

- ⁴⁵ Huber SJ, Shuttleworth EC, Paulson GW, Bellchambers MJ, Clapp LE. Cortical versus subcortical dementia: neuropsychological differences. *Arch Neurol* 1986; 43: 392-4.
- ⁴⁶ Bradshaw JR, Thomson JLG, Campbell MJ. Computed tomography in the investigation of dementia. *Br Med J* 1983; 286: 277-80.
- ⁴⁷ Erkinjuntti T. Differential diagnosis between Alzheimer's disease and vascular dementia: evaluation of common clinical methods. *Acta Neurol Scand* 1987; 76: 433-42.
- ⁴⁸ Erkinjuntti T, Larsen T, Sulkava R, Ketonen L, Laaksonen R, Palo J. EEG in the differential diagnosis between Alzheimer's disease and vascular dementia. *Acta Neurol Scand* 1988; 77: 36-43.
- ⁴⁹ Holman BL. Perfusion and receptor SPECT in the dementias. *J Nucl Med* 1986; 27: 855-60.

- ⁵⁰ Weinstein HC, Hijdra A, Royen EA van, Derix MMA. Determination of cerebral blood flow by SPECT: a valuable tool in the investigation of dementia? *Clin Neurol Neurosurg* 1989; 91: 13-9.
- ⁵¹ Meyer JS, Rogers RL, Mortel KF. Prospective analysis of longterm control of mild hypertension on cerebral blood flow. *Stroke* 1985; 16: 985-9.
- ⁵² Meyer JS, Judd BW, Tawakina T, Rogers RL, Mortel KF. Improved cognition after control of risk factors for multi-infarct dementia. *JAMA* 1986; 256: 2203-9.

Aanvaard op 21 augustus 1989

Rhonchi en crepitaties: nomenclatuur en interpretatie

W. BAKKER EN J. H. DIJKMAN

Door onderzoek van geregistreerde longgeluiden (fonopneumografie) en verbinding van auscultatoire met longfunctionele gegevens is er het laatste decennium inzicht verkregen in de ontstaanswijze en de betekenis van longgeluiden. De klinische waarde van de auscultatie is hierdoor aanzienlijk toegenomen. Een juiste interpretatie van bijgeluiden kan voor vele patiënten een belangrijke diagnostische aanwinst betekenen.

Over de nomenclatuur van de longgeluiden heerst tot op de dag van vandaag een Babylonische spraakverwar- ring. Vraag twee artsen te beschrijven wat zij horen bij longauscultatie van een patiënt en men krijgt ten minste twee verschillende opinies. In recente Angelsaksische publikaties probeert men zich te baseren op fonopneu- mografische gegevens en op – nog vaak speculatieve – pathofysiologische interpretaties daarvan. Deze nieuwe termen zijn voor de clinicus zonder scholing in geluids- theorie en longfysiologie niet altijd duidelijk. Voor de praktische arts blijft de belangrijkste vraag of de waarge- nomen bijgeluiden een gevolg zijn van pathologische processen in de geleidende luchtwegen, in het interstitiële longweefsel of in de pleura. In het vervolg zijn daarom de bijgeluiden gerubriceerd en benoemd volgens een anatomisch model dat voor het praktisch handelen van de arts van directe betekenis kan zijn (tabel). De nomencla- tuur sluit aan bij de huidige inzichten omtrent de ontstaanswijze van bijgeluiden. In het bijzonder de kwalificaties 'vochtig' en 'droog' blijken verkeerde asso- ciaties op te roepen en kunnen beter vermeden worden.

RHONCHI

Rhonchi zijn bijgeluiden die ontstaan bij obstructie van geleidende luchtwegen. Als bij een vernauwing van de

luchtwegen de tegenover elkaar liggende bronchuswan- den elkaar vrijwel raken, kunnen ze ter plaatse van de vernauwing in trilling komen ten gevolge van het Ber- noulli-effect (figuur 1). Hierdoor ontstaan rhonchi, muzikale geluiden waarvan de toonhoogte binnen zekere grenzen afhankelijk is van de lineaire stroomsnelheid en van de massa en de elastische eigenschappen van de wand. Een lage toon wordt geproduceerd als een grote, slappe massa in trilling komt en een hoge toon als stijve weefsels met geringe massa gaan trillen. De toonhoogte is niet afhankelijk van de diameter of de lengte van de bronchus. Aangezien rhonchi pas ontstaan boven een bepaalde kritische lineaire stroomsnelheid en de stroom- snelheid perifeerwaarts steeds geringer wordt, neemt men aan dat rhonchi uitsluitend ontstaan in trachea, hoofdbronchi, longkwabben en -segmenten, en mis- schien nog in de volgende twee of drie bronchusgenera- ties. Rhonchi bij patiënten met aandoeningen van bron- chioli (o.a. 'small airways disease') zouden moeten berus- ten op gelijktijdig bestaande obstructieve afwijkingen in bronchi of op dynamische compressie daarvan.

Voornamelijk expiratoire rhonchi (figuur 2). De bron- chus kan vernauwd zijn door spasme, slijmvlieszwellung, slijm, tumor, corpus alienum of door compressie. Omdat de luchtwegen als gevolg van variaties in pleuradruk nauwer zijn bij expiratie dan bij inspiratie, zal een vernauwing vooral bij expiratie worden waargenomen. Tijdens geforceerde expiratie kan een reeds aanwezige bronchusobstructie worden versterkt door een dynami- sche compressie van de luchtwegen. Bij patiënten met astma of chronische bronchitis die bij normaal ademen geen rhonchi produceren, kan men deze daarom vaak opwekken door de patiënt geforceerd te laten uitademen. Ook gezonde personen kunnen bij geforceerde expiratie rhonchi laten horen door de dynamische compressie van de luchtwegen. Hierdoor zou een misverstand kunnen ontstaan, maar er zijn verschillen. Gezonde personen hebben in de long min of meer uniforme mechanische eigenschappen, waardoor rhonchi van verschillende toonhoogte alle tegelijk beginnen en eindigen (polyfone

Ziekenhuis Leyenburg, afd. Longziekten, Leyweg 275, 2545 CH 's-Gravenhage.

Dr. W. Bakker, longarts.

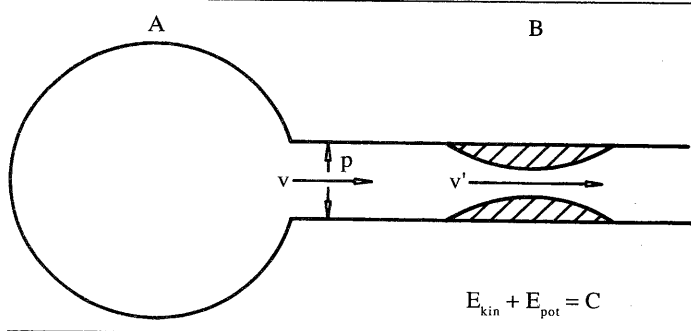
Academisch Ziekenhuis, afd. Longziekten, Leiden.

Prof. dr. J. H. Dijkman, longarts.

Correspondentie-adres: dr. W. Bakker.

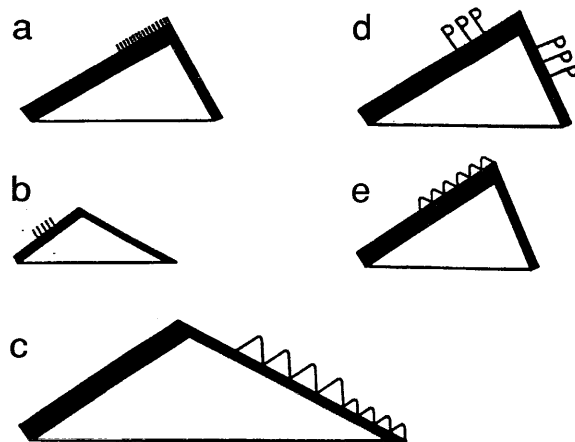
Nomenclatuur van bij longauscultatie waargenomen bijgeluiden, met uitzondering van pleurawrijvingen

nomenclatuur	acustische eigenschappen van bijgeluiden			
	continu (> 250 ms)		discontinu, explosief (< 20 ms)	
	hoogfrequent (> 400 Hz)	laagfrequent (< 400 Hz)	hoogfrequent (> 400 Hz)	laagfrequent (< 400 Hz)
hier gebezigde nomenclatuur	piepende of fluitende rhonchi (hoogfrequente rhonchi)	brommende of zagende rhonchi (laagfrequente rhonchi)	fijne crepitaties	grove crepitaties
vroegere Nederlandse termen	piepende of fluitende droge rhonchi, resp. bronchitische geruisen	brommende of zagende rhonchi, resp. bronchitische geruisen	crepitaties, kleinblazige of fijne vochtige rhonchi	grootblazige of grove vochtige rhonchi
American Thoracic Society	wheezes	rhonchus	fine crackles	coarse crackles
Macleod	(high pitched) rhonchus	(low pitched) rhonchus	crepitations	crepitations
Forgacs	(high pitched) wheezes	(low pitched) wheezes	(high pitched) crackles	(low pitched) crackles
oudere Engelse termen	sibilant rhonchus	sonorous rhonchus	fine râle, crepitation	coarse râle
Duits	pfeifen	brummen	feines Rasseln	grobes Rasseln
Frans	râles sibilants	râles ronflants	râles crépitants	râles bulleux ou sous-crépitants



FIGUUR 1. Schematische weergave van een alveolus (A) en een bronchus (B). Volgens de wet van Bernoulli is in een stroombuis de som van de kinetische energie ($E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2$, waarin v = lineaire stroomsnelheid) en de potentiële energie ($E_{pot} =$ zijwaartse druk van het gas op de wand p) constant (C). Bij de gearceerde vernauwing raken de bronchuswanden elkaar bijna. De lineaire stroomsnelheid neemt hier toe tot v' , waardoor de zijwaartse gasdruk afneemt en het lumen verder vernauwd wordt. Zodra de luchtweg is afgesloten (en $v = 0$) neemt de zijwaartse gasdruk weer toe en gaat het lumen weer open, waarna de cyclus zich herhaalt. Er ontstaan zodoende trillingen van de bronchuswand waardoor muzikale bijgeluiden (rhonchi) worden gevormd. De rhonchus duurt voort totdat de stroomsnelheid onder een bepaalde kritische grens is gekomen of totdat de bronchuswanden niet meer vlak bij elkaar liggen. Dit laatste kan het gevolg zijn van afsluiten (expiratoire rhonchus) of openen (inspiratoire rhonchus) van de luchtweg.

rhonchus), en pas bij maximale expiratoire inspanning ontstaan. Bij patiënten met astma of chronische bronchitis daarentegen zijn de mechanische eigenschappen van de long niet uniform en kunnen rhonchi in verschillende bronchi na elkaar ontstaan en elkaar overlappen (multipole monofone rhonchi). Bovendien kunnen de rhonchi bij deze patiënten al worden opgewekt bij submaximale expiratoire inspanning. Soms hebben gezonde personen symptomen die op asthma bronchiale lijken en brengen zij expiratoire piepende rhonchi ten gehore door het aanspannen van de stembanden tijdens het expirium.



FIGUUR 2. Schematische weergave van enkele bij longauscultatie veel gehoorde bijgeluiden. Het opstijgende been stelt het inspirium voor en het afdalende been het expirium van het met de stethoscoop waarneembare deel van het ademgeruis. De dikte van de lijn geeft de luidheid (amplitude) weer. Een toename van amplitude gaat samen met een toename van toonhoogte (frequentie). De horizontale lijn is de tijdlijn. (a) Vesiculair ademgeruis van normale luidheid, eind-inspiratoire fijne crepitaties (|||||); (b) verzwakt vesiculair ademgeruis, verlengd expirium, vroeg- en mid-inspiratoire grove crepitaties (||||); (c) vesiculair ademgeruis van normale luidheid, verlengd expirium, mid-expiratoire laagfrequente (brommende) rhonchi (△△) en eind-expiratoire hoogfrequente (piepende) rhonchi (△△△); (d) vesiculair ademgeruis van normale luidheid, pleurawrijvingen met 'spiegelbeeldeffect' (PP); (e) vesiculair ademgeruis van normale luidheid, mid- en eind-inspiratoire hoogfrequente rhonchus (stridor).

Deze rhonchi kunnen verdwijnen als met de vinger de tongbasis naar voren wordt gedrukt.

Bij patiënten met een ernstige diffuse bronchusobstructie, bijvoorbeeld emfyseem, waardoor de stroomsnelheid te laag is om de bronchuswand in trilling te brengen, zal men geen rhonchi kunnen waarnemen. Ook kan het verminderen van de rhonchi in de eindfase van een status asthmaticus een zeer omineus teken zijn.

Het zal duidelijk zijn dat de vroeger gebruikte term droge rhonchi misleidend is en daarom vermeden dient te worden. Deze bijgeluiden kunnen immers voorkomen bij een aandoening zoals chronische bronchitis, die gepaard gaat met slijm in de luchtwegen.

Men onderscheidt hoogfrequente (= piepende of fluitende) en laagfrequente (= brommende of zagende) rhonchi waartussen arbitrair de grens bij 400 Hz wordt gelegd (zie figuur 2c). Dit onderscheid is door de clinicus waar te nemen. Er werd reeds op gewezen dat de toonhoogte van een rhonchus zal stijgen bij een stijve bronchuswand en zal dalen bij een grotere massa van de bronchuswand. Dit impliceert dat bij patiënten met een chronische obstructieve longaandoening de hoogfrequente rhonchi vooral op bronchospasme zullen wijzen en men een goede reactie op bronchodilatatie mag verwachten. De laagfrequente rhonchi hoort men vooral bij verdikte bronchuswanden, bijvoorbeeld door slijmvlieshypertrofie bij chronische bronchitis of door taai slijm dat vastkleeft aan de wand. Bij dergelijke rhonchi laat men daarom de patiënt hoesten om na te gaan of de rhonchus verdwijnt.

Voornameijk inspiratoire rhonchi. Soms vindt men bij patiënten met bronchiolitis een korte, eind-inspiratoire piepende rhonchus ('squeak' of 'squawk') over de basale longvelden. Dit fenomeen wordt verklaard door het Bernoulli-effect (zie figuur 1): als de verdikte, stugge, tegenover elkaar liggende wanden van de bronchioli elkaar vrijwel raken, ontstaat een kortdurende trilling in de wand op het moment dat ze laat in het inspirium opengaan. Ten gevolge van de stijfheid van de wanden is deze rhonchus hoogfrequent.

Bij een centrale intrabronchiale tumor hoort men soms een rhonchus van één bepaalde toonhoogte (monofone rhonchus). Wegens de massa van de tumor die in trilling wordt gebracht, is deze rhonchus vaak laagfrequent. De toonhoogte varieert binnen nauwe grenzen met de stroomsnelheid van de lucht en is inspiratoir vaak iets hoger dan expiratoir. De rhonchus ontstaat pas indien de tumor de tegenoverliggende bronchuswand vrijwel raakt en is soms afhankelijk van de houding. Vaak wordt bij een centraal gelegen tumor tevens een verscherpt inspiratoir ademgeruis aan de mond gehoord (een vorm van stridor). In dat geval lukt het soms de rhonchus op te wekken door de patiënt geforceerd te laten inademen.

Omdat de extrathoracale luchtwegen (glottis, trachea) bij inspiratie geringer van omvang zijn dan bij expiratie, kan men bij een vernauwing in dit gebied vooral inspiratoire rhonchi horen (stridor, zie figuur 2e).

CREPITATIES

Bij maximale expiratie tot het residuale volume kan in de basale longgedeelten een collaps ontstaan van kleine bronchi. Bij interstitiële longaandoeningen is de long stijver dan normaal en ontstaat deze collaps al bij minder diepe expiratie en over een grotere zone dan normaal. Voorbeelden van dergelijke aandoeningen zijn longfibrose (bijvoorbeeld bij fibroserende alveolitis), asbestose en andere pneumoconioses, interstitieel longoedeem (bijvoorbeeld bij linksdecompensatie) en cellulair infil-

tratie van het interstitium (bij pneumonieën). Gedurende de inspiratie oefent het omliggende longweefsel een toenemende radiaire trekkracht naar buiten uit op de gecollabeerde bronchi, totdat de wandspanning van deze bronchi overwonnen wordt en ze snel na elkaar abrupt geopend worden. Dit leidt tot een summatie van korte, explosieve, niet-muzikale geluiden die we crepitaties noemen. Het ontstaan van deze knetterende geluiden wordt wel toegeschreven aan een plotselinge verandering in de spanning van het elastische weefsel rondom de gecollabeerde stijve bronchi op het tijdstip dat deze opengaan, vergelijkbaar met het knappende geluid dat ontstaat wanneer een strak gespannen elastiek plotseling wordt losgelaten. De huidige opvatting over de genese van crepitaties maakt de oude term 'vochtige rhonchi' tot een verkeerde en misleidende benaming, omdat deze immers voorkomen bij een 'droog' proces zoals longfibrose. Bij crepitaties heeft hoesten geen invloed op het geluid, hetgeen eveneens pleit tegen bronchussecreet als oorzaak.

Men onderscheidt hoogfrequente (= fijne) en laagfrequente (= grove) crepitaties. De term crepitaties krijgt hiermee een uitbreiding van de vroegere betekenis, toen onder crepitaties uitsluitend hoogfrequente knetterende bijgeluiden werden verstaan en laagfrequente crepitaties als 'grootblazige vochtige rhonchi' werden omschreven (zie de tabel). Het verschil tussen fijne en grove crepitaties is voor artsen goed te horen. De grens tussen beide wordt arbitrair bij 400 Hz gelegd. Bovendien is de tijd die verloopt tussen opeenvolgende crepitaties bij grove crepitaties langer dan bij fijne. Grove crepitaties ontstaan in relatief grotere bronchi dan fijne crepitaties. Het gebruik van het adjectief middelmatig in het overgangsgebied tussen de fijne en grove crepitaties geeft geen onderscheid tussen verschillende stadia van ziekten en dient vermeden te worden.

— *Eind-inspiratoire crepitaties* (zie figuur 2a). Crepitaties kunnen op ieder tijdstip van het inspirium beginnen (meestal pas in de tweede helft), maar lopen bij processen in de kleine bronchi, die pas aan het eind van het inspirium geopend worden, door tot aan het einde van het inspirium. Men spreekt daarom van eind-inspiratoire crepitaties ter onderscheid van de hierna te noemen vroeg-inspiratoire crepitaties.

In zittende houding worden de crepitaties bij diffuse restrictieve longprocessen vooral basaal over de longen beluisterd met een horizontale bovengrens. Als de patiënt voorover buigt worden de crepitaties vaak minder duidelijk, omdat de longbases dan niet meer het laagste punt van de longen vormen.

Bij patiënten met fibroserende alveolitis en asbestose werd een duidelijke samenhang gevonden tussen de door de clinicus waargenomen crepitaties en de ernst van de aandoening gemeten aan röntgenonderzoek, longfunctieproeven en histologisch onderzoek. Omdat crepitaties bij deze patiënten vaak gehoord worden voordat op de röntgenfoto's afwijkingen te zien zijn, kunnen ze gebruikt worden om een aan asbest blootgestelde bevolkingsgroep te screenen.

Bij sarcoïdose worden crepitaties veel minder vaak

gehoord dan bij fibroserende alveolitis. De verklaring ligt in het feit dat bij sarcoïdose tussen de granulomen erg veel normaal longweefsel ligt. Dit verschil kan klinisch van belang zijn, omdat de röntgenologische bevindingen vaak op elkaar lijken. Bij lokale restrictieve processen zoals lobaire pneumonie kunnen lokaal crepitaties ontstaan (mits er in het aangedane stijve longgedeelte collaps van luchtwegen is ontstaan tijdens het expirium). De bij het inspirium instromende lucht zal als het ware de weg van de minste weerstand kiezen en pas aan het eind van het inspirium de gecollabeerde stijve perifere luchtwegen binnenstromen, zodat ook hier eind-inspiratoire crepitaties ontstaan.

Bij personen die gedurende enige tijd oppervlakkig hebben geademd, hoort men vooral indien ze bedlegerig zijn vaak basaal eind-inspiratoir fijn crepiteren. Dit verdwijnt volledig na enkele diepe ademteugen. Dit randcrepiteren – ook wel aangeduid met de verwarrende term atelectatisch crepiteren – dat volstrekt fysiologisch is, maakt het noodzakelijk bij het waarnemen van crepitaties de patiënt altijd enkele malen diep te laten ademen voordat hieraan pathologische betekenis mag worden toegekend.

Vroeg-inspiratoire crepitaties (zie figuur 2b). Bij ernstige luchtwegobstructie, bijvoorbeeld bij emfyseem, kan als gevolg van de geringe retractiekracht van het longweefsel bij expiratie een collaps van de bronchi voorkomen. Bij de daaropvolgende inspiratie zullen deze door toenemende radiaire tractie van het omliggende longweefsel al vroeg in de inspiratie explosief opengaan. Dit leidt tot vroeg-inspiratoire crepitaties, die soms basaal of halverwege de rug waargenomen kunnen worden. Deze crepitaties zijn slechts gering in aantal en hebben een iets lagere geluidsfrequentie dan eind-inspiratoire crepitaties. Vaak worden ze ook aan de mond gehoord, hetgeen eveneens een argument is voor hun ontstaan in de bronchi. Ze beginnen vroeg of midden in het inspirium en lopen niet door tot het einde van het inspirium. Dergelijke crepitaties komen voor bij patiënten met ernstige vormen van bronchiëctasieën, bijvoorbeeld met cystische fibrose. De oorzaak van deze geluiden bij bronchiëctasieën is niet duidelijk, maar wellicht is een veranderde compliantie van de bronchuswand van belang.

Expiratoire crepitaties. Bij vergevorderde stadia van fibroserende alveolitis kan men bij expiratie crepitaties horen. Waarschijnlijk gaan sommige bronchioli die al vroeg in het expirium zijn afgesloten, in het verdere beloop van het expirium opnieuw in tegenstrijd met wat men zou verwachten open en wordt de lucht opnieuw gedistribueerd.

Wanneer zich veel secreet in de bronchi heeft opgehoopt, kan men soms inspiratoir maar vaak expiratoir korte, borrelende, reutelende, niet-muzikale bijgeluiden waarnemen, die wegens hun explosieve, discontinue karakter beschouwd worden als crepitaties. Ze zijn laagfrequent (dus grove crepitaties) en kunnen zowel over de long als aan de mond worden gehoord. De genese van deze bijgeluiden staat niet vast; de verklaring die hierboven werd gegeven voor de ontstaanswijze van crepitaties, gaat hier niet op. Kennelijk kunnen verschil-

lende mechanismen verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van crepitaties. De grove expiratoire crepitaties worden vaak samen gehoord met brommende rhonchi, die dan dikwijls weg te hoesten zijn.

PLEURAWRIJVEN (PLEURAKRAKEN)

Wanneer de pleurabladen ontstoken en stroef zijn, glijden ze bij de ademhaling met horten en stoten over elkaar. De pleura visceralis wordt door de wrijvingsweerstand herhaaldelijk aangespannen als de snaar van een gitaar. Bij het ontspannen ontstaan trillingen van het oppervlak en het omringende longweefsel en soms resonantie van de thoraxwand. Hierbij ontstaat een laagfrequent explosief geluid, dat wel vergeleken wordt met het kraken van nieuw leer of het knerpen van voetstappen in de sneeuw.

Bij pleurawrijven komen de bijgeluiden gedurende inspiratie vaak in omgekeerde volgorde tijdens expiratie terug, zodat een spiegelbeeldeffect ontstaat (zie figuur 2d). Pleurawrijven wordt ook wel het duidelijkst aan het eind van het inspirium gehoord, wanneer de snelste verplaatsing van de pleura visceralis langs de pleura parietalis plaatsvindt. Mede daardoor is het geluid soms moeilijk te onderscheiden van crepitaties. Pleurawrijven klinkt echter wat dichter bij het oor en wordt luider bij aandrukken van de stethoscoop tegen de thorax. De afzonderlijke geluiden duren iets langer dan bij crepitaties. Wanneer bij pleuritis vocht in de pleuraholte wordt gevormd, verdwijnt het pleurawrijven, maar blijft aan de bovenkant van het exsudaat vaak hoorbaar.

Het woord 'crackles' wordt wel gebruikt als verzamelnaam voor alle explosieve bijgeluiden. Onder deze term vallen dus zowel de crepitaties als het pleurawrijven. Wij menen dat het pleurawrijven gezien zijn bijzondere klinische betekenis afzonderlijk benoemd moet worden.

CONCLUSIE

In dit artikel werd een vooral op de praktijk gerichte samenvatting gegeven van de huidige kennis omtrent de klinische betekenis van bijgeluiden die bij longauscultatie worden gehoord. De ontwikkeling van de fonopneumografie de laatste jaren betekende een duidelijke stimulans voor nader onderzoek. Door een eenvoudige nomenclatuur voor de longgeluiden te gebruiken kunnen de resultaten van dit onderzoek toegankelijk worden voor de praktiserende Nederlandse arts. Hierdoor kan de longauscultatie de plaats innemen die zij bij de diagnostiek van longziekten verdient.

LITERATUUR

- 1 Loudon R, Murphy RL. Lung sounds. *Am Rev Respir Dis* 1984; 130: 663-73.
- 2 Kraman SS, ed. Lung sounds. *Semin Respir Med* 1985; 6: 157-242.
- 3 Forgacs P. The functional basis of pulmonary sounds. *Chest* 1978; 73: 399-405.
- 4 Mikami R, Murao M, Cugell DW, et al. International symposium on lung sounds. Synopsis of proceedings. *Chest* 1987; 92: 342-5.

Een volledige literatuurlijst is op aanvraag bij de eerste auteur verkrijgbaar.

Aanvaard op 21 augustus 1989