

# Adaptação à prótese híbrida de extremidade superior: estudo termográfico de um caso

## *Adaptation to upper extremity hybrid prosthesis: a thermographic case study*

Soraia Cristina Tonon da Luz<sup>1</sup>, Thessaly Puel de Oliveira<sup>2</sup>, Mário César de Andrade<sup>3</sup>,  
Alúcio Otávio Vargas Ávila<sup>4</sup>, Francisco José Berral de la Rosa<sup>5</sup>

Estudo desenvolvido no Laboratório de Biomecânica do Cefid/Udesc – Centro de Ciências da Saúde e do Esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

<sup>1</sup> Fisioterapeuta; Profa. Ms. do Depto. de Fisioterapia do Cefid/Udesc

<sup>2</sup> Fisioterapeutas Ms.

<sup>3</sup> Educador físico; Prof. Ms. do Depto. de Educação Física do Cefid/Udesc

<sup>4</sup> Educador físico; Prof. Dr. do Depto. de Educação Física do Cefid/Udesc

<sup>5</sup> Médico; Prof. Dr. do Depto. de Esporte e Informática da Universidade Pablo de Olavide, Sevilla, Espanha

ENDEREÇO PARA  
CORRESPONDÊNCIA

Profa. Soraia C. T. da Luz  
R. Dr. Odilon Galotti 433 apto  
201 Estreito  
88070-480 Florianópolis SC.  
e-mail:  
soraiaudesc@hotmail.com

APRESENTAÇÃO

set. 2009

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO

mar. 2010

**RESUMO:** O objetivo do estudo foi verificar, por meio de termografia, a adaptação à prótese híbrida de extremidade superior de um sujeito do sexo masculino, 42 anos, amputado proximal de braço esquerdo. Imagens termográficas foram captadas por uma câmara de infravermelho imediatamente após a retirada da prótese, que vinha sendo usada por 8 horas ininterruptas, e 20 minutos de repouso mais tarde, quando foi alcançado equilíbrio térmico em ambiente a 21°C. As imagens foram adquiridas nos planos frontal anterior, sagital direito e esquerdo, tendo sido definidas e analisadas regiões de interesse em cada uma. Os resultados mostram que as temperaturas das regiões avaliadas reduziram-se em média 0,79°C ( $p<0,05$ ) após a estabilização térmica. Na região do tórax e na axila contralateral ao coto, por onde passa o tirante de fixação da prótese, constataram-se elevadas temperaturas, coincidindo com queixa de desconforto do sujeito e indicando atrito; temperatura mais alta no ombro anterior homolateral à amputação caracterizou sobrecarga; e baixa temperatura no segmento residual à amputação indicou pouca circulação, assinalando dificuldade de adaptação. Os resultados sugerem que a avaliação termográfica pode contribuir para identificar desconforto de amputados com prótese de membro superior e ser utilizada no acompanhamento de sua reabilitação; no caso, sugere-se ainda o desenvolvimento de materiais de modo a aumentar o conforto na fixação das próteses de extremidade superior.

**DESCRIPTORES:** Ajuste de prótese; Amputados/reabilitação; Braço; Membros artificiais; Termografia

**ABSTRACT:** The aim of this study was to assess, by means of thermography, the adaptation to upper-extremity hybrid prosthesis by a male subject, 42 years old, with proximal amputation of left arm. Thermographic images were captured by an infrared camera immediately after prosthesis withdrawal (which had been used for full 8 hours) and 20 minutes later, when thermal balance was reached, in an environment of constant 21°C. Images were captured of frontal and sagittal planes (both right and left), on which seven regions of interest (ROI) were defined and analysed. Results showed that mean ROI temperatures decreased 0.79°C ( $p<0,05$ ) after thermal balance was reached. Along the chest strap path and at the sound side axilla – which coincides with subject's main discomfort complaint – high temperatures were found, indicating friction; high temperature in the ipsilateral to amputation anterior shoulder suggests overload; and low temperature on the residual limb suggests poor circulation, thus pointing to difficulty of adaptation. Results suggest that thermography may contribute to identifying amputees' discomfort and may be used for monitoring upper-limb prostheses users' rehabilitation; also, suggestion is made to foster developing new suspension systems in order to increase comfort in securing upper extremity prostheses.

**KEY WORDS:** Amputees/rehabilitation; Arm; Artificial limbs; Prosthesis fitting; Thermography

## INTRODUÇÃO

A amputação de membro superior é limitante tanto pela perda da função de mobilidade da articulação escápulo-umeral quanto da extrema motricidade e capacidade de movimentos de mão e punho, sendo relatada com maiores taxas de insucesso de reabilitação quando comparada à amputação de extremidade inferior<sup>1,2</sup>.

Após uma amputação, a utilização de uma prótese oferece melhor imagem corporal, ajudando o indivíduo a desenvolver maior confiança em suas habilidades físicas, melhorando sua qualidade de vida<sup>3</sup>. É fundamental que o indivíduo receba atendimento específico desde o pós-operatório imediato até sua completa reabilitação, pois qualquer falha nesse processo poderá dificultar sua recuperação funcional<sup>4,6</sup>. Gaine *et al.*<sup>7</sup> enfatizaram a necessidade de aprofundar os estudos de adaptação à prótese; em seu estudo, avaliaram a funcionalidade da prótese e a satisfação de amputados de extremidade superior e constataram que o grupo dos de etiologia traumática (como o presente caso) estavam menos satisfeitos com a habilidade funcional de suas próteses, destacando que nenhum paciente retornou ao trabalho remunerado após a completa reabilitação.

Entende-se que o indivíduo com amputação de extremidade superior deve ser capaz de utilizar a prótese nas atividades diárias; no entanto, uma inadequada reabilitação pode estabelecer isquemias por compressão axilar do tirante de sustentação da prótese, processos inflamatórios e/ou desgastes nas articulações do membro não-amputado pelo uso excessivo, ou mesmo na articulação íntegra acima do nível de amputação. Poucos estudos científicos acompanham a adaptação à prótese de extremidade superior após a completa reabilitação do indivíduo. Tal enfoque pode ser útil tanto para a equipe que reabilita o amputado, como para as empresas que desenvolvem componentes protéticos.

Ring *et al.*<sup>8</sup> enfatizam as possibilidades de utilização clínica da termografia, técnica usada desde 1960, sugerindo que, apesar de suas múltiplas aplicações e estudos publicados, ainda não há su-

ficientes dados disponíveis. Para Bouzida *et al.*<sup>9</sup>, os estudos com imagem infravermelha são de grande importância para a compreensão da fisiologia de termorregulação do corpo humano em diferentes situações, sendo este um método simples, seguro e não-invasivo. A termografia possibilita analisar as regiões de interesse da superfície corporal pertinentes ao estudo na busca de pontos de atrito, assimetrias na temperatura quando comparadas de forma bilateral, auxiliando diretamente no diagnóstico de sobrecargas articulares, inflamação e isquemias – o que pode caracterizar ou não uma boa adaptação à prótese. Por exemplo, elevação da temperatura pode indicar sobrecarga ou atrito e baixas temperaturas podem ter relação com uma circulação insuficiente.

O objetivo deste estudo foi verificar a adaptação à prótese híbrida de extremidade superior, por meio da análise das características termográficas de um sujeito com amputação proximal de braço esquerdo.

## METODOLOGIA

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Participou do estudo um sujeito adulto do sexo masculino com 42 anos de idade, contatado durante o III Encontro Brasileiro de Amputados em Itapema, SC, em 2008. O sujeito tinha massa de 73 kg e estatura de 1,7 m, com amputação proximal de braço esquerdo há oito anos devido a um trauma por choque elétrico. Há cinco anos utilizava prótese híbrida, que combina dois tipos de mecanismos: o mioelétrico para as funções da mão, combinado com um sistema de controle por cabo para as funções do cotovelo. A prótese é laminada em resina, suspensa por correias, com alça sobre o ombro e mão mioelétrica. Relatou que o tempo de sua adaptação à prótese foi de cerca de seis meses; atualmente, utiliza-a durante o dia todo em suas atividades diárias. Como queixa principal, o participante relatou que o tirante – alça de tecido acrílico com velcro – que contorna o tórax para fixação da prótese pressionava a axila direita, causando



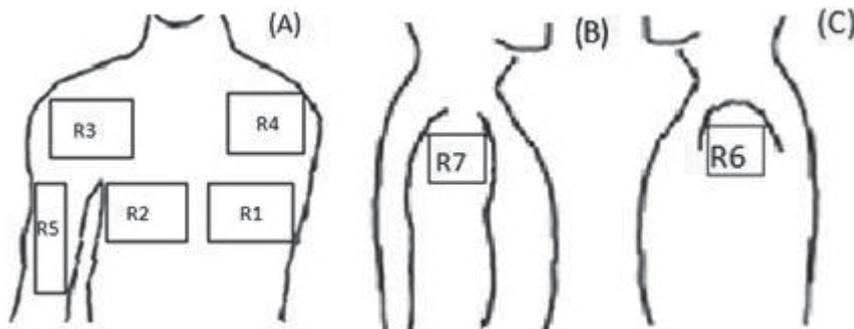
Figura 1 Termógrafo utilizado no estudo

desconforto e dificuldade em atividades da vida diária como vestir-se e alimentar-se.

Foi preenchida uma ficha de avaliação com dados da etiologia da amputação e do processo de reabilitação. Para captação das imagens termográficas foi utilizada uma câmera de infravermelho Electrophysics (modelo PV 320 T, EUA – Figura 1) com processamento digital de imagens, sensibilidade térmica de 0,08°C em faixa espectral de 3 a 14 micrômetros, adequada à aplicação no diagnóstico médico. Utilizou-se para análise dos dados o *software* de suporte Velocity 2.3 com calibração automática e emissividade de 0,97<sup>10</sup>.

O sujeito foi esclarecido sobre as etapas da avaliação termográfica, assinando o termo de consentimento de participação no estudo. Previamente, o sujeito foi orientado a não realizar atividade física por 4 horas antes da avaliação, não consumir bebidas quentes e/ou medicamentos vasodilatadores, não fumar e não utilizar produto algum na pele como cremes etc. Foi então encaminhado à sala de avaliação com temperatura ambiente de 21°C, ausência de luz solar e iluminação por lâmpadas brancas. Foi orientado a retirar a camiseta e a prótese e sentar-se em uma cadeira a 1,2 m da câmera.

As imagens termográficas foram capturadas em duas situações: logo na chegada do sujeito à sala de avaliação, após 8 horas ininterruptas de utilização da prótese; e após o sujeito atingir o equilíbrio térmico. Para a estabilização da temperatura corporal o sujeito permaneceu sentado, sem a camisa e a prótese, instruído a não fazer movimentos e evitar contato da pele nos locais a serem avaliados, buscando equilibrar a temperatura corporal com a temperatura ambiente (21°C), durante 20 minutos<sup>11,12</sup>. Durante esse período de



**Figura 2** Definição de regiões (R) de interesse nas imagens termográficas: (A) do plano frontal anterior; (B) do plano sagital direito; (C) do plano sagital esquerdo

espera foi aplicada a ficha de avaliação.

Antes e após o equilíbrio térmico, foram adquiridas três imagens nos planos frontal anterior, sagital direito e sagital esquerdo. Para cada plano foram definidas as regiões de interesse (RI) para a avaliação termográfica. No plano frontal anterior, foram analisadas cinco RI: R1, peito homolateral à amputação; R2, peito homolateral ao membro íntegro; R3, ombro anterior homolateral ao membro íntegro; R4, ombro homolateral à amputação; e R5, braço anterior. No plano sagital direito foi descrita a R7, ombro íntegro lateral; e no plano sagital esquerdo analisou-se a R6, segmento residual da amputação (Figura 2).

Nas imagens do plano frontal, também foi analisada a temperatura da região correspondente à posição do tirante ao longo do tórax, dada a queixa de desconforto do sujeito.

Os dados coletados, analisados pelo programa Velocity, foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel e organizados. Utilizou-se para tratamento estatístico o programa SPSS (v.17.0) e o teste t de Student ( $p < 0,05$ ) para comparar a temperatura antes e após a estabilização térmica.

## RESULTADOS

Os valores medidos em todas as regiões de interesse nas situações antes e depois do equilíbrio térmico estão apresentados na Figura 3. Os valores das temperaturas reduziram-se após a estabilização em média  $0,79^{\circ}\text{C}$ , com diferença significativa ( $p = 0,01$ ).

A região que apresentou a temperatura inicial mais elevada foi a R4, ou seja,

a região do ombro anterior homolateral à amputação, com diferença significativa após a estabilização térmica ( $p = 0,01$ ). A temperatura que atingiu a mais baixa leitura após o equilíbrio térmico foi a da R6, região do segmento residual à amputação (coto), com diferença significativa ( $p = 0,03$ ). Quanto à simetria de temperatura entre hemitórax direito e esquerdo na vista anterior, foram encontrados os mesmos valores médios após o equilíbrio térmico, porém antes dessa estabilização, constatou-se uma assimetria entre os hemitórax de  $1,1^{\circ}\text{C}$  (com diferença significativa  $p = 0,01$ ) e maiores valores ( $36,7^{\circ}\text{C}$ ) para o hemitórax contralateral à amputação.

Quando se compara a temperatura média no local da amputação e no ombro íntegro (R6 e R7), encontra-se uma diferença de  $1,1^{\circ}\text{C}$  (no local da amputação a temperatura média foi de  $33,3^{\circ}\text{C}$  e, no ombro íntegro,  $34,4^{\circ}\text{C}$ ). Essa diferença foi significativa ( $p = 0,01$ ) e atingida somente após a estabilização térmica, pois antes as médias das temperaturas eram equivalentes.

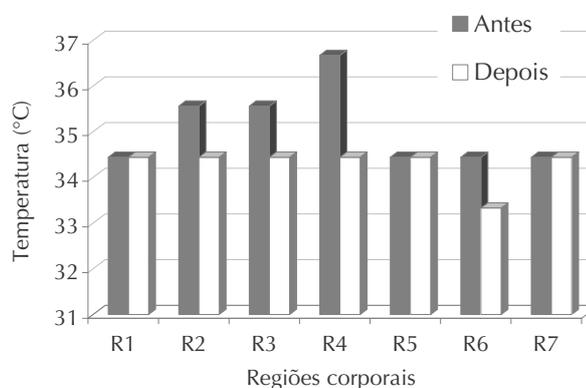
Devido às queixas de desconforto na

região da axila do membro íntegro, em função do tirante que atravessa o tórax para sustentação da prótese, optou-se por analisar as imagens ao longo de sua posição, na diagonal do tórax, já que seu desenho foi nitidamente demarcado nas imagens adquiridas (Figura 4). No que constitui o principal achado clínico deste estudo, foram observadas temperaturas máximas de  $36,7^{\circ}\text{C}$  antes do equilíbrio térmico na região, tendo a temperatura média ao longo dessa faixa se reduzido após o equilíbrio térmico para  $34,4^{\circ}\text{C}$ , com diferença significativa ( $p = 0,01$ ); no entanto, a região proximal à axila continuou com a mesma temperatura máxima de  $36,7^{\circ}\text{C}$ , coincidindo com a região relatada de maior desconforto.

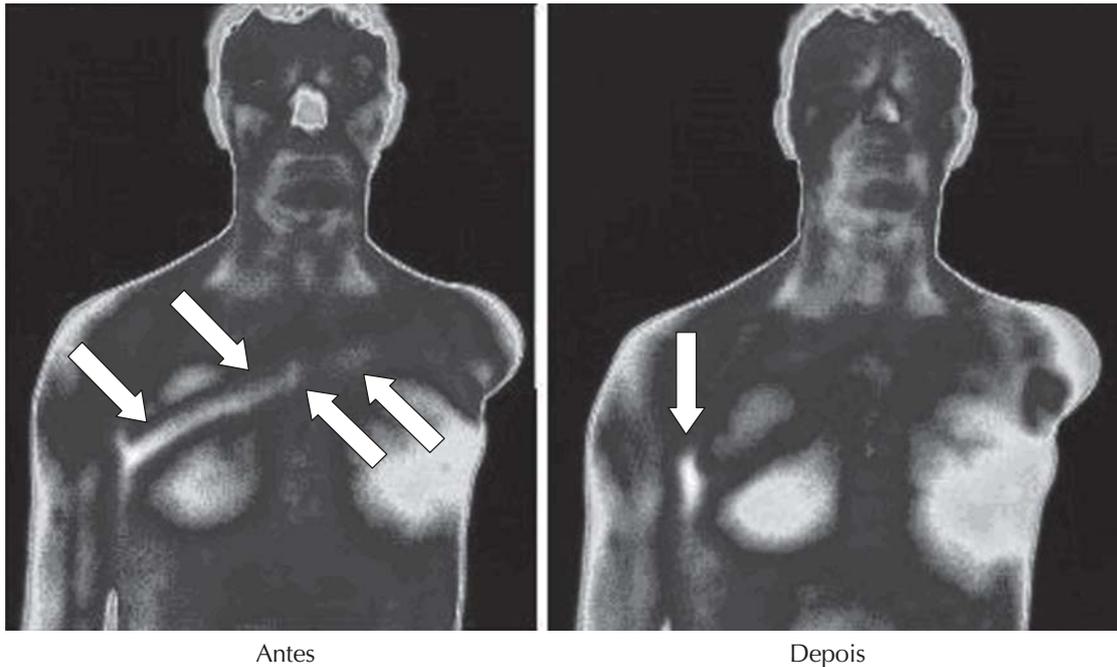
## DISCUSSÃO

Neste estudo, as temperaturas observadas após o equilíbrio térmico<sup>10,11</sup> reduziram seus valores nas RIs estudadas ( $p < 0,05$ ), sugerindo que o tempo de 20 minutos foi adequado. Isso se deve ao fato de que a pele humana, o maior órgão do corpo, é um eficiente termorregulador, sendo constante o balanço de vasodilatação (perda de calor) e vasoconstricção (manutenção de calor). Tal balanço é regulado permanentemente pelo sistema nervoso autônomo<sup>13</sup>.

A RI que apresentou a temperatura mais elevada na chegada foi a R4, ou seja, a região do ombro anterior homolateral à amputação (Figuras 3 e 4). Isso pode estar ligado ao fato de o segmento residual e a região contígua do ombro permanecerem confinados no encaixe da prótese. A alta temperatura também pode caracterizar sobrecarga dessa região,



**Figura 3** Temperatura nas regiões avaliadas antes e depois do alcance do equilíbrio térmico



**Figura 4** Região do tórax ao longo do tirante de fixação da prótese, antes e depois do equilíbrio térmico: temperatura mais elevada antes (faixa indicada por setas) e permanência de alta temperatura depois, na região da axila homolateral ao membro íntegro (seta), coincidindo com a região relatada de maior desconforto

pois, sendo uma prótese híbrida, toda a massa, especialmente da mão mioelétrica, acaba por exigir maior sustentação, sobrecarregando essa região proximal ao encaixe do coto da amputação. Por outro lado, observou-se que a temperatura mais baixa após o equilíbrio térmico ( $p < 0,05$ ) foi a R6, do segmento residual à amputação (Figuras 3 e 4). Tal leitura pode estar ligada à dificuldade de se manter irrigação sanguínea eficiente na extremidade da região amputada.

Pode-se destacar também a diferença significativa de  $1,1^{\circ}\text{C}$  após a estabilização térmica, entre o local da amputação e o ombro íntegro (R6 e R7), com menores valores para R6. Segundo Zaproudina *et al.*<sup>12</sup>, as temperaturas de indivíduos saudáveis nessa mesma região apresentam-se em média de  $30,9^{\circ}\text{C}$ , variando de  $29,4^{\circ}\text{C}$  a  $32,2^{\circ}\text{C}$ . Mesmo considerando-se a maior temperatura ( $32,2^{\circ}\text{C}$ ) obtida por esses autores, as temperaturas aqui encontradas foram superiores, em R6 e R7 (respectivamente,  $33,3^{\circ}\text{C}$  e  $34,4^{\circ}\text{C}$ ). A maior redução de temperatura na R6, após atingir o equilíbrio térmico, pode ser justificada tanto pela menor vascularização desse local quanto pelo fato de o aquecimento anterior ao equilíbrio térmico ser proporcionado, em grande parte, pelo encaixe da prótese.

Para Uematsu<sup>14</sup>, a avaliação por termografia deve ser comparativa entre os hemisférios direito e esquerdo. Como neste estudo foi encontrada diferença significativa de temperatura de  $1,1^{\circ}\text{C}$  antes do equilíbrio térmico entre os dois hemitóraxes, segundo esse autor isso configuraria uma assimetria atípica (quando os valores de diferença ultrapassam os normais, de  $0,5$  a  $0,9^{\circ}\text{C}$ ) – neste caso, sugerindo sobrecarga homolateral ao membro íntegro.

Na análise da temperatura média na região por onde passa o tirante, após o equilíbrio térmico houve uma redução significativa de  $2,3^{\circ}\text{C}$ . É possível observar (Figura 4) que, após a estabilização térmica, a “imagem” do tirante no tórax não se apresentou tão marcante como na coleta inicial. Também foi possível notar que o local onde se concentrou a maior temperatura – região proximal à axila do membro íntegro – coincidiu com a região onde o sujeito relatou maior desconforto, tendo apresentado temperatura máxima de  $36,7^{\circ}\text{C}$ , antes e após o equilíbrio térmico. Segundo Tchou *et al.*<sup>15</sup>, a hipertermia generalizada ou localizada pode ser resultante de uma inflamação. Kelly *et al.*<sup>16</sup>, ao analisar vários tipos de próteses de extremidade superior, destacam que as próteses de suspensão estão indicadas nas amputações trans-

radiais e transmerais em sujeitos com necessidade da prótese para atividades simples da vida diária. Os autores complementam que as vantagens desse tipo de mecanismo de fixação da prótese são a durabilidade e fácil ajuste e indicam, como desvantagens, pressão na axila e desconforto. O tipo de prótese do sujeito em estudo é indicado para os casos em que não existem meios de outra fixação, em função do comprimento do coto, requerendo um tirante que envolva o ombro e a região do tórax para a fixação<sup>1</sup>.

Segundo Lianza<sup>17</sup>, sempre que possível, deve ser evitada a desarticulação total do braço, pois a ausência da cabeça do úmero pode trazer deformidades acentuadas do ombro e desvio da coluna vertebral. Desse modo, uma boa adaptação do encaixe e do tirante para uma fixação perfeita e bom uso da prótese é dificultada para quem necessita realizar a desarticulação. Esse fato justifica o nível de amputação realizado no sujeito em estudo, ou seja, preservando a cabeça umeral.

Kottke *et al.*<sup>18</sup> acrescentam que, no caso das próteses funcionais, acionadas pelo próprio paciente mediante o movimento do segmento residual do membro pela tração de tirantes, faz-se necessário um intenso treinamento. Este se

justifica, pois é exigido um esforço do segmento a fim de adquirir, de forma gradativa, o controle dos diferentes movimentos da prótese e evitar lesões que podem ser acarretadas por seu uso incorreto. Boccolini<sup>1</sup> adverte que os tirantes devem ser confeccionados com as seguintes características: correia forte e macia para não ceder, ser confortável para o amputado, manter seu tamanho tanto seco quanto molhado; não deve ser muito espesso, ser de fácil limpeza e aparência agradável.

## CONCLUSÃO

A avaliação termográfica permitiu constatar elevada temperatura na região do tórax ao longo do tirante de fixação da prótese, especialmente na região axilar, indicando atrito; elevada temperatura no ombro anterior homolateral à amputação, caracterizando sobrecarga; e baixa temperatura no segmento residual à amputação, sugerindo pouca circulação e dificuldade de adaptação. A termografia foi capaz de captar o que outras

tecnologias não permitem, sugerindo seu grande potencial para a classificação do conforto do usuário de prótese. A avaliação termográfica pode ser utilizada no acompanhamento da reabilitação e protetização de amputados, em especial no seguimento do tratamento, com enfoque nas queixas principais e verificação de possíveis sítios de lesão. Recomenda-se que novos materiais sejam desenvolvidos para melhorar o conforto na fixação das próteses de extremidade superior.

## REFERÊNCIAS

- Boccolini F. Reabilitação: amputados, amputações, próteses. São Paulo: Robe; 2000.
- Carvalho J. Amputações de membros inferiores: em busca da plena reabilitação. São Paulo: Manole; 2003.
- Tonon SC, Avila AOV. Análise da marcha em portadores de prótese do membro inferior [dissertação]. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2001.
- Edelstein JE. Avaliação e manejo protético. In: O'Sullivan SB, Schmitz TJ. Fisioterapia: avaliação e tratamento. São Paulo: Manole; 1993. p.465-92.
- Thomson A, Skinner A, Piercy J. Fisioterapia de Tidy. São Paulo: Santos; 1994.
- Bukowski E. Análise muscular de atividades diárias. São Paulo: Manole; 2002.
- Gainé WJ, Smart C, Bransby-Zachary M. Upper limb traumatic amputees: review of prosthetic use. *J Hand Surg.* 1997;22(1):73-6.
- Ring EFJ, Ammer K, Jung A, Murawski P, Wiecek B, Zuber J, et al. Standardization of infrared imaging. *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS.* San Francisco: EMBS; 2004. p.1183-5.
- Bouzida N, Bendada A, Maldague XP. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. *J Therm Biol.* 2009;34(3):120-6.
- Togawa T. Non-contact skin emissivity: measurement from reflectance using step change in ambient radiation temperature. *Clin Phys Physiol Meas.* 1998;10:39-48.
- Allen J, Oates CP, Chishti AD, Ahmed IAM, Talbot D, Murray A. Thermography and colour duplex ultrasound assessments of arterio-venous fistula function in renal patients. *Physiol Meas.* 2006;27:51-60.
- Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Närhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas.* 2008;29:515-24.
- Hooshmand H. Chronic pain: reflex sympathetic dystrophy; prevention and management. Florida; CRC Press; 1993. Chap 2: The role of sympathetic nervous system in temperature regulation, p.13-25; Chap 8: Referred pain and trigger point, p.83-90.
- Uematsu S. Thermographic imaging of cutaneous sensory segment on patient with peripheral nerve injury. *J Neurosurg.* 1998;62:716-20.
- Tchou S, Costich JF, Burgess RC, Wexler CE. Thermographic observations in unilateral carpal tunnel syndrome: report of 61 cases. *J Hand Surg.* 1992; 17:631-7.
- Kelly BM, Pangilinan PH, Rodriguez GM, Mipro RC, Bodeau VS. Upper limb prosthetics. *eMed Phys Med Rehabil [periódico on-line].* 2009. Disponível em: <http://emedicine.medscape.com/article/317234-overview>.
- Lianza S. Medicina de reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1985.
- Kottke FJ, Stillwell GK, Lehmann JF, Krusen: tratado de medicina física e reabilitação. São Paulo: Manole; 1994.