

ASPECTOS NEUROMECÂNICOS DO EXERCÍCIO PULLEY

NEUROMECHANICAL ASPECTS OF THE LAT PULLDOWN EXERCISE

Paulo Henrique Marchetti¹, Mariana Antas de Amorim², Claudinei Campos Arruda², Luiz Fernando Segamarchi², Enrico Gori Soares², Daniel Takeshi Ito³ e Danilo Atanázio da Luz Junior⁴

¹ Licenciado em Educação Física, pelas Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, e em Engenharia Mecatrônica, pela Universidade Paulista – Unip; mestre em Educação Física e doutor em Ciências, pela Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo – EFE/USP; docente do Curso de Educação Física da Universidade Nove de Julho – Uninove; coordenador do Grupo de Pesquisa em Neuromecânica do Treinamento de Força (GNTF), Faculdade de Educação Física de Sorocaba – Fefiso, São Paulo.

² Integrante do Grupo de Pesquisa em Neuromecânica do Treinamento de Força (GNTF), Faculdade de Educação Física de Sorocaba – Fefiso, São Paulo.

³ Doutor em Biologia Molecular, pela Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo – Unifesp; docente do Curso de Educação Física da Universidade Nove de Julho – Uninove.

⁴ Integrante do Grupo de Pesquisa em Neuromecânica do Treinamento de Força (GNTF), Faculdade de Educação Física de Sorocaba – Fefiso, São Paulo.

RESUMO

Muitos são os exercícios utilizados para o desenvolvimento dos músculos que envolvem os membros superiores (particularmente o latíssimo do dorso, o peitoral maior, o redondo maior, o deltoide parte espinal e o bíceps braquial). Diversos são os fatores biomecânicos do exercício *pulley* que podem seletivizar atividades musculares e/ou a efetividade do programa de treino como o deslocamento da barra em relação ao tronco, os diferentes tipos de pegada (supinada e pronada) e as variações no comprimento da pegada na barra. O entendimento destas variações técnicas do exercício *pulley* podem influenciar a correta prescrição durante o treinamento de força. O presente trabalho teve como objetivo revisar aspectos anatômicos, cinesiológicos e biomecânicos do exercício *pulley* e suas variações. Poucos são os estudos que analisam as variações na técnica do exercício *pulley*, mas foi possível observar que diferentes alterações mecânicas realizadas podem acarretar mudanças na ação dos músculos envolvidos neste exercício, aumentando ou diminuindo a *performance* e/ou sua eficiência.

Palavras-chave: musculação, cinesiologia, *pulley*.

ABSTRACT

Several exercises are used to develop the muscles in the upper limbs (particularly the latissimus dorsi, pectoralis major, teres major, spinal portion of the deltoid and biceps brachii). There are several biomechanical factors where the pulley exercise can emphasize the muscle activities and / or effectiveness of the training program as the bar displacement in relation to the trunk, the different types of grip (supinated and pronated) and variations in the length of the grip on the bar. Understanding these variations of pulley exercise techniques can influence the correct prescription for strength training. This study aimed to review anatomy, kinesiology and biomechanics of the pulley exercise and its variations. There are few studies that examine changes in pulley exercise technique, but it could be observed that different mechanical changes made may result in changes in the action of the muscles involved in this exercise, increasing or decreasing the performance and / or efficiency.

Keywords: resistance training, kinesiology, lat pulldown.

1. INTRODUÇÃO

Muitos são os exercícios utilizados para o desenvolvimento dos músculos que envolvem os membros superiores (particularmente o latíssimo do dorso, o peitoral maior, o redondo maior, o deltoide parte espinal e o bíceps braquial) (SIGNORILE, ZINK, & SZWED, 2002). Dentre estes exercícios, as puxadas são extensivamente utilizadas no treinamento de força. O exercício *pulley* vem sendo alvo de pesquisas científicas por ser um exercício comum em salas de musculação e no treinamento esportivo. Diversos são os fatores biomecânicos que podem seletivizar as atividades musculares e/ou a efetividade do programa de treino, como o deslocamento da barra em relação ao tronco, os diferentes tipos de pegada (supinada e pronada) e as variações no comprimento da pegada na barra. O entendimento destas variações técnicas pode influenciar sua correta prescrição durante o treinamento de força. O presente trabalho teve como objetivo revisar aspectos anatômicos, cinesiológicos e biomecânicos do exercício *pulley* e suas variações.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado a partir de uma revisão bibliográfica. Para a elaboração do presente texto, foram selecionados artigos nacionais e internacionais retirados das seguintes bases de dados: Medline¹, SciELO², PubMed e Lilacs³. Os artigos e livros apresentados foram publicados entre os anos de 1977 e 2010. Os termos-chave utilizados no idioma português foram os relacionados a seguir: treinamento resistido, musculação, *pulley*, treinamento de força e eletromiografia. Os mesmos termos foram traduzidos para o inglês.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cinesiologia do exercício *pulley*

O termo *pulley* significa polia e, neste exercício, o indivíduo sentado puxa a barra, que está acima de sua cabeça, para próximo de seu tórax, e o cabo ligado à barra passa por uma polia que traciona a carga. O tronco deve permanecer estático enquanto os membros superiores se movimentam (CRATE, 1996; MARCHETTI, CALHEIROS NETO & CHARRO, 2007).

O exercício *pulley* deve ser analisado em dois momentos: quando há a aproximação da barra ao tórax, na fase concêntrica da contração muscular, e no instante em que ocorre o afastamento, na fase de contração excêntrica. Na posição inicial da fase concêntrica, as articulações glenoumerais (ombros) encontram-se abduzidas; as relações escapulotorácicas (escápulas), rotacionadas superiormente; e os cotovelos, estendidos. Então, são realizadas aduções dos ombros, rotações inferiores das escápulas e flexões dos cotovelos contra a resistência externa (sobrecarga imposta pelo equipamento). Para isso, são solicitados os seguintes grupos musculares: adutores dos ombros, formado pelos músculos latíssimo do dorso, peitoral maior (parte clavicular e esternal) e subescapular; rotadores inferiores das escápulas, formado pelo trapézio (parte transversa e ascendente); e peitoral menor e flexores dos cotovelos, formado pelos músculos braquial, bíceps braquial e braquiorradial (MARCHETTI, CALHEIROS NETO & CHARRO, 2007; THOMPSON & FLOYD, 2002). Na posição final, os ombros ficam abduzidos; as escápulas, rotacionadas superiormente; e os cotovelos, flexionados. Na fase excêntrica, a barra afasta-se do tórax e fica acima da cabeça do indivíduo. A posição inicial desta fase é a final da fase concêntrica, e são realizados movimentos de abduções do ombro, rotações superiores das escápulas e extensões dos cotovelos (CRATE, 1996; GRAHAM, 2003; HALL, 1999; MARCHETTI, CALHEIROS NETO & CHARRO, 2007; RASCH, 2001; SIGNORILE, ZINK & SZWED, 2002; THOMPSON & FLOYD, 2002).

3.2. Anatomia dos músculos envolvidos no exercício *pulley*

Os músculos que movimentam o membro superior podem ser organizados em grupos: aqueles que se inserem no tórax e na escápula, cujo objetivo é a movimentação da escápula; no tórax e no úmero ou, mesmo, na escápula e no úmero para movimentar o úmero. É importante lembrar que os músculos que possuem suas inserções na escápula e nas costelas executam duas funções: quando seu ponto fixo é a escápula, agem como músculos inspiratórios; quando as costelas ficam imóveis, são músculos que movimentam o cingulo do membro superior (DANGELO & FATTINI, 2007; GARDNER, 1974; GOSS, 1977; MOORE & DALLEY, 2007; SPENCE, 1991; TORTORA, 2007).

Articulação do ombro (movimentos dos braços)

O músculo latíssimo do dorso é grande, tem forma de leque triangular e está situado superficialmente,

¹ Literatura Internacional em Ciências da Saúde.

² Scientific Electronic Library On-line.

³ Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde.

exceto na sua parte mais superior, onde é recoberto pelo trapézio. O nome latíssimo do dorso foi bem escolhido porque o músculo cobre uma grande área do dorso e significa “o mais largo do dorso”. Juntamente com o redondo maior, forma a prega axilar posterior e ambos contribuem para a parede posterior da axila. O latíssimo do dorso tem sua inserção de origem nos processos espinhosos das vértebras torácicas inferiores, indiretamente nos processos espinhosos das vértebras lombares e sacrais, através de suas fixações à lâmina posterior da fáscia toracolombar e da crista ilíaca. À medida que o músculo se dirige para sua inserção terminal, recebe feixes das superfícies externas das últimas três ou quatro costelas e, geralmente, do ângulo inferior da escápula. A seguir, o músculo dispõe-se numa espiral em torno da margem inferior do redondo maior, inserindo-se no assoalho do sulco intertubercular. É inervado pelo toracodorsal. Esse grande músculo atua diretamente na articulação do ombro, sendo um poderoso adutor e extensor da região escapular (FERNANDES, 1999; GARDNER, 1974; HOLLINSHEAD, 1980; MOORE & DALLEY, 2007; TORTORA, 2007). O músculo peitoral maior tem forma de leque e cobre a parte superior do tórax. Seu nome deriva de *Pectoralis*, termo que tem origem do nome de um antigo adorno de metal que era colocado sobre peito ou sobre as mamas. O músculo peitoral maior insere-se na metade esternal da clavícula; na superfície ventral do esterno, alcançando caudalmente as cartilagens das costelas verdadeiras. A parte que se insere no esterno representa a maior parte da massa desse músculo. Desta extensa origem, as fibras atravessam a articulação do ombro e convergem para sua inserção terminal em um tendão plano que se insere na crista do tubérculo maior do úmero. O músculo peitoral maior é inervado pelos nervos peitoral medial e lateral do plexo braquial, contendo fibras do nervo quinto, sexto, sétimo e oitavo cervicais e primeiro torácico (FERNANDES, 1999; GARDNER, 1974; HOLLINSHEAD, 1980; MOORE & DALLEY, 2007; TORTORA, 2007). O músculo deltoide é um espesso músculo que cobre a articulação do ombro anterior, lateral e posteriormente, subdividido em partes clavicular, acromial e espinal, respectivamente. Possui forma triangular que se assemelha à letra grega delta, origem de seu nome (FERNANDES, 1999). Sua origem abrange desde o terço lateral da clavícula, a superfície superior do acrômio até a espinha da escápula. Dessa ampla origem, as fibras atravessam a articulação do ombro e convergem para a sua inserção em um espesso tendão que, por sua vez, insere-se na tuberosidade para o músculo deltoide.

A parte espinal do deltoide realiza os movimentos de extensão, adução e rotação lateral do ombro (SACCO & TANAKA, 2008).

Articulações do cingulo do membro superior (movimentos das escápulas e clavículas)

O músculo peitoral menor tem formato triangular e situa-se na parede anterior da axila, onde é quase completamente coberto pelo peitoral maior. Origina-se das margens da terceira, quarta e quinta costelas, e insere-se no processo coracoide da escápula. O peitoral menor estabiliza a escápula e é usado na elevação das costelas para inspiração profunda quando o cingulo do membro superior está fixado ou elevado. O nervo peitoral medial do plexo braquial, contendo fibras dos nervos oitavo cervical e primeiro torácico inerva esse músculo (FERNANDES, 1999; GARDNER, 1974; HOLLINSHEAD, 1980; MOORE & DALLEY, 2007; TORTORA, 2007). O músculo subescapular forma uma parte da parede posterior da axila. Tem inserção de origem em quase toda a fossa subescapular. Seu tendão de inserção terminal passa à frente da cápsula da junta do ombro, à qual é aderente, e se fixa no tubérculo menor do úmero. Une-se aos outros músculos do manguito rotador para manter a cabeça do úmero na cavidade glenoidal durante todos os movimentos da articulação do ombro. É inervado pelos nervos subescapulares do fascículo posterior. É um poderoso rotador medial do ombro e ajuda a manter a cabeça do úmero na cavidade glenoidal (GARNER, GRAY & O'RAHILLY, 1975; MOORE & DALLEY, 2007). O músculo trapézio é grande, triangular e cobre a face posterior pescoço e a metade superior do tronco. É responsável pela borda inclinada do pescoço. Recebeu esse nome porque os músculos dos dois lados formam essa figura geométrica. O trapézio é o local de fixação direta do cingulo do membro superior ao tronco. Tem sua inserção de origem no processo espinhoso da sétima vértebra cervical e nos ligamentos supraespinhais de todas as vértebras torácicas, no ligamento nuchal e, frequentemente, na linha nuchal superior e na protuberância externa do osso occipital. O trapézio tem inserção terminal contínua em dois ossos. Sua parte mais superior acha-se inserida no terço lateral da clavícula, a parte média no acrômio e crista da espinha da escápula, e a parte inferior no tubérculo da crista. É inervado pelo nervo acessório e, por meio do plexo cervical, pelo terceiro e quarto nervos cervicais. As fibras desse músculo são divididas em três partes, que têm ações diferentes na articulação escapulotorácica fisiológica.

O trapézio fixa o cingulo do membro superior ao crânio e à coluna vertebral. As fibras da parte descendente, com o levantador da escápula, elevam o ombro. As partes transversal e ascendente do músculo atuam com os romboides, retraindo e fixando a escápula. O trapézio tem ainda uma importante função ao rotacionar a escápula durante a abdução e elevação do membro superior (FERNANDES, 1999; GARDNER, 1974; HOLLINSHEAD, 1980; MOORE & DALLEY, 2007; TORTORA, 2007).

Articulação do cotovelo (movimentos do antebraço)

O músculo braquial é fusiforme e achatado, e está situado posteriormente (de maneira profunda) ao bíceps braquial. O termo braquial significa braço. Esse músculo tem inserção de origem nos dois terços distais das faces anteromedial e anterolateral do úmero, e, inclui a interposição do deltoide. A sua inserção terminal ocorre na cápsula da junta do cotovelo, na superfície anterior do processo coronoide e na tuberosidade da ulna. É innervado pelo nervo musculocutâneo. O braquial é o principal flexor do cotovelo e é o único flexor puro. Flexiona o cotovelo em todas as posições, não sendo afetado por pronação e supinação durante movimentos lentos e rápidos, e na presença ou ausência de resistência. Quando o cotovelo é estendido lentamente, o braquial estabiliza o movimento por meio de relaxamento lento. Sempre contrai quando o cotovelo é fletido e é o principal responsável pela manutenção da posição flexionada (FERNANDES, 1999; GARDNER, 1974; HOLLINSHEAD, 1980; MOORE & DALLEY, 2007; TORTORA, 2007). Como indica o nome, o músculo bíceps braquial, na sua inserção de origem na escápula, tem duas cabeças. A cabeça curta se insere no processo coracobraquial e a cabeça longa o faz por um longo tendão no tubérculo supraglenoidal. Embora o bíceps braquial esteja localizado no compartimento anterior do braço, não tem fixação no úmero. Os tendões de origem dão lugar a dois ventres que se unem e se continuam em um tendão palpável, inserido na tuberosidade do rádio. É innervado pelo nervo musculocutâneo. O bíceps braquial age em três articulações: ombro, cotovelo e radioulnar, embora atue principalmente nas duas últimas. Sua ação e eficácia são muito afetadas pela posição do antebraço. Juntamente com o braquial, auxilia na flexão do cotovelo. Quando o antebraço está pronado, é o principal supinador do antebraço. O bíceps braquial dificilmente opera como flexor quando o antebraço está em pronação, mesmo contra resistência (FERNANDES, 1999; GARDNER, 1974;

HOLLINSHEAD, 1980; MOORE & DALLEY, 2007; TORTORA, 2007). O músculo braquiorradial tem formato fusiforme e situa-se superficialmente na face anterolateral do antebraço. Tem inserção de origem na parte superior da crista supracondilar lateral do úmero e insere-se na face lateral do rádio, logo acima do processo estiloide. É innervado pelo nervo radial. Torna-se particularmente ativo durante movimentos rápidos ou na presença de resistência quando ocorre a flexão do cotovelo (DANGELO & FATTINI, 2007; MOORE & DALLEY, 2007).

Apenas um estudo analisou variáveis morfométricas dos músculos dos membros superiores em dez adultos jovens através de ressonância nuclear magnética. A Tabela I apresenta algumas das características anatômicas dos músculos envolvidos no exercício *pulley*.

3.3. Ativação mioelétrica durante as variações mecânicas no exercício *pulley*

Diversas alterações mecânicas do complexo ombro-braço-antebraço e tronco podem modificar a participação dos músculos envolvidos nos movimentos relacionados ao exercício *pulley* (YODAS *et al.*, 2010). No presente trabalho, serão revisadas as modificações no deslocamento da barra em relação ao tronco, os diferentes tipos de pegada (supinada e pronada) e as variações no comprimento da pegada na barra.

Quanto ao deslocamento da barra em relação ao tronco, o estudo de Sperandei *et al.* (2009) analisou a atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior, latíssimo do dorso, deltoide parte espinal e bíceps

Tabela I: Média \pm desvio padrão do volume médio, área de secção transversa e comprimento dos músculos envolvidos no exercício *pulley*

Músculo	Volume médio (cm ³) (\pm DP)	ASTF (cm ²) (\pm DP)	Comprimento (cm) (\pm DP)
Latíssimo do Dorso	262,3 (147,2)	13,9 (6,5)	19,3 (3,3)
Deltóide	380,5 (157,7)	25,0 (8,7)	18,1 (1,8)
Redondo maior	32,7 (16,3)	2,5 (0,9)	10,9 (1,9)
Bíceps Braquial	143,7 (68,7)	8,2 (3,4)	27,0 (2,6)
Braquial	143,7 (63,7)	14,4 (5,9)	22,3 (2,1)
Braquiorradial	65,1 (36,0)	3,9 (1,8)	23,5 (2,5)

Fonte: adaptado de Holzbaur *et al.* (2007).

braquial em diferentes técnicas de puxada da barra em relação ao tronco (puxada pela frente e puxada pelas costas) em 24 sujeitos treinados (com, pelo menos, um ano de prática em musculação). Foram realizadas cinco repetições com 80%IRM⁴ para cada uma das técnicas de puxada, sendo a distância entre as mãos durante a pegada na barra de 1,6 x a distância biacromial. Os resultados revelaram que o músculo peitoral maior apresentou ativação mais significativa durante a puxada pela frente quando comparado à puxada pelas costas, enquanto que, para o deltoide parte espinal e bíceps braquial, a maior ativação mioelétrica foi verificada durante a puxada pelas costas. Para o músculo latíssimo do dorso, não houve diferenças na ativação mioelétrica em nenhuma das técnicas utilizadas. O estudo de Carpenter, Novaes & Batista (2007) corrobora em parte os achados do estudo acima, pois comparou a ativação eletromiográfica entre duas técnicas de puxada (pela frente e pelas costas) em três diferentes condições de carga (controle de cadência a 80% IRM, sem controle de cadência a 80%IRM e sem controle de cadência a 70%IRM). Foram analisadas as ações mioelétricas (bíceps braquial, tríceps braquial, latíssimo do dorso, trapézio e peitoral maior) em 12 indivíduos treinados. Não foram verificadas diferenças na ativação dos músculos estudados para as diferentes técnicas ou cargas impostas, exceto para o músculo trapézio na condição de controle de cadência a 80%IRM.

Entretanto, o estudo de Signorile, Zink & Szwed (2002) comparou diferentes técnicas de puxada (pela frente e pelas costas) e observou importantes diferenças na ação dos músculos que participam deste exercício. Parte deste estudo analisou a ativação mioelétrica dos músculos cabeça longa do tríceps braquial, latíssimo do dorso, deltoide parte espinal, redondo maior e peitoral maior em dez sujeitos treinados utilizando-se 10RM. Os resultados mostraram que os músculos latíssimo do dorso, deltoide parte espinal e cabeça longa do tríceps apresentaram maior ação muscular durante o exercício de puxada pela frente do que na puxada pelas costas. Os músculos peitoral maior e redondo maior não apresentaram diferenças significativas entre os tipos de pegada.

Quanto às diferentes pegadas (pronação ou supinação) na barra, o estudo de Youdas *et al.* (2010) analisou a atividade mioelétrica de sete músculos (trapézio parte ascendente, latíssimo do dorso, infraespinal, eretor da

coluna, peitoral maior, oblíquo externo e bíceps braquial) durante três tipos de pegada (pronação, supinação e pronação/supinação) durante o exercício *pulley* (pela frente) realizado na barra fixa em 21 sujeitos treinados. Nesta revisão, a pegada pronação/supinação foi excluída da análise por este tipo de equipamento não estar disponível nas academias. Os resultados mostraram que a ativação dos músculos peitoral maior, infraespinal, trapézio parte ascendente, latíssimo do dorso e bíceps braquial apresentaram grande ação muscular durante todas as pegadas analisadas. A ativação muscular do peitoral variou de 44 ± 27% da contração voluntária máxima isométrica (CVMI) para a pegada pronação e 57 ± 36% CVMI para a supinação, além de sua maior participação ter ocorrido na fase inicial do movimento (~20% do ciclo de movimento). A ativação muscular do trapézio parte ascendente foi similar à do peitoral maior (pronação: 45 ± 22% CVMI; e supinação: 56 ± 21% CVMI). A ativação mioelétrica do músculo bíceps braquial foi muito alta e variou de 78 ± 32% CVMI para a pegada pronação e 96 ± 34% CVMI para a supinação. Entretanto, de todos os músculos analisados, o latíssimo do dorso apresentou a maior ação muscular, variando em 117 ± 46% CVMI para a pegada supinação. Os valores para a pegada pronação tenderam a ser menores que os da supinação, mas foram apresentados apenas graficamente no estudo (embora não houvesse diferença significativa entre eles).

Ao contrário do trabalho acima referenciado, o estudo de Lusk, Hale & Russel (2010) analisou a ativação mioelétrica dos músculos latíssimo do dorso, trapézio parte transversa e bíceps braquial em quatro técnicas de execução do *pulley* (dois tipos de pegadas: pronação e supinação; e dois tipos de comprimento de pegada: aberta e fechada). Foram analisados 12 sujeitos treinados em musculação, utilizando 70%IRM e cadência de dois segundos em cada fase do movimento (concêntrica e excêntrica). Os resultados mostraram que não houve influência do comprimento da pegada para o músculo latíssimo do dorso; entretanto, foi encontrada maior participação deste músculo na pegada pronação em relação à supinação. Para os músculos trapézio parte transversa e bíceps braquial, não foram observadas diferenças na ativação mioelétrica entre as diferentes pegadas.

Desta forma, parece que os estudos são inconclusivos quanto à participação do músculo latíssimo do dorso durante o exercício *pulley* nos diferentes tipos de deslocamento da barra em relação ao

⁴ *One repetition maximum* (uma repetição máxima).

tronco, os diferentes tipos de pegada (supinada e pronada) e as variações no comprimento da pegada na barra, fato este que pode ser atribuído a diferenças na técnica de execução do exercício durante cada estudo citado.

4. CONCLUSÃO

Como foi possível observar, as diferentes alterações mecânicas realizadas no exercício *pulley* podem acarretar mudanças na ação dos músculos envolvidos neste exercício, aumentando ou diminuindo a *performance* e/ou sua eficiência.

REFERÊNCIAS

- CARPENTER, Carlos Sandro C.; NOVAES, Jefferson & BATISTA, Luiz Alberto. Comparação entre a puxada por trás e a puxada pela frente de acordo com a ativação eletromiográfica. *Revista de Educação Física*, n. 136, p. 20-27, Rio de Janeiro, março, 2007.
- CRATE, Tiffany. Analysis of the lat pull down. *Strength & Conditioning Journal*, v. 19, n. 3, p. 26-29, June, 1997.
- DANGELO, José Geraldo & FATTINI, Carlos A. *Anatomia humana sistêmica e segmentar*. 3. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2007.
- FERNANDES, Geraldo José M. *Etimologia: dicionário etimológico da nomenclatura anatômica*. São Paulo: Plêiade, 1999.
- GARNER, Ernest; GRAY, Donald J. & O'RAHILLY, Ronan. *Anatomia estudo regional do corpo humano*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1975.
- GARDNER, Weston D. O. & OSBURN, William A. *Anatomia humana: estrutura do corpo*. São Paulo: Atheneu, 1974.
- GOSS, Charles M. *Gray anatomia*. 29. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- GRAHAM, John F. Front lat pulldown. *Strength & Conditioning Journal*, v. 25, n. 5, p. 42-43, October, 2003.
- HALL, Susan J. *Basic biomechanics*. New York: McGraw-Hill Companies, 1999.
- HOLLINSHEAD, William Henry. *Livro texto de anatomia humana*. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1980.
- HOLZBAUR, Katherine R. S.; MURRAY, Wendy M.; GOLD, Gary E.; & DELP, Scott L. Upper limb muscle volumes in adult subjects. *Journal of Biomechanics*, v. 40, n. 4, p. 742-749, 2007.
- LUSK, Stephen J.; HALE, Bruce D. & RUSSEL, Daniel M. Grip width and forearm orientation effects on muscle activity during the lat pull-down. *Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 24, n. 7, p. 1.895-1.900, July, 2010.
- MARCHETTI, Paulo Henrique; CALHEIROS NETO, Ruy B. & CHARRO, Mário Augusto. *Biomecânica aplicada: uma abordagem para o treinamento de força*. Vol. 1. São Paulo: Phorte, 2007.
- MOORE, Keith L. & DALLEY, Arthur F. *Anatomia orientada para clínica*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- RASCH, Philip J. *Cinesiologia e anatomia aplicada*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- SACCO, Isabel de C. N. & TANAKA, Clarice. *Cinesiologia e biomecânica dos complexos articulares*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. Série Fisioterapia: teoria e prática clínica.
- SIGNORILE, Joseph F.; ZINK, Attila, J. & SZWED, Steven P. A comparative electromyographical investigation of muscle positions during the lat pull-down. *Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 16, n. 4, p. 539-546, November, 2002.
- SPENCE, Alexander P. *Anatomia humana básica*. Barueri: Manole, 1991.
- SPERANDEI, Sandro; BARROS, Marcos A. P. & SILVEIRA-JÚNIOR, Paulo C. S. Electromyographic analysis of three different types of lat pull-down. *Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 23, n. 7, p. 2.033-2.038, October, 2009.
- THOMPSON, Clem W. & FLOYD, R. T. *Manual de cinesiologia estrutural*. 14. ed. Barueri: Manole, 2002.
- TORTORA, Gerard J. *Princípios de anatomia humana*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- YODAS, James W.; AMUNDSON, Collier L.; CICERO, Kyle S.; HAHN, Justin J.; HAREZLAK, David T. & HOLLMAN, John H. Surface electromyographic activation patterns and elbow joint motion during a pull-up, chin-up, or perfect-pullup rotational exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 24, n. 12, p. 3.404-3.414, December, 2010.

Endereço para correspondência:

Paulo H. Marchetti. Rua Miguel Vaiano, n. 75, casa 17. São Paulo – Brasil – CEP 18055-340. Tel.: 55 11 7823-1626.
E-mail: dr.pmachetti@gmail.com.

COMPLICAÇÕES PULMONARES DECORRENTES DA RADIOTERAPIA PARA CÂNCER DE MAMA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

PULMONARY COMPLICATIONS DUE TO RADIOTHERAPY FOR BREAST CANCER: A SYSTEMATIC REVIEW

Diego de Sousa Dantas¹, Diego Neves Araújo² e Railda Shelsea Taveira Rocha do Nascimento³

¹ Bacharel em Fisioterapia, pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; integrante do Laboratório de Aplicações Biotecnológicas da Universidade Estadual da Paraíba – LBA/UEPB. Centro de Cancerologia Dr. Ulisses Pinto, Hospital da FAP – Fundação Assistencial da Paraíba, Campina Grande.

² Bacharel em Fisioterapia, pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; integrante do Laboratório de Aplicações Biotecnológicas da Universidade Estadual da Paraíba – LBA/UEPB. Centro de Cancerologia Dr. Ulisses Pinto, Hospital da FAP – Fundação Assistencial da Paraíba, Campina Grande.

³ Doutora em Engenharia de Processos, pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG; docente do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Estadual da Paraíba – CCBS/UEPB; Laboratório de Aplicações Biotecnológicas da Universidade Estadual da Paraíba – LBA/UEPB. Centro de Cancerologia Dr. Ulisses Pinto, Hospital da FAP – Fundação Assistencial da Paraíba, Campina Grande.

RESUMO

O câncer de mama é o tipo de neoplasia mais frequente entre as mulheres. Dentre os tratamentos, destaca-se a radioterapia que visa ao controle de recidivas locais e à promoção de uma sobrevida livre de doença. Contudo, decorrente da irradiação, outros órgãos torácicos podem ser comprometidos, desencadeando vários efeitos colaterais agudos e tardios. Este estudo teve por objetivo, a partir de uma revisão sistemática, identificar as complicações pulmonares decorrentes da radioterapia adjuvante em mulheres com câncer de mama, descritas na literatura. Para levantamento bibliográfico, foram consultadas as seguintes bases de dados: Lilacs, Medline, PubMed, SciELO e *Science Direct*. Os principais descritores utilizados foram *pulmonary complications*, *radiotherapy* e *breast cancer*. Foram incluídos estudos prospectivos e ensaios clínicos, randomizados ou não, e excluídos artigos de revisão e relatos de caso. Os estudos relatam redução gradual significativa dos volumes e capacidades pulmonares, aumento na densidade pulmonar ao longo de todo o pulmão ipsilateral à irradiação, considerável ocorrência de pneumonite clínica, alterações radiológicas e na densidade pulmonar relacionadas com a radiação. Após esta revisão, pôde-se observar que os estudos existentes na literatura apontam que a radioterapia adjuvante em pacientes com câncer de mama determina efeitos nocivos ao tecido pulmonar, provocando diminuição de volumes e capacidades, e induzindo quadros de pneumonite e fibrose pulmonar.

Palavras-chave: complicações pulmonares, radioterapia, câncer de mama.

ABSTRACT

Breast cancer is the most common type of cancer among women. Among the treatments, there is radiation therapy that targets the control of local recurrences and the promotion of a disease-free survival. However, due to the scattering of radiation other thoracic organs can be compromised, triggering various acute and late side effects. This study aimed from a systematic review to identify the pulmonary complications resulting from adjuvant radiotherapy in women with breast cancer described in the literature. To literature have been consulted databases: Lilacs, Medline, Pubmed, Science Direct and SciELO. The main keywords used were Pulmonary Complications, radiotherapy and breast cancer. We included prospective studies and randomized clinical trials or not, and excluded review articles and case report. Studies report a significant gradual reduction in volumes and lung capacities, an increase in lung density over the entire ipsilateral lung irradiation, considerable incidence of clinical pneumonitis, radiographic changes in lung density and related to the radiation. Following this review it was observed that the studies in the literature indicate that adjuvant radiotherapy in patients with breast cancer, it determines the harmful effects to the lung tissue, causing reduction of volume and capacity, inducing pictures of pneumonitis and pulmonary fibrosis.

Keywords: pulmonary complications, radiotherapy, breast cancer.

I. INTRODUÇÃO

O câncer de mama é o mais comum entre as mulheres do mundo ocidental, e o número de casos está aumentando significativamente (SJÖVALL *et al.*, 2010). A *International Union Against Cancer (UICC)* estima que, em 2020, haverá 15 milhões de novos casos no mundo, dos quais cerca de 53% estarão em países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Segundo estimativas do Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2009), no ano de 2010, estavam previstos para o Brasil pouco mais de 49 mil novos casos.

A depender da situação clínica e do estadiamento do câncer, o tratamento para o câncer de mama pode incluir terapêuticas locais, a exemplo dos eventos cirúrgicos e de radioterapia, e sistêmicas, como a quimioterapia e a hormonioterapia (MAURI, PAVLIDIS & IOANNIDIS, 2005).

A radioterapia pode ser definida como um tratamento indolor, no qual se utiliza radiação ionizante em células malignas, danificando a estrutura do DNA celular e, conseqüentemente, interferindo no crescimento tumoral e na metástase (SEPAH & BOWER, 2009).

No que diz respeito à radioterapia para tratamento do câncer de mama, sua indicação pode ocorrer em quatro momentos distintos do tratamento (BERGMANN, 2000): no pré-operatório (radioterapia neoadjuvante), em casos de carcinoma inflamatório e insucesso com a quimioterapia neoadjuvante; no pós-operatório (radioterapia adjuvante), como seguimento terapêutico de cirurgias radicais em pacientes com alto risco de recidiva local, em tumores invasivos *in situ* e tumores oculares de mama; exclusiva, em lesões inoperáveis ou no carcinoma inflamatório; e paliativa, em metástases ósseas, ganglionares, cerebrais e com compressão medular.

O objetivo da radioterapia adjuvante não é apenas curar o paciente, ou diminuir o risco de recidiva local, mas permitir alta qualidade de vida após o tratamento (UTEHINA *et al.*, 2009).

O local de aplicação da radioterapia pode ser a mama residual, a parede torácica ou áreas de drenagem linfática, incluindo linfonodos da axila, fossa supraclavicular e mamas interna (BERGMANN, 2000).

A toxicidade provocada pela radiação, em um estado inicial pode provocar alterações cutâneas, a exemplo de eritemas, descamação e necrose da pele, sem grande significância clínica (STEWART *et al.*, 1995); no entanto, as reações tardias estão associadas a altera-

ções mais severas e significativas nos tecidos cardíaco e pulmonar (LIND *et al.*, 1997).

Dessa forma, o comprometimento de órgãos torácicos, como coração, pulmão (MUREN *et al.*, 2002; BORGER *et al.*, 2006) e medula espinhal (VÅGANE *et al.*, 2009), evidencia-se como um fator limitante para esse tratamento.

Levando-se em consideração que a irradiação da mama e dos linfonodos regionais geralmente inclui a irradiação do tecido pulmonar, e que essa última pode gerar efeitos adversos, que venham a comprometer a qualidade de vida pós-tratamento, torna-se importante identificar e descrever tais efeitos, agudos ou tardios, decorrentes da interação da radiação com o tecido pulmonar, a fim de que se possa fomentar a discussão e otimizar o tratamento personalizado para futuros pacientes.

Nesse sentido, este estudo teve por objetivo, a partir de uma revisão sistemática, identificar as complicações pulmonares decorrentes da radioterapia adjuvante em mulheres com câncer de mama descritas na literatura.

2. DESENVOLVIMENTO

Para o levantamento bibliográfico, foram consultadas as seguintes bases de dados: Lilacs (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde); Medline (*US National Library of Medicine*); PubMed (*National Library of Medicine and The National Institute of Health*); SciELO (*Scientific Electronic Library On-line*) e *Science Direct*.

A estratégia de busca envolveu a utilização dos termos diferenciados para cada base de dados explorada. No Lilacs, a busca foi realizada com os termos *lung injury radiotherapy breast cancer*; no Medline, *pulmonary complication* [descriptor de assunto] and *radiotherapy* [descriptor de assunto] and *breast cancer* [descriptor de assunto]; no PubMed e SciELO, *pulmonary complication radiotherapy breast cancer*; e, no *Science Direct*, *pulmonary complication radiotherapy breast cancer and limit-to (contenttype, "Journal") and limit-to (topics, "breast cancer") and limit-to (topics, "radio therapy")*.

Após uma busca independente de dois revisores, os artigos foram pré-selecionados e o teste estatístico de Kappa foi utilizado para verificação da concordância entre ambos, quanto à seleção ou não dos artigos para análise ($K = 0,629$; $p < 0,0001$), mostrando boa concordância neste procedimento. Quando havia dissenso na seleção dos estudos, ambos discutiram e entraram em consenso.

Foram incluídos estudos prospectivos e ensaios clínicos, randomizados ou não, que demonstraram nos resultados alterações pulmonares decorrentes da radioterapia adjuvante em pacientes com câncer de mama, disponibilizados em formato completo, independentemente do idioma. Foram excluídos os demais tipos de estudos, a exemplo dos artigos de revisão, relatos de caso, bem como aqueles que não faziam distinção entre as alterações pulmonares decorrentes da radioterapia ou quimioterapia, e que não fossem relacionados com câncer de mama, além daqueles que não manifestassem vínculo com o objeto de estudo. Aqueles artigos que se apresentaram em mais de uma base de dados exploradas foram contabilizados apenas uma vez.

Nas bases Medline, foram explorados os artigos publicados no período de 1966-2010, não tendo sido estabelecidos limites para as demais bases. No total, foram encontrados 209 trabalhos, distribuídos na seguinte proporção por base de dados: seis artigos no Lilacs; 49 no PubMed; 102 no Medline; 52 no *Science Direct*; nenhum no SciELO. Em seguida, utilizaram-se os resumos para aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, o que resultou em 12 artigos. Desses, após avaliação do texto completo, foram selecionados sete publicações. Os achados verificados na literatura estão sumarizados na Tabela 1, ao final do artigo.

Os artigos selecionados no conjunto de obras publicadas sobre a matéria analisaram variáveis diferentes do funcionamento pulmonar, bem como de afecções clínicas decorrentes da radiação.

Com relação aos parâmetros da função pulmonar, Lind e colaboradores (1999), realizaram acompanhamento com mulheres portadoras de neoplasia mamária, incluindo avaliação clínica (primeiro, quarto e sétimo mês após término da RTA), teste da função pulmonar (antes e após o quinto mês da RTA) e tomografia computadorizada (antes e após o quarto mês da RTA). Embora o referido estudo relate a avaliação da capacidade residual funcional e da capacidade vital, os resultados não contemplam esses dados, evidenciando apenas uma correlação entre as anormalidades radiológicas do pulmão induzidas pela radiação com o volume irradiado e uma correlação de tais anormalidades com as complicações pulmonares.

Outro estudo (Ooi et al., 2001) observou que, ao longo de um ano pós-radioterapia, houve uma redução gradual significativa do volume expiratório forçado no primeiro segundo, capacidade vital forçada e capacidade de difusão do monóxido de carbono. A capa-

cidade pulmonar total também apresentou redução gradual e significativa, porém apenas a partir do sexto mês pós-radioterapia. Com relação às alterações radiológicas, após um mês do término da RTA, 30% dos pacientes apresentaram opacidade, seguidos por 80% no terceiro mês e 87% no sexto e no 12º mês.

Em relação aos sistemas de desconforto respiratório, pesquisadores (Sjövall et al., 2010) observaram aumento no relato de dispnéia após seis meses do término da RTA, através do questionário *Treatment Toxicity Assessment Tool* (OTTAT).

Estudo relatando análises comparativas dos exames de tomografia computadorizada pré e pós-RTA demonstrou aumento na densidade pulmonar ao longo de todo o pulmão ipsilateral à irradiação, e alterações divergentes entre os participantes para a densidade do pulmão contralateral (Vágane et al., 2009). As alterações na densidade pulmonar foram correlacionadas significativamente com o volume e as doses irradiadas. Nesse estudo, associada à mensuração da densidade pulmonar, foi observada diminuição da fração pulmonar preenchida por ar, indicando uma diminuição nos volumes pulmonares.

O *Normal Tissue Complication Probability* (NTCP) é um índice que representa a probabilidade de uma determinada complicação ocorrer em um tecido que esteja recebendo quaisquer doses de irradiação (Justino et al., 2003). Tal índice foi utilizado para estratificar a probabilidade de os pacientes desenvolverem pneumonite clínica, e demonstrou uma probabilidade, relativamente baixa, de 0,6% (Muren et al., 2002).

Dentre as alterações pulmonares decorrentes da irradiação torácica, um efeito agudo frequente, caracterizado pela exudação e proliferação celular, é a pneumonite por radiação (RP) (Lind et al., 1997), que muitas vezes é clinicamente silenciosa, embora os pacientes possam experimentar a autolimitação, dispnéia, tosse, febre e desconforto respiratório. Numa fase posterior, a depender do tamanho e da localização da lesão e da dose absorvida, pode-se desenvolver fibrose pulmonar (Vágane et al., 2009).

Vários estudos mostraram que a probabilidade de desenvolvimento de complicações tardias de coração e pulmão e o grau de tais complicações são correlacionados com o volume relativo de órgãos que receberam doses clinicamente relevantes (Rancati et al., 2007; Lind et al., 2002).

Contudo, não há evidências suficientes que demonstrem diferenças entre as complicações pulmonares e as regiões pulmonares acometidas. Apesar disso, acredita-se que o ápice pulmonar seja de pequena importância, devido ao pequeno volume em relação ao pulmão e ao baixo fluxo sanguíneo nessa região (LIND *et al.*, 1999).

Estudos verificaram que 28% das pacientes desenvolveram pneumonite clínica; 35% tiveram alterações radiológicas na radiografia de tórax e 15% demonstraram alterações na densidade pulmonar na tomografia computadorizada (RANCATI *et al.*, 2007).

Em contrapartida, um estudo multicêntrico demonstrou que apenas 1,4% das pacientes com câncer de mama desenvolveram pneumonite por radiação após seis meses do término da RTA (KWA *et al.*, 1998). E o grau de pneumonite esteve associado à dose e ao volume irradiado.

Com relação ao tempo para aparecimento da pneumonite, os estudos utilizam períodos diferentes, que se situam entre quatro e 12 semanas do término da radioterapia (DAVIS, YANKELEVITZ & HENSCHKE, 1992), ou por volta de seis meses para o aparecimento desse tipo de complicação (KWA *et al.*, 1998).

A radioterapia está associada à maior incidência de câncer de pulmão secundário, provocado por radiação, à diminuição da função pulmonar e às lesões pulmonares irreversíveis (OOI *et al.*, 2001; LIND *et al.*, 1998; DARBY *et al.*, 2005).

3. CONCLUSÃO

Não há consenso na literatura atual acerca dos efeitos da radioterapia sobre a função pulmonar, e os estu-

dos disponíveis não avaliam os parâmetros fisiológicos, clínicos e radiológicos concomitantemente. Além disso, os resultados encontrados foram divergentes, principalmente quanto à ocorrência de pneumonite, possivelmente devido à não uniformidade no seguimento e à presença de amostras não representativas, com situações clínicas diversas e falta de padronização nos protocolos de radioterapia.

Contudo, os estudos apontam que a radioterapia adjuvante em pacientes com câncer de mama possui efeitos nocivos ao tecido pulmonar, provocando diminuição de volumes e capacidades, e induzindo quadros de pneumonite e fibrose pulmonar. E tais complicações estão associadas com o volume irradiado, campos tangenciais e a dose utilizada na irradiação.

Tais achados demonstram a necessidade de um programa terapêutico que leve em consideração as repercussões sistêmicas da radiação, para que ofereça ao paciente uma assistência mais segura e resolutiva, que vá além da prevenção de uma recidiva locorregional e possibilite uma melhor qualidade de vida pós-tratamento, reduzindo os índices de morbidade e mortalidade pela doença.

AGRADECIMENTOS

Os nossos sinceros agradecimentos ao Prof. Manoel Adrião Gomes Filho (Laboratório de Fisiologia Animal Molecular Aplicada da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Fama/UFRPE) e ao Físico Ademar Marques Caldeira Filho, pela assistência intelectual e confiança demonstradas durante a execução do estudo.

REFERÊNCIAS

- BERGMANN, Anke. *Prevalência de linfedema subsequente a tratamento cirúrgico para câncer de mama no Rio de Janeiro*. 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro: ENSP/Fiocruz.
- BORGER, Jacques H.; HOONING, Maartje J.; BOERSMA, Liesbeth; ALEMAN, Berthe M. P.; LINTZEN, Eelke; VAN DER TOORN, Peter-Paul; SNIJDERS-KEILHOLZ, Antonia; VAN BRUSSEL, Sara & VAN LEEUWEN, Flora E. Cardiotoxic effects of breast conserving therapy in patients with left-sided breast cancer treated with tangential fields. A retrospective multicenter study. *Radiotherapy and Oncology*, v. 87 (Suppl 1), p. S37, 2006.
- DARBY, Sarah C.; MCGALE, Paul; TAYLOR, Carolyn W. & PETO, Richard. Long-term mortality from heart disease and lung cancer after radiotherapy for early breast cancer: prospective cohort study of about 300 000 women in US SEER cancer registries. *The Lancet Oncology*, v. 6, n. 8, p. 557-565, August, 2005.
- DAVIS, Sheila D.; YANKELEVITZ, David F. & HENSCHKE, Claudia I. Radiation effects on the lung: clinical features, pathology, and imaging findings. *American Journal of Roentgenology*, v. 159, p. 1.157-1.164, December, 1992.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER – INCA. *Estimativa 2010: incidência de câncer no Brasil*. Rio de Janeiro: Inca, 2009.
- JUSTINO, Pitágoras B.; CARVALHO, Heloisa de A.; FERAUCHE, Débora & ROS, Renato. Planejamento tridimensional para radioterapia de tumores de esôfago: comparação de técnicas de tratamento e análise da probabilidade de complicações. *Radiologia Brasileira*, v. 36, n. 3, p. 157-162, São Paulo, maio/junho, 2003.
- KWA, Stefan L. S.; LEBESQUE, Joos V.; THEUWS, Jacqueline C. M.; MARKS, Lawrence B.; MUNLEY, Mike T.; BENTEL, Gunilla; OETZEL, Dieter; SPAHN, Uwe; GRAHAM, Mary V.; DRZYMALA, Robert E.; PURDY, James A.; LICHTER, Allen S.; MARTEL, Mary K. & TEN HAKEN, Randall K. Radiation pneumonitis as a function of mean lung dose: an analysis of pooled data of 540 patients. *International Journal Radiation Oncology, Biology, Physics*, v. 42, n. 1, p. 1-9, August, 1998.
- LIND, Pehr A. R. M.; GAGLIARDI, Giovanna; WENNBERG, Berit & FORNANDER, Tommy. Descriptive study of pulmonary complications after postoperative radiation therapy in node-positive stage II breast cancer. *Acta Oncologica*, v. 36, n. 5, p. 509-515, 1997.
- LIND, Pehr A. R. M.; MARKS, Lawrence B.; HARDENBERGH, Patricia H.; CLOUGH, Robert; FAN, Ming; HOLLIS, Donna; HERNANDO, Maria Lourdes; LUCAS, Daniel; PIEPGRASS, Anna & PROSNITZ, Leonard R. Technical factors associated with radiation pneumonitis after local ± regional radiation therapy for breast cancer. *International Journal Radiation Oncology, Biology, Physics*, v. 52, n. 1, p. 137-143, January, 2002.
- LIND, Pehr A. R. M.; ROSFORS, Stefan; Wennberg, B; GLAS, Ulla; BEVEGÅRD, Sture & FORNANDER, Tommy. Pulmonary function following adjuvant chemotherapy and radiotherapy for breast cancer, and the issue of three-dimensional treatment planning. *Radiotherapy and Oncology*, v. 49, n. 3, p. 245-254, December, 1998.
- LIND, Pehr A. R. M.; SVANE, Gunilla; GAGLIARDI, Giovanna & SVENSSON, Christer. Abnormalities by pulmonary regions studied with computer tomography following local or local-regional radiotherapy for breast cancer. *International Journal Radiation Oncology, Biology, Physics*, v. 43, n. 3, p. 489-496, February, 1999.
- MAURI, David; PAVLIDIS, Nicholas & IOANNIDIS, John P.A. Neoadjuvant versus adjuvant systemic treatment in breast-cancer: a meta-analysis. *Journal of the National Cancer Institute*, v. 97, n. 3, February, 2005.
- MUREN, Ludvig P.; MAURSTAD, Gjertrude; HAFSLUND, Rune; ANKER, Gun & DAHL, Olav. Cardiac and pulmonary doses and complication probabilities in standard and conformal tangential irradiation in conservative management of breast cancer. *Radiotherapy and Oncology*, v. 62, n. 2, p. 173-183, February, 2002.
- OOI, Gaik C.; KWONG, Dora L.; HO, James C.; LOCK, D. T.; CHAN, F. L.; LAM, Wah K.; NGAN, Henry; AU, Gordon & TSANG, Kenneth W. Pulmonary sequelae of treatment for breast cancer: a prospective study. *International Journal Radiation Oncology, Biology, Physics*, v. 50, n. 2, p. 411-419, June, 2001.
- RANCATI, Tiziana; WENNBERG, Berit; LIND, Pehr A. R. M.; SVANE, Gunilla & GAGLIARDI, Giovanna. Early clinical and radiological pulmonary complications following breast cancer radiation therapy: NTPC fit with four different models. *Radiotherapy and Oncology*, v. 82, n. 3, p. 308-316, March, 2007.
- SEPAH, Saviz C. & BOWER, Julianne E. Positive affect and inflammation during radiation treatment for breast and prostate cancer. *Brain, Behavior and Immunity*, v. 23, n. 8, p. 1.068-1.072, November, 2009.

REFERÊNCIAS

SJÖVALL, Katarina; STRÖMBECK, Gertrude; LÖFGREN, Anette; BENDAHL, Par-Öla & GUNNARS, Barbro. Adjuvant radiotherapy of women with breast cancer – information, support and side-effects. *European Journal of Oncology Nursing*, v. 14, n. 2, p. 147-153, April, 2010.

STEWART, J. Robert; FAJARDO, Luís Felipe; GILLETTE, Sharon M. & CONSTINE, Louis S. Radiation injury to the heart. *International Journal Radiation Oncology, Biology, Physics*, v. 31, n. 5, p. 1.205-1.211, March, 1995.

UTEHINA, Olga; POPOVS, Sergejs; PURINA, Dace; SLOSBERGA, Ingrida; VEVERE, Ilga; EMZINS, Dzintars; BERZINS, Juris; VALUCKAS, Konstantinas P.; JANULIONIS, Ernestas & MILLER, Albert. Analysis of cardiac and pulmonary complication probabilities after radiation therapy for patients with early-stage breast cancer. *Medicina (Kaunas)*, v. 45, n. 4, p. 276-285, 2009.

VÄGANE, Randi; DANIELSEN, Turi; FOSSÅ, Sophie Dorothea; LØKKEVIK, Erik & OLSEN, Daq R. Late regional density changes of the lung after radiotherapy for breast cancer. *Radiotherapy and Oncology*, v. 90, n. 1, p. 148-152, January, 2009.

Endereço para correspondência:

Diego de Sousa Dantas. Rua Luiz Vidal de Negreiros, n. 98 – Malvinas. Campina Grande – Paraíba – CEP 58432-753. Tel (83) 9649-1615.
E-mail: diegosdantas@hotmail.com.