

## O tórax e o envelhecimento: manifestações radiológicas\*

The chest and aging: radiological findings

Bruno Hochhegger, Gustavo Pontes de Meireles, Klaus Irion,  
Gláucia Zanetti, Eduardo Garcia, José Moreira, Edson Marchiori

### Resumo

Nos idosos (convencionalmente definidos como indivíduos com idade  $\geq$  de 60 anos), é muitas vezes difícil estabelecer o que é normal devido a inúmeras modificações anatômicas e fisiológicas que ocorrem durante o processo de envelhecimento. Como resultado, o principal problema consiste em diferenciar o ponto em que o envelhecimento é normal daquele no qual a doença começa. Os achados radiológicos do tórax de pessoas idosas saudáveis são comumente limitrofes. Revisamos sistematicamente a literatura médica sobre o assunto, abrangendo o período entre 1950 e 2011, incluindo artigos em português, inglês, francês, italiano e espanhol. A busca foi feita através das bases de dados PubMed, LILACS e SciELO, utilizando os seguintes termos: *age, aging, lung, thorax, chest, X-ray, radiography, pulmonary, computed tomography* e suas traduções correspondentes, em combinações variadas. Os critérios de inclusão foram artigos originais e de revisão de achados radiológicos no tórax relacionados ao envelhecimento. Em linhas gerais, o envelhecimento resulta em modificações fisiológicas que devem ser reconhecidas de forma a não serem erroneamente interpretadas como patologias.

**Descritores:** Envelhecimento; Tórax; Pulmão; Diagnóstico por imagem.

### Abstract

In the elderly (conventionally defined as individuals  $\geq$  60 years of age), it is often difficult to establish what normality is, because of the numerous anatomical and physiological modifications that occur during the aging process. As a result, the greatest challenge is to differentiate between the normal aging process and the onset of disease. Healthy elderly people commonly present borderline findings on chest imaging. We systematically reviewed the medical literature on the subject, covering the period between 1950 and 2011, including articles in Portuguese, English, French, Italian, and Spanish. We searched the PubMed, LILACS, and SciELO databases, using the search terms “age”, “aging”, “lung”, “thorax”, “chest”, “X-ray”, “radiography”, “pulmonary”, and “computed tomography”—as well as their corresponding translations—in various combinations. We included only original or review articles on aging-related chest imaging findings. In broad terms, aging results in physiological modifications that must be recognized so as not to be erroneously interpreted as pathological.

**Keywords:** Aging; Thorax; Lung; Diagnostic imaging.

### Introdução

Com uma frequência crescente, exames radiológicos são realizados em pacientes idosos, devido ao aumento progressivo da expectativa de vida da população, causado pelas melhores condições de vida e progressos na medicina.<sup>(1,2)</sup> Nos idosos, muitas vezes é difícil estabelecer o que é a normalidade, ou melhor, o grau de compatibilidade com a faixa etária. Isso acontece devido às numerosas modificações anatômicas e fisiológicas que ocorrem durante o processo de envelhecimento. Nesse contexto, o problema que

se impõe na prática clínica é o de reconhecer até que ponto as alterações encontradas nesses indivíduos são decorrentes do envelhecimento.<sup>(3)</sup> O objetivo da presente revisão foi descrever os achados radiológicos mais comumente associados ao envelhecimento torácico.

Realizamos uma revisão sistemática da literatura médica sobre o tema, abrangendo o período entre 1950 e 2011, incluindo artigos de língua portuguesa, inglesa, francesa, italiana e espanhola. A busca de referências relevantes se

\* Trabalho realizado no Hospital Pavilhão Pereira Filho, Complexo Hospitalar Santa Casa de Porto Alegre, Porto Alegre (RS) Brasil. Endereço para correspondência: Bruno Hochhegger. Rua João Alfredo, 558/301, Cidade Baixa, CEP 90050-230, Porto Alegre, RS, Brasil.

Tel. 55 51 3314-3665 E-mail: brunohochhegger@gmail.com

Apoio financeiro: Nenhum.

Recebido para publicação em 15/8/2011. Aprovado, após revisão, em 5/9/2012.

fez através da exploração de bases de dados — PubMed, LILACS e SciELO — usando os seguintes termos: *age, aging, lung, thorax, chest, X-ray, radiography, pulmonary, computed tomography* e suas traduções correspondentes, em combinações variadas. Além disso, as revisões sobre o tema e as listas de referências de todos os artigos considerados relevantes foram consultadas para a busca de novos artigos para inclusão. Os critérios de inclusão foram artigos que descrevessem achados radiológicos relacionados ao envelhecimento torácico. Foram encontrados 152 artigos, dos quais 12 foram selecionados pela a leitura do resumo. Além desses artigos que discutiam os principais achados radiológicos do envelhecimento pulmonar, incluímos outros 39 artigos que discutem aspectos clínicos, patológicos e funcionais para alicerçar a discussão.

Os resultados foram divididos, didaticamente, em três grandes grupos: parede torácica, mediastino e parênquima pulmonar.

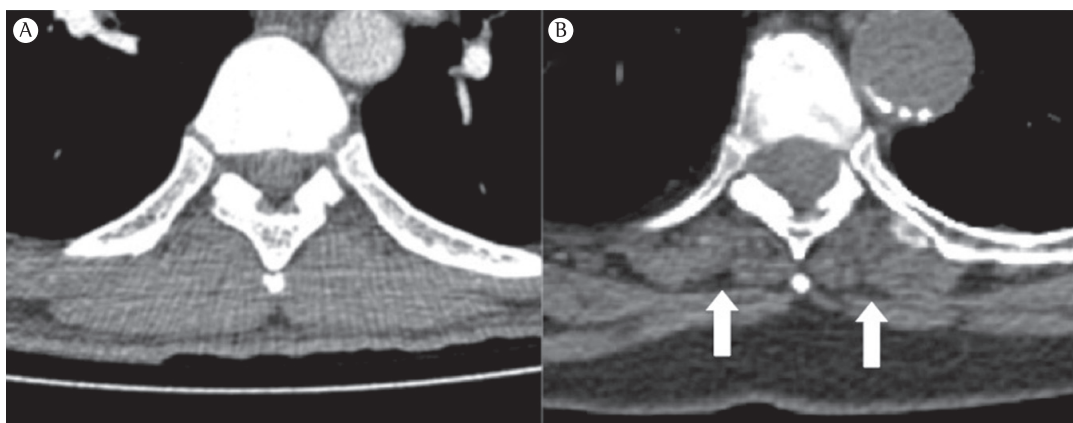
### Alterações radiológicas relacionadas ao envelhecimento da caixa torácica

Um dos achados radiológicos mais comuns na parede torácica é a redução da espessura dos músculos parietais, que é bem demonstrada por TC, especialmente quando comparada com aquela de indivíduos mais jovens (Figura 1). Essa redução é uma das principais causas do aumento da transparência pulmonar em estudos radiográficos de tórax em idosos. Apesar de não haver estudos definindo a idade inicial para o encontro desse

achado, sabe-se que isso decorre da perda de massa muscular associada ao processo fisiológico de envelhecimento, sendo mais evidente quanto maior for a idade do indivíduo.<sup>(4-10)</sup> Entretanto, não existem ainda critérios objetivos que permitam diagnosticar esse achado pelos métodos de imagem. Outro achado de ocorrência comum é a presença de calcificações da cartilagem costal, que se apresentam como pequenas ilhas de matéria óssea compacta e que podem ter aparência nodular, sendo confundidas, em alguns casos, com nódulos pulmonares solitários.<sup>(3)</sup>

A coluna vertebral é outro sítio onde as modificações degenerativas relacionadas ao envelhecimento são comuns. As principais alterações são a osteoporose e a espondilose. O termo espondilose engloba as alterações degenerativas da coluna, entre elas, redução de espaços intervertebrais, esclerose óssea adjacente aos discos intervertebrais e osteófitos marginais vertebrais. A presença de osteófitos vertebrais é, em geral, mais pronunciada do lado direito da coluna vertebral, por causa da presença da aorta descendente do lado esquerdo. A acentuação da cifose dorsal, associada à maior convexidade do esterno, contribui para uma configuração fenotípica do tórax do idoso, denominada “tórax em barril”. Quando associadas, essas modificações parietais ocasionam enrijecimento da parede torácica, com repercussão desfavorável na mecânica ventilatória.<sup>(11-13)</sup>

O achado de “tórax em barril” nos exames de imagem é característico, embora não exclusivo, do indivíduo idoso, devendo ser feito



**Figura 1** – Imagens de TC. Em A, indivíduo de 25 anos e, em B, indivíduo de 86 anos. Compare a espessura da musculatura parietal. Observe também a lipossustituição (áreas hipodensas) dos músculos longuíssimos do dorso em B (setas).

o diagnóstico diferencial principalmente com DPOC. Na DPOC, outros comemorativos devem fazer parte do diagnóstico, tais como presença de enfisema pulmonar, espessamento brônquico e bronquiectasias.<sup>[14,15]</sup> Quando a idade aparece como um fator associado em pacientes com DPOC, ela certamente é um fator contribuinte para a evolução da doença, mas o papel de cada variável (idade vs. DPOC) no “tórax em barril” não pode ser determinado através de métodos de imagem.

Outros achados frequentes no exame de imagem do idoso são as protuberâncias diafragmáticas por hipertrofia muscular e discinesia de algumas áreas, particularmente no lado direito, provavelmente causadas pelo esforço do hemidiafragma para manter a relação anatômica entre o pulmão e o fígado.<sup>[11,13]</sup>

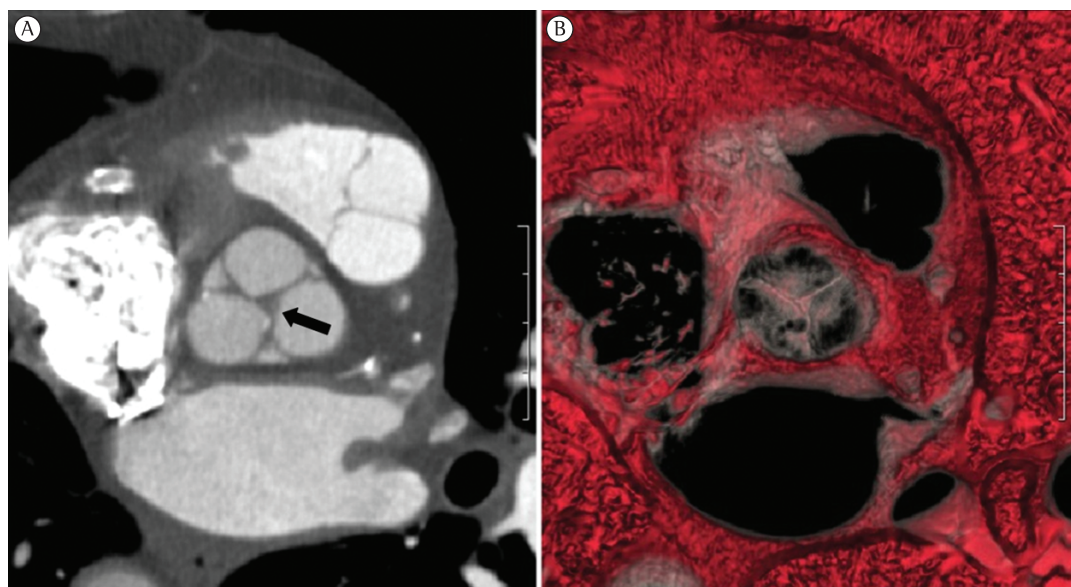
### Alterações radiológicas relacionadas ao envelhecimento do mediastino

As alterações relacionadas exclusivamente ao processo fisiológico de envelhecimento do coração são observadas em aproximadamente 10% da população idosa. Esse seleto grupo é caracterizado por possuir apenas achados primários de envelhecimento cardíaco, isto é, achados

radiológicos não relacionados a comorbidades comuns dessa faixa etária (hipertensão arterial, DPOC, aterosclerose, diabetes e insuficiência renal).<sup>(16,17)</sup>

A mais comum alteração fisiológica relacionada ao envelhecimento cardiovascular é a disfunção diastólica, que ocorre devido a um aumento da massa muscular do ventrículo esquerdo (por hipertrofia) e a alterações nas propriedades elásticas do miocárdio que ocorrem com a idade.<sup>(18,19)</sup>

Tratando-se de características radiológicas, as principais alterações do “coração do idoso” são o aumento da massa muscular e da espessura do miocárdio, especialmente do ventrículo esquerdo, devido à hipertrofia dos miócitos e ao aumento da matriz de tecido conjuntivo (Figura 2); espessamento marginal das valvas cardíacas (frequentemente a mitral e a aórtica) devido a depósitos de gordura, colágeno e sais de cálcio, provocando desgaste do anel valvar e consequente insuficiência leve em aproximadamente 90% dos pacientes saudáveis com idade superior a 80 anos; e esclerose coronariana, tendo como consequência possíveis alterações da perfusão miocárdica.<sup>(16,17,20-23)</sup> Embora essas modificações, em sua grande maioria, não tenham repercussão clínica em pacientes hígidos, essas podem facilitar a descompensação em um momento



**Figura 2** – TC cardíaca. Em A, observa-se a reconstrução de uma valva aórtica em sístole, com espessamento dos folhetos, em um paciente com 88 anos sem história de doença cardiovascular. O espessamento de folhetos valvares é descrito como uma forma de envelhecimento cardiovascular normal. Em B, evidencia-se a reconstrução tridimensional desses achados.

de sobrecarga por um fator externo, como, por exemplo, processos infecciosos.

Na maioria dos casos, os sinais de sobrecarga cardíaca direita devem-se ao aumento na resistência capilar pulmonar, como na DPOC e no defeito de válvula mitral, e geralmente têm uma base patológica; já os sinais de sobrecarga cardíaca esquerda (hipertrofia de ventrículo esquerdo) podem, em alguns casos, associar-se somente ao processo fisiológico de envelhecimento cardíaco.<sup>(22)</sup>

As alterações relacionadas à aorta compreendem seu alongamento e dilatação, que são os principais fatores responsáveis pelo alargamento do mediastino superior na radiografia de tórax em idosos. As calcificações parietais da aorta apresentam-se, na grande maioria dos pacientes, com maior frequência no arco e na porção descendente, sendo alterações inespecíficas ao estudo radiológico. Entretanto, em indivíduos idosos, calcificações da aorta torácica, das válvulas cardíacas e das artérias coronárias indicam uma maior propensão às patologias cardiovasculares.<sup>(3,22,23)</sup>

### **Alterações radiológicas relacionadas ao envelhecimento do parênquima pulmonar**

Durante as duas primeiras décadas de vida, os pulmões passam por uma fase de crescimento e maturação. O número máximo de alvéolos é atingido por volta dos 10-12 anos de idade, e a maturação do sistema respiratório ocorre por volta dos 20 anos nas mulheres e dos 25 anos nos homens.

A diminuição da atividade funcional do pulmão ocorre devido aos desequilíbrios desencadeados por alterações na relação ventilação/perfusão pulmonar em pacientes com mais idade; no entanto, essas alterações somadas não excedem a 3% do débito cardíaco total, provocando uma mínima diminuição da  $\text{PaO}_2$  (6 mmHg), sem repercussão clínica a menos que exista uma descompensação da função pulmonar por alguma doença de base.<sup>(24-30)</sup>

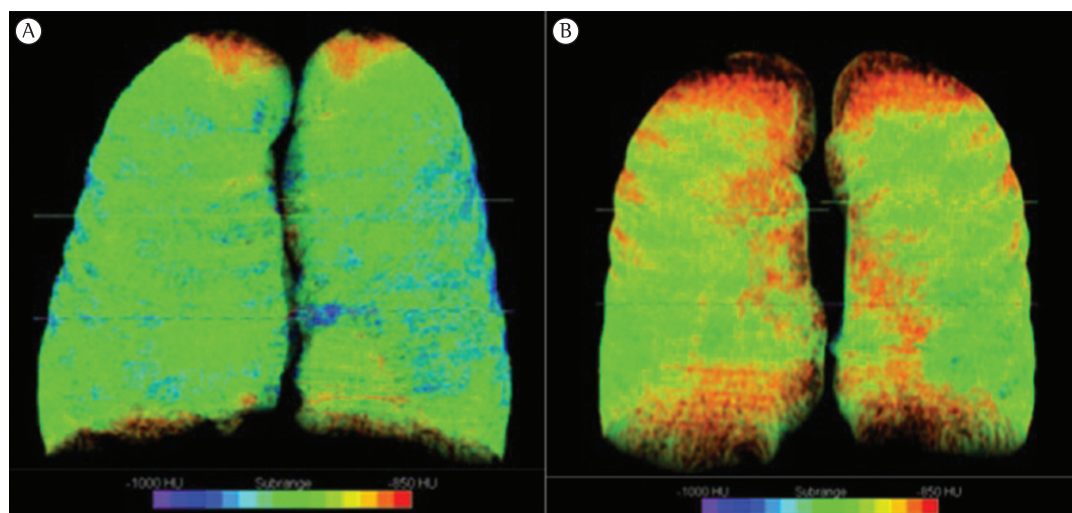
Uma das mais importantes alterações fisiológicas associadas ao envelhecimento é a diminuição da complacência pulmonar. As propriedades elásticas do pulmão podem ser separadas em dois componentes: as forças de superfície e as forças de tecido.<sup>(31)</sup> Não há evidências de que a força de superfície de revestimento

das unidades respiratórias terminais altere o seu comportamento de base mecânica com a idade. Nenhuma mudança na qualidade ou na quantidade de surfactante alveolar foi descrita, nem há qualquer evidência de alteração da função dos pneumócitos tipo II.<sup>(32)</sup> Contudo, mudanças no parênquima pulmonar e na parede torácica são funcionalmente significantes.

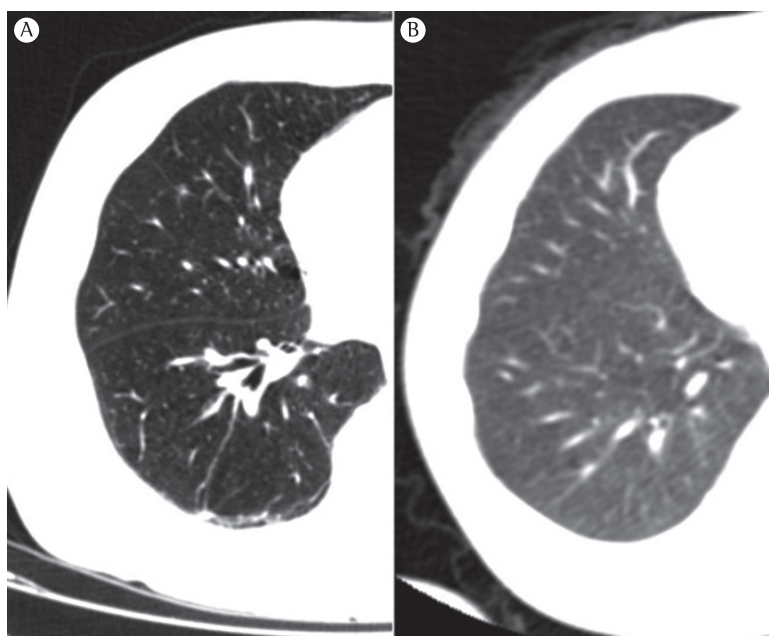
Na parede torácica, há uma diminuição da complacência, ocasionada principalmente por limitações no esqueleto ósseo, como fraturas vertebrais, espondilose e progressiva perda de força nos músculos relacionados com a respiração.<sup>(31,32)</sup> Tratando-se do parênquima pulmonar, a complacência do pulmão normalmente diminui com o envelhecimento.<sup>(33,34)</sup> Essas alterações são geralmente atribuídas a modificações no tecido conjuntivo pulmonar. Estudos bioquímicos sugerem, no entanto, que o conteúdo total de colágeno e elastina do pulmão não se altera com o envelhecimento.<sup>(35)</sup> O que ocorre é que o colágeno fica mais estável por causa do aumento do número de ligações intermoleculares cruzadas. A hipótese mais aceita é a de que a capacidade elástica é perdida porque existem mudanças no arranjo espacial da rede de fibras de colágeno ou por causa da presença de uma proteína denominada pseudoelastina.<sup>(31)</sup>

Estudos em camundongos com envelhecimento acelerado demonstraram um aumento notável de tamanho dos ductos alveolares durante o processo de envelhecimento. Identificaram-se, também, o alargamento dos espaços aéreos terminais, caracterizados como uma destruição relativamente homogênea, com raros infiltrados celulares nos alvéolos, sugerindo que o alargamento do espaço aéreo não resultou da inflamação do parênquima pulmonar, em oposição ao que é visto no enfisema.<sup>(36,37)</sup>

Turner et al.<sup>(34)</sup> relataram que, em indivíduos com idades entre 20 e 60 anos, a relação do peso do pulmão com o peso corporal não diminui com o envelhecimento, o que sugere ou pouca/nenhuma destruição do pulmão ou a substituição de tecidos.<sup>(34,36,37)</sup> Durante o curso do envelhecimento, os ductos alveolares aumentam seu diâmetro, e os alvéolos tornam-se mais largos e rasos. Após a quarta década de vida, uma parte das fibras elásticas dos bronquíolos respiratórios e alvéolos degenera, o que diminui sua complacência.<sup>(38)</sup> Tais mudanças são mais marcantes ao redor dos ductos alveolares. Consequentemente, ocorre a dilatação



**Figura 3** – TC tridimensional demonstrando (em A) áreas de aumento volumétrico das pequenas vias aéreas, denominado enfisema senil (áreas em azul) em um paciente com 85 anos. Notar a homogeneidade da distribuição das áreas enfisematosas. Em B, TC tridimensional de paciente sadio com 23 anos. Notar que não são identificadas áreas sugestivas de enfisema pulmonar.

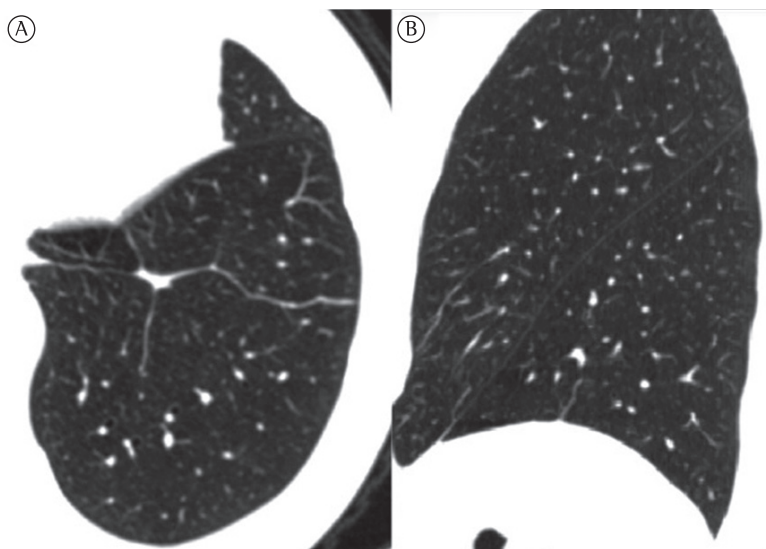


**Figura 4** – Em A, corte tomográfico axial em um idoso de 78 anos e, em B, em uma criança com seis meses. Notar a diferença de atenuação dos parênquimas pulmonares, sendo o da criança mais denso.

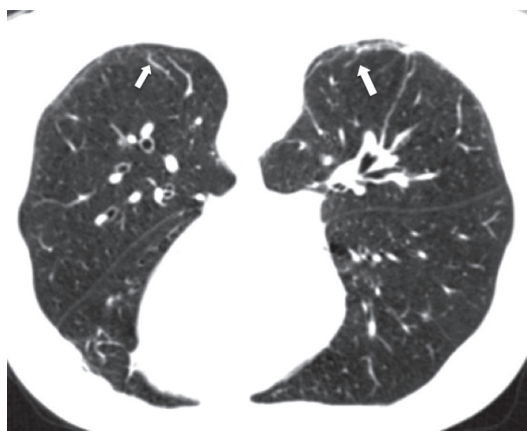
desses ductos, seguida pelo alargamento dos espaços aéreos.<sup>(32)</sup> Esse alargamento é notavelmente homogêneo, ao contrário da distribuição irregular de alargamento do espaço aéreo no enfisema (Figuras 3 e 4).

Estudos morfométricos têm mostrado um aumento progressivo da distância média entre as paredes dos espaços aéreos e uma diminuição da superfície das paredes do espaço aéreo, por unidade de volume pulmonar.<sup>(34,39,40)</sup> Essas alterações têm

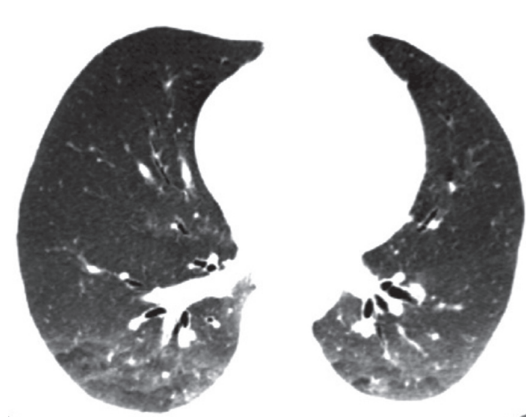
início na terceira década de vida e progridem de forma linear e contínua, resultando em uma diminuição da superfície das paredes do espaço aéreo de 25-30% em nonagenários.<sup>(39,40)</sup> Embora essas mudanças sejam histologicamente diferentes daquelas do enfisema pulmonar, no qual há a destruição das paredes alveolares, elas resultam em mudanças semelhantes na complacência pulmonar. Da mesma forma que o enfisema pulmonar, essas alterações ocasionam uma redução dos tecidos de



**Figura 5** – Paciente de 87 anos, assintomática. Em A, corte tomográfico axial, focado no lobo inferior esquerdo, demonstrando atelectasias laminares basais. Em B, identifica-se a reconstrução sagital desse achado.



**Figura 6** – Paciente de 83 anos, assintomática. Observar o corte tomográfico axial em decúbito ventral que demonstra espessamentos septais lineares subpleurais (setas). Esses achados são indiferenciáveis radiologicamente de intersticiopatia por outras causas.

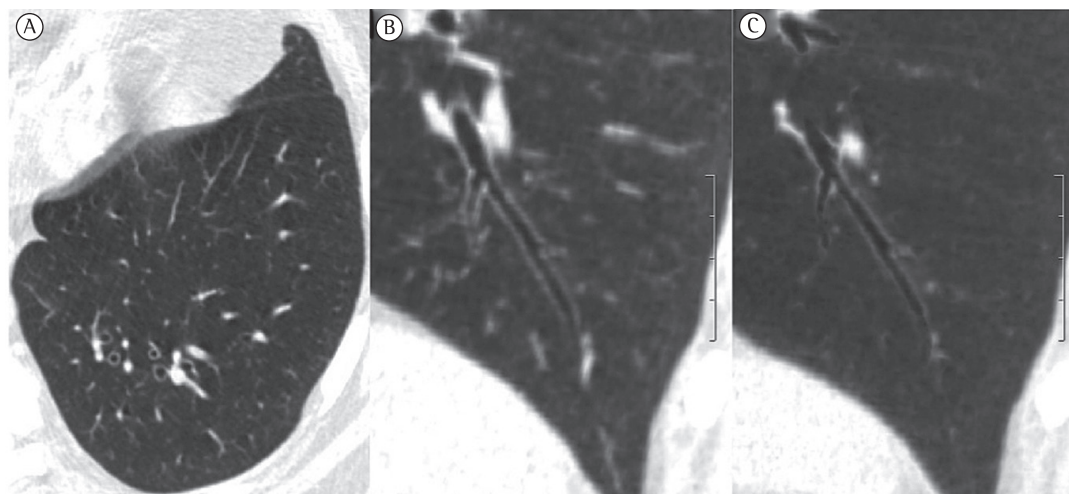


**Figura 7** – Paciente de 87 anos, assintomática. Corte tomográfico axial com reconstrução *minimum intensity projection*, que resalta as áreas com menor densidade do parênquima pulmonar, evidenciando extensas áreas de aprisionamento aéreo. A paciente demonstrava testes funcionais normais.

suporte em torno das vias aéreas, onde há uma tendência ao colapso das pequenas vias aéreas (< 2 mm) e consequente alteração no fluxo aéreo. Tal fenômeno de alterações morfoestruturais no parênquima pulmonar associado ao envelhecimento tem sido denominado na literatura como “enfisema senil” (Figura 3).<sup>(38)</sup>

As alterações parenquimatosas relacionadas ao envelhecimento são causadas pelo fluxo sanguíneo reduzido da circulação sistêmica através das artérias brônquicas e pelas já citadas alterações quantitativas/qualitativas do colágeno e da complacência pulmonar.<sup>(11,13)</sup> A proporção de influência de cada um desses fatores ainda não está

bem definida. A consequência fisiopatológica inicial dessas alterações é o aprisionamento aéreo devido ao fechamento distal das pequenas vias aéreas, com aumento progressivo do VR. Tal mecanismo é análogo ao do enfisema pulmonar, com ausência de sinais de inflamação e de aumento significativo na CPT. Ao mesmo tempo, a relação ventilação/perfusão é alterada por causa de uma redução no número de alvéolos com a troca do gás normal, o que tem duas consequências fisiopatológicas: aumento do espaço morto fisiológico e o efeito *shunt*, ambos ocasionando uma redução da pressão arterial de oxigênio.<sup>(39,41)</sup> Além disso, identifica-se discreta hipertensão pulmonar



**Figura 8** – Paciente de 79 anos, assintomática. Em A, corte tomográfico axial do lobo inferior esquerdo demonstrando áreas de espessamento e ectasia brônquica. Em B, demonstra-se a ectasia brônquica em imagem de TC com reconstrução multiplanar ao longo do eixo do brônquio. Notar a perda do afilamento brônquico. Em C, identifica-se a mesma imagem de TC com técnica de projeção de intensidades mínimas, que é uma técnica que ressalta as áreas de baixa densidade do parênquima pulmonar e demonstra melhor a perda do afilamento brônquico.

(uma expressão clínica da pequena esclerose vascular) que pode redistribuir cranialmente o fluxo pulmonar e ser confundida com sinais incipientes de descompensação cardíaca.<sup>(41-43)</sup>

Os principais determinantes de volumes pulmonares estáticos são a complacência da parede torácica e a do parênquima pulmonar. A perda de complacência do parênquima pulmonar e, em menor grau, a diminuição da força muscular ventilatória resultam num aumento do VR. O VR (aprisionamento aéreo) aumenta aproximadamente 50% entre 20 e 70 anos. De forma contrária, há uma diminuição progressiva da CV para aproximadamente 75% dos melhores valores. Devido a isso, a CPT permanece constante ao longo da vida.<sup>(44)</sup> O volume de fechamento das pequenas vias aéreas (volume em que as pequenas vias aéreas começam a fechar durante a expiração) aumenta com a idade. Esse fechamento prematuro começa a exceder a capacidade residual funcional aos 44 anos de idade e ultrapassa a mesma aos 65 anos de idade,<sup>(45)</sup> estando intimamente relacionado à perda de tecidos de suporte em torno das vias aéreas. Essa é uma das teorias para a diminuição da ventilação/perfusão associada ao envelhecimento.<sup>(46-49)</sup>

No estudo por TC do parênquima pulmonar, identificam-se alguns achados radiológicos muito comuns em idosos, e especula-se que eles tenham relação com as alterações do colágeno.

Esses achados são atelectasias laminares, na maioria das vezes posteriores e basais, localizadas em áreas pendentes dos pulmões (Figura 5); espessamentos lineares subpleurais (Figura 6); áreas de aprisionamento aéreo (Figura 7); espessamento e ectasia brônquica (Figura 8); e cistos pulmonares.<sup>(41,50-53)</sup>

Por fim, o diagnóstico diferencial entre achados radiológicos normais do envelhecimento e achados radiológicos secundários a doenças é bastante difícil, muitas vezes não sendo possível distingui-los apenas com exames de imagem. O acompanhamento destas lesões muitas vezes é necessário, e a comparação com exames anteriores é imprescindível. Outrossim, a correlação com testes de função, especialmente com a DLCO, pode demonstrar como as trocas gasosas estão ocorrendo e orientar uma conduta conservadora. Outro fato que deve ser levado em consideração no indivíduo idoso é a estimativa de vida e a necessidade metabólica de troca gasosa, tendo em vista que pacientes com atividade limitada por doenças extratorácicas têm menores necessidades fisiológicas. Isso remete ao conhecido princípio hipocrático *primum non nocere* (acima de tudo, não prejudicar), que é cada vez mais válido nos dias atuais, tendo em vista as diversas opções de procedimentos e o aumento da sobrevida da população.

## Referências

- Bonomo L, Larici AR, Maggi F, Schiavon F, Berletti R. Aging and the respiratory system. *Radiol Clin North Am.* 2008;46(4):685-702, v-vi. PMID:18922288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2008.04.012>
- Maggi S, Marzari C, Crepaldi G. Epidemiologia dell'invecchiamento. In: Guglielmi G, Schiavon F, Cammarota T, editors. *Radiologia geriatrica*. Milano: Springer; 2006. p. 13-20. [http://dx.doi.org/10.1007/88-470-0486-1\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/88-470-0486-1_3)
- Schiavon F, Nardini S, Favat M, Manfrin P, Chioatto P. Radiology of normal chest structures in the elderly patient [Article in Italian]. *Radiol Med.* 1993;86(4):418-31.
- Barreto SM. O envelhecimento e a função pulmonar. *J Pneumol.* 1983;9(3):160-5.
- Bassey EJ, Harries UJ. Normal values for handgrip strength in 920 men and women aged over 65 years, and longitudinal changes over 4 years in 620 survivors. *Clin Sci (Lond).* 1993;84(3):331-7.
- Carmeli E, Reznick AZ. The physiology and biochemistry of skeletal muscle atrophy as a function of age. *Proc Soc Exp Biol Med.* 1994;206(2):103-13. PMID:8208732.
- Irion KL, Marchiori E, Hochhegger B, Porto Nda S, Moreira Jda S, Anselmi CE, et al. CT quantification of emphysema in young subjects with no recognizable chest disease. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;192(3):W90-6. PMID:19234245. <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.07.3502>
- Booth FW, Weeden SH, Tseng BS. Effect of aging on human skeletal muscle and motor function. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(5):556-60. <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-199405000-00006>
- Baumgartner RN, Stauber PM, McHugh D, Koehler KM, Garry PJ. Cross-sectional age differences in body composition in persons 60+ years of age. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1995;50(6):M307-16. <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/50A.6.M307>
- Newman AB, Haggerty CL, Goodpaster B, Harris T, Kritchevsky S, Nevitt M, et al. Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51(3):323-30. PMID:12588575. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51105.x>
- Bernadac P. Le poumon du troisième âge. *Encycl Med Chir (Paris), Radiodiagnostic VI.* 1991;4-02-05:324980-10.
- Muesan G, Sorbini CA, Grassi V. Respiratory function in the aged. *Bull Physiopathol Respir (Nancy).* 1971;7(5):973-1009.
- Zeleznik J. Normative aging of the respiratory system. *Clin Geriatr Med.* 2003;19(1):1-18. [http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0690\(02\)00063-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0690(02)00063-0)
- Bafadhel M, Umar I, Gupta S, Raj JV, Vara DD, Entwisle JJ, et al. The role of CT scanning in multidimensional phenotyping of COPD. *Chest.* 2011;140(3):634-42. PMID:21454400 PMCid:3168858. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.10-3007>
- Irion KL, Hochhegger B, Marchiori E, Porto Nda S, Baldisserotto Sde V, Santana PR. Chest X-ray and computed tomography in the evaluation of pulmonary emphysema. *J Bras Pneumol.* 2007;33(6):720-32. PMID:18200374. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132007000600017>
- Badano L, Carratino L, Giunta L, Calisi P, Lucatti A. Age-induced changes in the cardiovascular system in normal subjects [Article in Italian]. *G Ital Cardiol.* 1992;22(9):1023-34. PMID:1291420.
- Midiri M. Thoracic examination in cardiac aging [Article in Italian]. *Radiol Med.* 2003;106(3 Suppl 1):50-3.
- Boogers MJ, van Werkhoven JM, Schuijf JD, Delgado V, El-Naggar HM, Boersma E, et al. Feasibility of diastolic function assessment with cardiac CT: feasibility study in comparison with tissue Doppler imaging. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011;4(3):246-56. PMID:21414572. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcmg.2010.11.017>
- Mandinov L, Eberli FR, Seiler C, Hess OM. Diastolic heart failure. *Cardiovasc Res.* 2000;45(4):813-25. [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-6363\(99\)00399-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-6363(99)00399-5)
- Badano L, Carratino L, Giunta L, Calisi P, Lucatti A. Age-induced changes in the cardiovascular system in normal subjects [Article in Italian]. *G Ital Cardiol.* 1992;22(9):1023-34. PMID:1291420.
- Becker CR, Ohnesorge BM, Schoepf UJ, Reiser MF. Current development of cardiac imaging with multidetector-row CT. *Eur J Radiol.* 2000;36(2):97-103. [http://dx.doi.org/10.1016/S0720-048X\(00\)00272-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0720-048X(00)00272-2)
- Di Guglielmo L, Dore R, Raisaro A, Pallavicini D. Diagnostic imaging in the study of heart aging. Is the "senile heart" a fact? [Article in Italian]. *Radiol Med.* 1999;97(6):449-60.
- McLaughlin MA. The aging heart. State-of-the-art prevention and management of cardiac disease. *Geriatrics.* 2001;56(6):45-9; quiz 50. PMID:11417374.
- Krumpe PE, Knudson RJ, Parsons G, Reiser K. The aging respiratory system. *Clin Geriatr Med.* 1985;1(1):143-75. PMID:3913497.
- Murray JF. Aging. In: Murray JF, editors. *The normal lung: the basis for diagnosis and treatment of pulmonary disease*. Philadelphia: Saunders; 1986. p. 339-60.
- Janssens JP. Aging of the respiratory system: impact on pulmonary function tests and adaptation to exertion. *Clin Chest Med.* 2005;26(3):469-84, vi-vii. PMID:16140139. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccm.2005.05.004>
- Wagner PD, Laravuso RB, Uhl RR, West JB. Continuous distributions of ventilation-perfusion ratios in normal subjects breathing air and 100 per cent O<sub>2</sub>. *J Clin Invest.* 1974;54(1):54-68. PMID:4601004 PMCid:301524. <http://dx.doi.org/10.1172/JCI107750>
- Wagner PD, Saltzman HA, West JB. Measurement of continuous distributions of ventilation-perfusion ratios: theory. *J Appl Physiol.* 1974;36(5):588-99. PMID:4826323.
- Leblanc P, Ruff F, Milic-Emili J. Effects of age and body position on "airway closure" in man. *J Appl Physiol.* 1970;28(4):448-51. PMID:5437433.
- Delclaux B, Orsel B, Housset B, Whitelaw WA, Derenne JP. Arterial blood gases in elderly persons with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Eur Respir J.* 1994;7(5):856-61. PMID:8050540.
- Well DS, Meier JM, Mahne A, Houseni M, Hernandez-Pampaloni M, Mong A, et al. Detection of age-related changes in thoracic structure and function by computed tomography, magnetic resonance imaging, and positron emission tomography. *Semin Nucl Med.* 2007;37(2):103-19. PMID:17289458. <http://dx.doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2006.10.004>
- Edge JR, Millard FJ, Reid L, Simon G. The radiographic appearances of the chest in persons of advanced age. *Br J Radiol.* 1964;37:769-74. Niewohner D, Kleinerman J, Liotta L. Elastic behavior of post-mortem human lungs: effects of aging and mild emphysema. *J Appl Physiol* 1975; 38(7):943-9.

33. Niewohner D, Kleinerman J, Liotta L. Elastic behavior of post-mortem human lungs: effects of aging and mild emphysema. *J Appl Physiol* 1975; 38(7):943-9.
34. Turner JM, Mead J, Wohl ME. Elasticity of human lungs in relation to age. *J Appl Physiol*. 1968;25(6):664-71. PMID:5727191.
35. Lang MR, Fiaux GW, Gillooly M, Stewart JA, Hulmes DJ, Lamb D. Collagen content of alveolar wall tissue in emphysematous and non-emphysematous lungs. *Thorax*. 1994;49(4):319-26. PMID:8202900 PMCID:475363. <http://dx.doi.org/10.1136/thx.49.4.319>
36. Kurozumi M, Matsushita T, Hosokawa M, Takeda T. Age-related changes in lung structure and function in the senescence-accelerated mouse (SAM): SAM-P/1 as a new murine model of senile hyperinflation of lung. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(3 Pt 1):776-82. PMID:8118649.
37. Teramoto S, Fukuchi Y, Uejima Y, Teramoto K, Oka T, Orimo H. A novel model of senile lung: senescence-accelerated mouse (SAM). *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;150(1):238-44. PMID:8025756.
38. Verbeken EK, Cauberghs M, Mertens I, Clement J, Lauweryns JM, Van de Woestijne KP. The senile lung. Comparison with normal and emphysematous lungs. 1. Structural aspects. *Chest*. 1992;101(3):793-9. PMID:1541148. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.101.3.793>
39. Gillooly M, Lamb D. Airspace size in lungs of lifelong non-smokers: effect of age and sex. *Thorax*. 1993;48(1):39-43. PMID:8434351 PMCID:464237. <http://dx.doi.org/10.1136/thx.48.1.39>
40. Thurlbeck WM. The internal surface area of nonemphysematous lungs. *Am Rev Respir Dis*. 1967;95(5):765-73. PMID:6023510.
41. Sharma G, Goodwin J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clin Interv Aging*. 2006;1(3):253-60. PMID:18046878 PMCID:2695176. <http://dx.doi.org/10.2147/ciia.2006.1.3.253>
42. Freundlich IM. Redistribution of pulmonary blood flow. *AJR Am J Roentgenol*. 1985;145(6):1315-6. PMID:3877444.
43. Levin DL, Buxton RB, Spiess JP, Arai T, Balouch J, Hopkins SR. Effects of age on pulmonary perfusion heterogeneity measured by magnetic resonance imaging. *J Appl Physiol*. 2007;102(5):2064-70. PMID:17303711. <http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.00512.2006>
44. Crapo RO. The aging lung. In: Mahler DA, editor. *Pulmonary disease in the elderly patient*. New York: Marcel Dekker; 1993. p. 1-21.
45. Tockman M. Aging of the respiratory system. In: Hazzard WR, Blass JP, Halter JB, Ouslander JG, Tinetti ME, editors. *Principles of geriatric medicine and gerontology*. New York: McGraw-Hill; 1994. p. 555-64.
46. Cardús J, Burgos F, Diaz O, Roca J, Barberà JA, Marrades RM, et al. Increase in pulmonary ventilation-perfusion inequality with age in healthy individuals. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(2 Pt 1):648-53. PMID:9279253.
47. Quanjer P. Standardized lung function testing: report working party "Standardization of lung function tests". European Community for Coal and Steel, Luxembourg. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1983;19(Suppl 5):1-95. PMID:6616097.
48. Kerstjens HA, Rijcken B, Schouten JP, Postma DS. Decline of FEV1 by age and smoking status: facts, figures, and fallacies. *Thorax*. 1997;52(9):820-7. PMID:9371217 PMCID:1758654. <http://dx.doi.org/10.1136/thx.52.9.820>
49. Dockery DW, Ware JH, Ferris BG Jr, Glicksberg DS, Fay ME, Spiro A 3rd, et al. Distribution of forced expiratory volume in one second and forced vital capacity in healthy, white, adult never-smokers in six U.S. cities. *Am Rev Respir Dis*. 1985;131(4):511-20. PMID:3873193.
50. Hansell DM. Thin-section CT of the lungs: the Hinterland of normal. *Radiology*. 2010;256(3):695-711. Erratum in: *Radiology*. 2010;257(3):897. PMID:20720066. <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.10092307>
51. Copley SJ, Wells AU, Hawtin KE, Gibson DJ, Hodson JM, Jacques AE, et al. Lung morphology in the elderly: comparative CT study of subjects over 75 years old versus those under 55 years old. *Radiology*. 2009;251(2):566-73. PMID:19401580. <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2512081242>
52. Hochegger B, Irion K, Bello R, Marchiori E, Moreira J, Porto Nda S, et al. Understanding the classification, physiopathology and the diagnostic radiology of bronchiectasis [Article in Portuguese]. *Rev Port Pneumol*. 2010;16(4):627-39. PMID:20700560.
53. Irion KL, Marchiori E, Hochegger B. Tomographic diagnosis of pulmonary emphysema. *J Bras Pneumol*. 2009;35(9):821-3. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132009000900001>

## ***Sobre os autores***

---

### ***Bruno Hochhegger***

Radiologista Torácico. Departamento de Pneumologia, Complexo Hospitalar Santa Casa de Porto Alegre; e Professor de Radiologia. Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFSCPA – Porto Alegre (RS) Brasil.

### ***Gustavo Pontes de Meireles***

Médico Radiologista. Fleury Medicina Diagnóstica, São Paulo (SP) Brasil.

### ***Klaus Irion***

Radiologista Consultor. Liverpool Heart and Chest Hospital, Liverpool, Reino Unido.

### ***Gláucia Zanetti***

Professora de Pneumologia. Faculdade de Medicina de Petrópolis, Petrópolis (RJ) Brasil.

### ***Eduardo Garcia***

Professor de Pneumologia e de Geriatria. Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFSCPA – Porto Alegre (RS) Brasil.

### ***José Moreira***

Professor de Pneumologia. Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre (RS) Brasil.

### ***Edson Marchiori***

Professor de Radiologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ) Brasil.