})}}$$

Quadro 4.3. Índice recíproco ponderado

Um valor mais alto indica um corpo estreito e magro; o valor mais baixo mostra um corpo largo. Os autores citam dados de Garber e Krouskop (*apud Gyi et al 1999*), que confirmam maiores pressões sob as tuberosidades isquiáticas nos sujeitos magros.

A amostra de homens altos do experimento 2 teve as medidas de pressão mais altas sob as tuberosidades isquiáticas (gráfico 4.3) . Esses homens altos são também mais magros que os outros grupos de amostras. Seu IRP médio, por exemplo, foi 47.4 (SD 5.5), enquanto o IRP das mulheres baixas foi 41.5 (SD 1.3), sendo 42.4 (SD 1.6) para um grupo variado de homens no experimento 1 e 39.9 (SD 2.2) para as mulheres baixas no experimento 1 (gráfico 4.2).

Experimentos de Bennett et al. citados pelos autores mostram que a pressão necessária para provocar oclusão capilar sob as tuberosidades isquiáticas pode ser reduzida à metade, quando acompanhada por suficiente distribuição, apesar de ser a força primária.

4.1.2.6

Conclusões do artigo

1. Apesar do interesse da indústria automobilística nas medidas de pressão de interfaces, não há um suporte para apreciação crítica na literatura de uma relação simples, direta, entre desconforto e pressão. Esses estudos oferecem poucos detalhes de seu design experimental e pouca análise dos dados. São também freqüentemente baseados em avaliações feitas em períodos curtos de tempo ou com pequeno número de sujeitos.
2. A pesquisa relatada nesse artigo demonstrou que a simples qualificação dos dados da pressão de interfaces em uma variedade de sujeitos é insatisfatória na previsão de desconforto crescente nos altos e baixos valores da pressão no caso da região lombar baixa. Nas situações “reais”, (*real-world*) parece que essa técnica não tem peso suficiente para fornecer

informações para a indústria automobilística, incluindo uma grande variedade de ocupantes – homens, mulheres, constituição física, idades – com design de assentos diferentes e diversas posturas escolhidas.

3. A constituição física parece ter uma influência significativa nos valores de pressão sob as tuberosidades isquiáticas e coxas, pois os sujeitos magros (IRP alto) registraram pressões maiores sob as tuberosidades isquiáticas e os sujeitos gordos registraram maiores pressões sob as coxas.
4. As relações consistentes e significativas entre os valores de pressão sob as tuberosidades isquiáticas e as variáveis de desconforto nesse local só ocorreram na amostra dos homens muito altos (95 percentil ou acima na estatura), nas situações de espaço limitado do experimento 2. Esses homens estariam fora das dimensões antropométricas usadas por muitos designers da indústria automobilística. Eles podem sofrer maior desconforto com mais frequência que outros usuários de automóveis, devido ao constrangimento postural imposto pelas limitações de espaço de muitos carros.

Como os valores de pressão só podem ser usados na previsão de desconforto sob as tuberosidades isquiáticas nessa amostra “extrema”, pode-se concluir por um cuidado especial em relação às medidas de pressão de interfaces como técnicas de previsão para desconforto na indústria automobilística.

4.1.3

Discussões - Aplicações à pesquisa

- O *Vehicle Ergonomics Group* (VEG) ou Grupo de Ergonomia de Veículos concluiu que duas horas seriam o tempo mínimo para uma diferenciação clara entre as várias poltronas e que a impressão inicial é mais pobre que a performance de longa duração. Conclusão diferente de Helander e Zhang (1997), citados no capítulo 3, para quem o tempo de experiência mostra os efeitos da fadiga e dos fatores biomecânicos.
- O artigo de Gyi *et al* (1990) mostra medidas diferentes na pressão sob as tuberosidades isquiáticas devido à maior quantidade de tecido sob as nádegas das mulheres até 40 anos.

- A pressão sob as tuberosidades isquiáticas sentida pelos homens altos no espaço limitado foi consequência do pouco espaço para as pernas, obrigando os joelhos a uma posição mais fletida. Gyi *et al* (1999) citam Zacharkow: os homens podem sofrer maiores pressões por terem menos tecido adiposo subcutâneo nas nádegas e coxas; uma constituição de tronco mais pesada incidindo sobre a pelve; e os ossos ílios e acetábulo mais próximos.
- Nos dois experimentos dos autores o julgamento subjetivo da densidade da espuma sob as tuberosidades isquiáticas, coxas e região lombar baixa aparentemente não tem relação com as áreas do corpo onde o desconforto foi notado. Pode ser necessário um treinamento dos sujeitos para julgamentos mais apurados.
- A revisão bibliográfica de Gyi *et al* 1999 cita:
 - (1) o índice recíproco ponderado IRP (reciprocal ponder index – RPI), usado por Yang como medida de constituição física. A constituição física parece ter uma influência significativa nos valores de pressão sob as tuberosidades isquiáticas e coxas, pois os sujeitos compridos (IRP alto) registraram pressões maiores sob as tuberosidades isquiáticas e os sujeitos gordos registraram maiores pressões sob as coxas.
 - (2) Garber e Krouskop confirmam maiores pressões sob as tuberosidades isquiáticas nos sujeitos magros. Isso só ocorreu na amostra dos homens muito altos (95 percentil ou acima na estatura), nas situações de espaço limitado.
 - (3) Bennett *et al.* concluíram em seus experimentos que a pressão necessária para provocar oclusão capilar sob as tuberosidades isquiáticas pode ser reduzida à metade quando acompanhada por suficiente distribuição, apesar de ser a força primária. Um dado importante visando ao conforto em design de poltronas é a densidade da espuma usada.
- Em relação aos constrangimentos na coluna lombar baixa:

Na postura de pé, o ângulo lombo-sacral fisiológico médio é de 30°; na posição sentada ereta o ângulo é de 24°, causando deformações no sistema entre as vértebras. Disto se conclui que o apoio lombar do encosto deve favorecer o ângulo de 30°. É preciso conservar a posição de conforto para os discos e facetas: o equilíbrio dentro da posição fisiológica (Semmer III, *apud* Lueder, 1994).

- Em relação ao apoio sobre as tuberosidades isquiáticas e o cóccix:
É preciso favorecer a mobilidade, para aliviar a pressão, preservando a forma côncava da região sacro-lombar (Sember III, *apud* Lueder, 1994).

O problema apontado na pesquisa atual é que a imobilidade na postura sentada reclinada e as limitações no espaço da poltrona de viagens longas, somadas aos efeitos da pressão do peso do corpo sobre a pelve levam o passageiro a uma acomodação na busca de conforto, torcendo ou escorregando a pelve para frente. Os constrangimentos músculo-esqueléticos decorrentes podem levar a deformações na coluna lombo-sacra, provocando dores e desconforto nos usuários. O objetivo da pesquisa é estudar as causas desta deformação e melhorar o conforto da região lombo-sacra em poltronas de aviões.

A ênfase de Goossens (2000) sobre a inclinação do assento é importante ao favorecer a manutenção da pelve contra o apoio lombar do encosto. O alívio das pressões sobre as tuberosidades isquiáticas proporcionado pela inclinação do assento pode, em alguns momentos, evitar a necessidade de deslizamento da pelve para a beira da poltrona. É preciso, entretanto, favorecer a mobilidade ao longo de viagens longas, preservando a forma côncava anterior da região sacro-ílio-lombar. Isto se aplica a qualquer classe dos vôos comerciais, sendo mais dramático na classe econômica.

As recomendações da pesquisa devem levar em conta o constrangimento físico extremo a que são submetidos os homens altos no espaço entre as poltronas de avião da classe econômica, onde o espaço limitado para os membros inferiores permite apenas pequenos movimentos de ajuste para mudança de apoios na busca de alívio das pressões sob as tuberosidades. Um dos principais problemas é a manutenção por um longo período de uma flexão de joelhos exagerada, causada pela limitação de espaço para os membros inferiores, que leva a uma rotação posterior maior da pelve, com deformação da região lombar baixa. A limitação do espaço para a abertura dos joelhos junta-se à necessidade de flexão, levando a um constrangimento enorme dos músculos pelvitrocantarianos, posteriores da pelve (ver capítulo 2, anatomia).

As medidas de pressão sob a pelve foram motivo de artigo publicado em revista científica (Huet 2002), tendo este sofrido alterações com a continuação da pesquisa.