

- ²⁶ Visser MJ, Aalderen WMC van, Elliott BM, Odink RJH, Brand PLP. Short-term growth in asthmatic children using fluticasone propionate. *Chest* 1998;113:584-6.
- ²⁷ Agertoft L, Pedersen S. Short-term knemometry and urine cortisol excretion in children treated with fluticasone propionate and budesonide: a dose response study. *Eur Respir J* 1997;10:1507-12.
- ²⁸ Tinkelman DG, Reed CE, Nelson HS, Offord KP. Aerosol beclomethasone dipropionate compared with theophylline as primary treatment of chronic, mild to moderately severe asthma in children. *Pediatrics* 1993;92:64-77.
- ²⁹ Doull IJM, Freezer NJ, Holgate ST. Growth of prepubertal children with mild asthma treated with inhaled beclomethasone dipropionate. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1715-9.
- ³⁰ Verberne AAPH, Frost C, Roorda RJ, Laag H van der, Kerrebijn KF. One year treatment with salmeterol compared with beclomethasone in children with asthma. The Dutch Paediatric Asthma Study Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156(3 Pt 1):688-95.
- ³¹ Simons FER. A comparison of beclomethasone, salmeterol, and placebo in children with asthma. Canadian Beclomethasone Dipropionate-Salmeterol Xinafoate Study Group. *N Engl J Med* 1997;337:1659-65.
- ³² Merkus PJFM, Essen-Zandvliet EEM van, Duiverman EJ, Houwelingen HC van, Kerrebijn KF, Quanjer PH. Long-term effect of inhaled corticosteroids on growth rate in adolescents with asthma. *Pediatrics* 1993;91:1121-6.
- ³³ Agertoft L, Pedersen S. Effects of long-term treatment with an inhaled corticosteroid on growth and pulmonary function in asthmatic children. *Respir Med* 1994;88:373-81.
- ³⁴ Allen DB, Bronsky EA, LaForce GF, Nathan RA, Tinkelman DG, Vandewalker ML, et al. Growth in asthmatic children treated with fluticasone propionate. *J Pediatr* 1998;132(3 Pt 1):472-7.
- ³⁵ Price JF, Russell G, Hindmarsh PC, Weller P, Heaf DP, Williams J. Growth during one year of treatment with fluticasone propionate or sodium cromoglycate in children with asthma. *Pediatr Pulmonol* 1997;24:178-86.
- ³⁶ Allen DB. Influence of inhaled corticosteroids on growth: a pediatric endocrinologist's perspective. *Acta Paediatr* 1998;87:123-9.
- ³⁷ Silverstein MD, Yunginger JW, Reed CE, Petterson T, Zimmerman D, Li JTC, et al. Attained adult height after childhood asthma: effect of glucocorticoid therapy. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:466-74.
- ³⁸ Agertoft L, Pedersen S. Final height of asthmatic children treated for 7-11 years with inhaled budesonide [abstract]. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157 Suppl:A711.
- ³⁹ Hendriks JJE, Verheijen M, Wijnen C, Bruijn R de, Gerver WJM. Long-term inhaled steroids do not interfere with changes in Z-scores for height, in children with moderate asthma [abstract]. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153 Suppl:A40.

Aanvaard op 24 juni 1999

Voor de praktijk

Fysische diagnostiek – pulsus paradoxus

M.LEVI, W.HART EN W.WIELING

Onder pulsus paradoxus wordt in het algemeen een overdreven sterke invloed van de ademhaling op de systemische systolische bloeddruk verstaan. Hoewel het reeds eeuwen bekend is in de geneeskunde, bestaat er nog altijd geen volledige consensus over de definitie en de pathofysiologische achtergrond van dit fenomeen en de waarde daarvan in de klinische praktijk.

HISTORIE EN BENAMING

In de 17e eeuw beschreef de Britse fysioloog Richard Lower (1631-1691) een patiënt met pericarditis bij wie de polsslag verdween tijdens de inspiratie.¹ Enige jaren later deed de Londense arts Floyer een soortgelijke waarneming bij patiënten tijdens een ernstige astma-aanval.² Het fenomeen werd in 1873 meer in detail bestudeerd door de Duitse arts Adolf Kussmaul, die er ook de naam 'pulsus paradoxus' aan verbond.³ Dikwijls wordt opgemerkt dat het hier een foute benaming betreft; er is immers niets paradoxaals aan een pulsus paradoxus, want in feite betreft het slechts een overdreven sterke uiting van een normaal fysiologisch fenomeen.⁴ Kussmaul bedoelde echter met de term tot uitdrukking te brengen dat er bij patiënten met een pulsus paradoxus

SAMENVATTING

– Pulsus paradoxus wordt in het algemeen gedefinieerd als een daling van de systemische systolische bloeddruk > 10 mmHg tijdens de inspiratie.
 – De belangrijkste klinische situaties waarbij een pulsus paradoxus kan worden vastgesteld, zijn een instroombelemmering van het hart (bijvoorbeeld bij pericarditis exsudativa en hart-tamponnade) of bij een extreem grote variatie in intrathoracale drukken tijdens de ademhaling (zoals bij een aanval van asthma bronchiale).
 – Uit klinische onderzoeken blijkt echter dat in beide situaties de voorspellende waarde van de aan- of afwezigheid van een pulsus paradoxus beperkt is.

een schijnbare tegenstrijdigheid bestaat tussen het bijna of geheel wegvallen van de pols en de klaarblijkelijk normale activiteit van het hart, zoals die aan de thorax kon worden vastgesteld.^{3, 5}

PATHOFYSIOLOGISCHE ACHTERGROND

De effecten van de ademhaling op de hemodynamiek zijn gecompliceerd.^{6, 7} Simpelweg kan worden gesteld dat de normale variatie in systolische bloeddruk tijdens de ademhaling wordt veroorzaakt door de toename van de negatieve druk in de borstholte tijdens de inademing. Ten gevolge hiervan ontstaat er een ophoping van bloed in de longcirculatie. Hierdoor neemt het aanbod van bloed aan de linkerharthelft af met als consequentie een

Academisch Medisch Centrum/Universiteit van Amsterdam, afd. Inwendige Geneeskunde, Meibergdreef 9, 1105 AZ Amsterdam.
 Dr.M.Levi en dr.W.Wieling, internisten.
 Dr.W.Hart, internist, Amsterdam.
 Correspondentieadres: dr.M.Levi.

daling van de linkerventrikeloutput en daarmee van de systolische bloeddruk in de grote circulatie (figuur). Een alternatief mechanisme (waarvan het belang echter niet geheel is opgehelderd) is dat door de toename van de vulling van het rechterventrikel het intraventriculaire septum gaat uitbochten, waardoor de linkerventrikeluitstroom belemmerd zou kunnen worden.

De toename van de negatieve intrathoracale druk bij inspiratie heeft overigens ook een aanzuigende werking van bloed naar het hart tot gevolg, waardoor de relatieve ondervulling van de linkerboezem en het linkerventrikel redelijk wordt gecompenseerd (en ten gevolge waarvan de daling van de bloeddruk dus beperkt blijft).

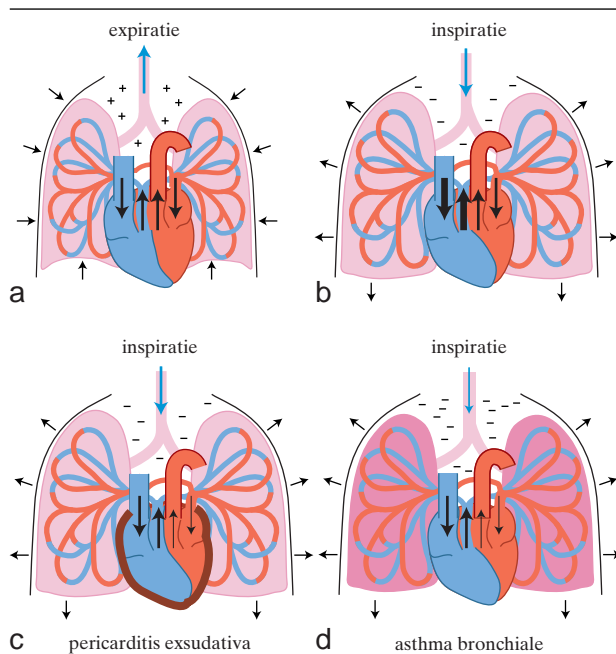
Echter, in situaties waarbij de vulling van het hart bemoeilijkt is (zoals bij pericarditis exsudativa of harttamponnade) of waarbij er een ernstige instroombelemmering is tussen de rechter- en de linkerharthelft (zoals bij een zeer uitgebreide longembolie), zal het genoemde compensatiemechanisme onvoldoende functioneren en zal de daling van de systolische bloeddruk tijdens de inspiratie veel groter zijn: pulsus paradoxus. Een dergelijk fenomeen kan zich ook voordoen bij de extreem negatieve intrathoracale druk tijdens een astma-aanval.

Uit het voorafgaande moge blijken onder welke klinische omstandigheden een pulsus paradoxus waarneembaar zou moeten zijn: bij instroombelemmeringen van het hart, bij extreem grote variaties in de intrathoracale drukken, en bij een blokkade van de bloedstroom tussen de rechter- en linkerharthelft.

DEFINITIE

De lichte daling van de systolische bloeddruk, die zich onder normale omstandigheden bij de inademing voordoet, kan men aantonen met de bloeddrukmeting, waarbij de druk in de bloeddrukmanchet wordt opgehoogd tot boven de systolische bloeddruk waarna men de manchet langzaam laat leeglopen (2 mmHg per hartslag). Allereerst noteert men de hoogste waarde van de systolische bloeddruk tijdens expiratie. Tijdens de geleidelijke vermindering van de druk in de manchet noteert men opnieuw de bloeddruk, op het moment dat men de Korotkoff-tonen hoort tijdens de inademing. Indien het verschil tussen deze 2 metingen meer dan 10 mmHg bedraagt, spreekt men van pulsus paradoxus.^{4 5 8} Wanneer het drukverschil zeer groot is, kan tijdens de inademing de polsslag vaak niet meer gepalpeerd worden. In die situatie kan de pulsus paradoxus dus worden vastgesteld zonder bloeddrukmeter.

In verschillende standaardleerboeken wordt een verschillende grens tussen een fysiologische en een pathologische daling van de systolische bloeddruk bij inspiratie gehanteerd, variërend tussen 5 en 20 mmHg.⁹⁻¹² Er zijn ook auteurs die stellen dat het niet juist is louter te spreken van 'aan-' of 'afwezigheid' van de pulsus paradoxus, doch dat het correcter is het verschil in systolische bloeddruk tussen in- en expiratie in maat en getal uit te drukken.⁹ Er zou nl. een evenredig verband bestaan tussen de grootte van het bloeddrukverschil en de ernst van de onderliggende pathologische afwijking. Met systematische klinische waarnemingen heeft men deze stelling



Schematische weergave van de oorzaak van de daling van de systemische systolische bloeddruk bij inspiratie (b) vergeleken met expiratie (a): bij de inademing ontstaat een toename van de negatieve intrathoracale druk, met als gevolg een aanzuigende werking van bloed naar het rechter atrium en het rechter ventrikel en een relatief verminderde terugstroom naar het linker atrium en daardoor een verminderde uitstroom uit het linker ventrikel. Daarnaast speelt mogelijk een uitbochting van het interventriculaire septum in de richting van het linker ventrikel een rol. In geval van een instroombelemmering in het hart (zoals bij pericarditis exsudativa met harttamponnade (c)) is er een afname van de instroom van bloed in het rechter atrium en van de uitstroom uit het rechter ventrikel, en een verminderde linkeratriuminstroom, met als gevolg een sterk verminderde output uit het linker ventrikel. Bij een ernstige astma-aanval (d) is er een sterkere aanzuigende werking van de thorax door de sterk negatieve intrathoracale druk bij inspiratie. Ook dit heeft een verminderde output uit het linker ventrikel tot gevolg. Hierdoor is tijdens inspiratie de puls mogelijk niet meer voelbaar (pulsus paradoxus).

echter nooit kunnen waarmaken. Wel lijkt er grofweg een relatie te zijn tussen de grootte van de pulsus paradoxus en de onderliggende oorzaak: zo is de pulsus paradoxus bij een harttamponnade in de regel aanmerkelijk groter (bijv. wel tot 50 mmHg) dan bij een astma-aanval.¹⁰

Volgens de wat oudere literatuur kan de pulsus paradoxus voorkomen in verschillende kwaliteiten.¹³ Indien het bloeddrukverschil bij het begin van de inspiratie groter wordt, maar bij maximale inspiratie alweer afneemt, spreekt men van een pulsus paradoxus dynamicus. Daarentegen wordt gesproken van een pulsus paradoxus mechanicus als de daling van de bloeddruk het grootst is op het hoogste punt van de inspiratie. Een pulsus paradoxus dynamicus past het best bij een hoge negatieve intrathoracale druk bij de ademhaling (zoals bij een astma-aanval), terwijl de pulsus paradoxus mechanicus aanwezig is bij een instroombelemmering in het hart.

Voor de volledigheid vermelden wij hier nog dat men ook een 'omgekeerde' pulsus paradoxus kan onderscheiden. Hiermee wordt de situatie bedoeld, die zich kan voordoen bij obstructieve hypertrofische cardiomyopathie, waarbij de arteriële bloeddruk juist stijgt tijdens de inspiratie. In dat geval is er namelijk een relatief gunstige linkerventrikelluitstroom tijdens de inspiratie.

DE PULSUS PARADOXUS IN DE KLINISCHE PRAKTIJK
 Hoewel een aantal ziektebeelden kan leiden tot de aanwezigheid van een pulsus paradoxus, wordt in de klinische praktijk dit fysisch-diagnostisch teken vrijwel alleen gebruikt om na te gaan of er sprake is van een instroombelemmering in het hart of om de ernst van een astma-aanval vast te stellen. Voor beide situaties is een aantal onderzoeken naar de waarde van het meten van de pulsus paradoxus verricht.

Harttamponnade. In de literatuur zijn 3 retrospectieve onderzoeken¹⁴⁻¹⁶ en 1 prospectief onderzoek¹⁷ gepubliceerd waarin de waarde van het meten van een pulsus paradoxus bij patiënten met een (vermoeden van) harttamponnade wordt onderzocht (tabel). Uit deze onderzoeken blijkt dat de voorspellende waarde van de aanwezigheid van een pulsus paradoxus voor de aanwezigheid van een ernstige harttamponnade varieert van 81 tot 97%. De voorspellende waarde van de afwezigheid van pulsus paradoxus voor de afwezigheid van ernstige harttamponnade ligt in deze onderzoeken tussen 77 en 92%. De voorspellende waarde van een aanwezige pulsus paradoxus lijkt te verbeteren als er een relatief groot bloeddrukverschil bij inspiratie is (> 25 mmHg).¹⁶ De beste voorspellende waarde is afkomstig uit een onderzoek waarin werd nagegaan of de verbetering in hemodynamische toestand na een pericardiocentese gerelateerd was aan de aanwezigheid van een pulsus paradoxus vóór de procedure.¹⁵ De prevalentie van een ernstige harttamponnade in dit onderzoek was echter 49%, waarbij men zich moet realiseren dat een dergelijk hoge prevalentie van een ernstige instroombelemmering de voorspellende waarde sterk kan beïnvloeden; bij een lagere prevalentie zou de voorspellende waarde van de aanwezigheid van pulsus paradoxus in dit onderzoek immers aanzienlijk lager zijn geweest.¹⁹ Ook is het de vraag of een fout-negatief percentage tot 19 acceptabel is om bij een potentieel levensbedreigende aandoening af te zien van verdere diagnostiek, bijvoorbeeld echocardiografie. Als dat inderdaad niet het geval is, heeft het meten van de pulsus paradoxus dus weinig betekenis en geen consequenties voor het verdere beleid.

Uit nadere analyse van deze onderzoeken blijkt dat er geen toegevoegde waarde van het meten van de pulsus paradoxus is bij de diagnostiek van een instroombelemmering: bij aanwezigheid van een pulsus paradoxus was in alle gevallen op grond van het klinische beeld de diagnose 'instroombelemmering' reeds gesteld (er was bijvoorbeeld een sterk klinisch vermoeden van pericarditis door de combinatie van gestuwde halsvenen, tachycardie en hypotensie).

Is echocardiografie dan een betere methode dan het meten van de pulsus paradoxus als een instroombelem-

Gepubliceerde voorspellende waarde van de aan- en afwezigheid van een pulsus paradoxus bij patiënten met een harttamponnade en bij patiënten met een astma-aanval

Te auteur	onderzoeksopzet en aantal patiënten	voorspellende waarde (in %) van	
		pulsus paradoxus	geen pulsus paradoxus
<i>harttamponnade</i>			
Guberman ¹⁴	retrospectief; n = 56	81	77
Chuttani ¹⁵	retrospectief; n = 29	82	92
Curtiss ¹⁶	retrospectief; n = 65	97	-
Singh ¹⁷	prospectief; n = 21	81	84
<i>astma-aanval</i>			
Pearson ¹⁸	prospectief; n = 776	79	31

mering wordt vermoed? Inderdaad wordt in experimenteel onderzoek een veel grotere gevoeligheid van echocardiografie gevonden ten opzichte van de pulsus paradoxus bij het vaststellen van een instroombelemmering in het hart.²⁰ In een vergelijkend onderzoek bij patiënten bij wie klinisch na hartchirurgie harttamponnade werd vermoed, bleek bij 50% van de patiënten met een harttamponnade een pulsus paradoxus aantoonbaar, terwijl deze aandoening met behulp van een combinatie van echocardiografische waarnemingen bij meer dan 90% van de patiënten kon worden vastgesteld.¹⁵ Bij gebrek aan een gouden standaard (zoals verbetering van de klinische situatie na drainage) kan men echter niet bepalen of echocardiografie misschien leidt tot een 'overgevoelige' diagnostiek, waarbij klinisch minder relevante afwijkingen zonder therapeutische consequenties worden vastgesteld.²¹

Astma. Bij het vaststellen van de ernst van een astma-aanval wordt dikwijls gebruikgemaakt van de pulsus paradoxus. Bij patiënten met astma-aanvallen werd een redelijk goede correlatie gevonden tussen de aanwezigheid van een pulsus paradoxus en enerzijds een afname van het geforceerde expiratoire éénsecondevolume (FEV₁) tot minder dan 1,25 l, anderzijds hypercapnie.^{22, 23} Op grond hiervan wordt vaak gebruikgemaakt van de pulsus paradoxus bij scores waarmee de ernst van een astma-aanval wordt vastgesteld en bij beslisschema's voor hieraangekoppelde therapeutische consequenties (zoals al dan niet klinische opname van de patiënt).²⁴ Er is slechts één groot multicentrisch onderzoek waarbij specifiek de aanwezigheid van een pulsus paradoxus bij 776 patiënten met een astma-aanval wordt gerelateerd aan de expiratoire piekflow (zie de tabel).¹⁸ Bij dit onderzoek bleek de voorspellende waarde van de aanwezigheid van pulsus paradoxus (grenswaarde 10 mmHg) voor een geringe expiratoire piekflow (< 200 l/min) 79% en de voorspellende waarde van de afwezigheid van pulsus paradoxus voor de afwezigheid van een geringe expiratoire piekflow 31%. Met andere woorden: bij circa tweederde van de patiënten met een afwezige pulsus paradoxus was er toch een ernstig astma en bij circa eenvierde van de patiënten mét een pulsus paradoxus was er geen ernstige astma-aanval. Bij het bestaan van

een systolische bloeddrukdaling van meer dan 24 mmHg bij inspiratie was de voorspellende waarde voor een slechte expiratoire piekflow wel 100%, maar dit kwam slechts bij 5% van de patiënten voor.

VERKLARINGEN VOOR DE BEPERKTE WAARDE VAN DE PULSUS PARADOXUS IN DE KLINISCHE PRAKTIJK

Zowel bij de diagnostiek van een hemodynamisch belangrijke harttamponnade als bij het vaststellen van de ernst van een astma-aanval is de pulsus paradoxus dus slechts van beperkte waarde. Verschillende oorzaken kunnen ten grondslag liggen aan deze wat tegenvallende uitkomst. In de eerste plaats is meting van de pulsus paradoxus niet altijd even gemakkelijk. Een onderzoek hiernaar toonde aan dat slechts 13% van de medische studenten, 23% van de assistent-geneeskundigen en 57% van de stafleden van een Amerikaans ziekenhuis in staat waren de pulsus paradoxus correct te definiëren en vast te stellen.²⁵ Waarschijnlijk zeker zo belangrijk is het feit dat de meting moeilijk uitvoerbaar kan zijn bij een kortademige en dikwijls angstige patiënt op een drukke afdeling voor Spoedeisende Hulp. Daarnaast kan de test een fout-negatieve uitslag hebben bij een verminderde linkerventrikelfunctie, overvulling van de circulatie of bij aortaklepstenose- of aortaklepinsufficiëntie.^{12 26 27}

CONCLUSIE

De pulsus paradoxus wordt gedefinieerd als een daling van de systolische bloeddruk groter dan 10 mmHg tijdens de inspiratie. Het is in feite een accentuering van een normaal fysiologisch fenomeen, dat vooral kan worden waargenomen bij een gestoorde instroombelemmering in het hart (zoals bij een harttamponnade) of bij zeer sterke wisselingen in de intrathoracale druk (zoals bij een astma-aanval). De sensitiviteit en specificiteit van de aanwezigheid van een pulsus paradoxus voor het aantonen van een instroombelemmering in het hart of voor het vaststellen van de ernst van een astma-aanval zijn echter beperkt. Een grotere daling van de systolische bloeddruk bij de inspiratie (> 25 mmHg) heeft een betere voorspellende waarde in deze klinische situaties, maar is een relatief weinig frequent voorkomend fenomeen.

Dr.M.Levi is fellow van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.

ABSTRACT

Physical diagnostics – paradoxical pulse

– Pulsus paradoxus is generally defined as a decline in the systemic systolic blood pressure by more than 10 mmHg during inspiration.

– The main clinical situations in which a paradoxical pulse may be observed are inflow obstruction into the heart (as in exudative pericarditis or cardiac tamponade) or extreme respiratory variations in intrathoracal pressure (as during an asthma attack).

– However, clinical studies indicate that in both situations the predictive value of a present or absent pulsus paradoxus is rather limited.

LITERATUUR

- 1 Lower R. Tractatus de corde, item de motu et colore sanguinis et chyli in eum transitu. Amsterdam: Elsevier; 1669.
- 2 Floyer J. A treatise of the asthma. Londen: Wilkins; 1717.
- 3 Kussmaul A. Über schwierige Mediastino-pericarditis und den paradoxen Puls. Berl Klin Wochenschr 1873;10:433-5.
- 4 Santoro IH, Neumann A, Carroll JD, Borow KM, Lang RM. Pulsus paradoxus: a definition revisited. J Am Soc Echocardiogr 1991;4: 408-12.
- 5 Sapira JD. The art and science of bedside diagnosis. Baltimore: Williams & Wilkins; 1990.
- 6 Scharf SM. Cardiovascular effects of airways obstruction. Lung 1991;169:1-23.
- 7 Aardweg JG van den. Cardiovascular effects of cyclic changes in breathing pattern [proefschrift]. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam; 1992.
- 8 Maitre B, Similowski T, Derenne JP. Physical examination of the adult patient with respiratory diseases: inspection and palpation. Eur Respir J 1995;8:1584-93.
- 9 Henkind SJ, Benis AM, Teichholz LE. The paradox of pulsus paradoxus. Am Heart J 1987;114(1 Pt 1):198-203.
- 10 Lange RL. Compressive cardiac and circulatory disorders: clinical and laboratory correlation. Am Heart J 1967;74:419-30.
- 11 Wagner HR. Paradoxical pulse: 100 years later. Am J Cardiol 1973; 32:91-2.
- 12 Meer J van der, Laar A van 't. Anamnese en lichamelijk onderzoek. Utrecht: Bunge; 1997. p. 95.
- 13 Formijne P, Mandema E. Leerboek der anamnese en der fysische diagnostiek. 8e dr. Utrecht: Bohn, Scheltema & Holkema; 1976. p. 118-9.
- 14 Guberman BA, Fowler NO, Engel PJ, Gueron M, Allen JM. Cardiac tamponade in medical patients. Circulation 1981;64:633-40.
- 15 Chuttani K, Tischler MD, Pandian NG, Lee RT, Mohanty PK. Diagnosis of cardiac tamponade after cardiac surgery: relative value of clinical, echocardiographic, and hemodynamic signs. Am Heart J 1994;127(4 Pt 1):913-8.
- 16 Curtiss EI, Reddy PS, Uretsky BF, Cecchetti AA. Pulsus paradoxus: definition and relation to the severity of cardiac tamponade. Am Heart J 1988;115:391-8.
- 17 Singh S, Wann LS, Klopfenstein HS, Hartz A, Brooks HL. Usefulness of right ventricular diastolic collapse in diagnosing cardiac tamponade and comparison to pulsus paradoxus. Am J Cardiol 1986;57:652-6.
- 18 Pearson MGS, Spence DPS, Ryland I, Harrison BDW. Value of pulsus paradoxus in assessing acute severe asthma. British Thoracic Society Standards of Care Committee. BMJ 1993;307:659.
- 19 Oosterhuis HJGH. Beproeft tests in de neurologische diagnostiek. Ned Tijdschr Geneesk 1996;140:2171-5.
- 20 Klopfenstein HS, Schuchard GH, Wann LS, Palmer TE, Hartz AJ, Gross CM, et al. The relative merits of pulsus paradoxus and right ventricular diastolic collapse in the early detection of cardiac tamponade: an experimental echocardiographic study. Circulation 1985; 71:829-33.
- 21 Fowler NO. Cardiac tamponade. A clinical or an echocardiographic diagnosis? Circulation 1993;87:1738-41.
- 22 Rebeck AS, Pengelly LD. Development of pulsus paradoxus in the presence of airways obstruction. N Engl J Med 1973;288:66-9.
- 23 Nowak RM, Pensler MI, Sarkar DD, Anderson JA, Kvale PA, Ortiz AE, et al. Comparison of peak expiratory flow and FEV1 admission criteria for acute bronchial asthma. Ann Emerg Med 1982;11: 64-9.
- 24 Fischl MA, Pitchenik A, Gardner LB. An index predicting relapse and need for hospitalization in patients with acute bronchial asthma. N Engl J Med 1981;305:783-9.
- 25 Sapira JD, Kirkpatrick MB. On pulsus paradoxus. South Med J 1983;76:1163-4.
- 26 Cogswell TL, Bernath GA, Wann LS, Hoffman RG, Brooks HL, Klopfenstein HS, et al. Effects of intravascular volume state on the value of pulsus paradoxus and right ventricular diastolic collapse in predicting cardiac tamponade. Circulation 1985;72:1076-80.
- 27 Massumi RA, Mason DT, Vera Z, Zelis R, Otero J, Amsterdam EA. Reversed pulsus paradoxus. N Engl J Med 1973;289:1272-5.

Aanvaard op 29 juni 1999