

Audiovisueller Auskultationstrainer für Erkrankungen des Herzens und der Respirationsorgane.*

Audiovisual teaching aid for the auscultation of the heart and the respiratory organs

Franz Bender, Wolfgang Große-Heitmeyer, Klaus Smollich* *
und Wilhelm Holtkamp.

Zusammenfassung: Mit dem "Thoraxtrainer" wurde ein neues audiovisuelles Lehrmittel entwickelt. Seit mehreren Semestern ist diese Nachbildung des menschlichen Thorax im Rahmen des klinischen Untersuchungskurses eingesetzt und hat seine Eignung zur Verbesserung des Auskultationsunterrichts gezeigt. Besonders die Geräusche der Herzfehler in den verschiedenen Varianten, außerdem Geräuschphänomene der Atmungsorgane, werden ausgezeichnet am Thoraxtrainer wiedergegeben. Ein besonderer Vorteil besteht in der Möglichkeit der Synacosis, d.h. man kann mit dem Stethoskop - wie am Patienten - aus Lokalisation von punctum maximum, Intensität, Dauer, Form und Frequenzinhalt der Geräusche, der Charakteristika von Extratönen sowie dem Ausbreitungsmuster die Diagnose stellen.

Die Wiedergabe der archivierten Befunde geschieht völlig naturgetreu, wie spektrographische Kontrollen der simultan von den Patienten und dem Phantom registrierten Geräusche ergaben. Der Lern-prozeß wird durch die gleichzeitige Darstellung des Phonokardiogramms von den vier Hauptauskultationsstellen auf dem Monitor erheblich gefördert. Eine Kontrollmöglichkeit des Pulses ist außerdem gegeben. Von vier jeweils wichtigen Stellen der Thoraxwand der Patienten wurden die Geräusche simultan mit Elektretmikrophonen aufgenommen und mit Hilfe eines Mikroprozessors weiterverarbeitet. Sie können digital und selektiv zu insgesamt 13 speziellen "Sennheiser"- Mikrofonen gesteuert werden, die an der inneren Thoraxwand, der oberen Thoraxapertur und seitlich am Halsansatz angebracht sind.

*Mit Unterstützung durch das
Ministerium für Wissenschaft
und Forschung des Landes
Nordrhein - Westfalen

** Dipl. Ing.

Es stehen die Befunde der Herzfehler mit vielen Varianten zur Verfügung, z.B. von Mitralstenosen mit Normalrhythmus, Tachykardie, Vorhofflimmern, mit leichten und höheren Schweregraden, ferner vor und nach der Kommissurotomie bzw. Klappenersatz. Dorsal wurden über den Lungenpartien Inspiration und Expiration von Gesunden und Herzinsuffizienten, ferner bei Pleuritis sicca und exsudativa, Pneumonie und Bronchitis mit den jeweils verschiedenen Formen der Rasselgeräusche, hörbar gemacht. Ganz im Vordergrund der Vorteile dieses audiovisuellen Lehrmittels stehen die Entlastung der Patienten und Dozenten, ferner die unlimitierte Verfügbarkeit der vielen archivierte pathologischen Befunde mit der Möglichkeit wiederholter Kontrollen. Die Akzeptanz der Lehre an diesem neuen technischen Gerät bei Studierenden und Dozenten ist einhellig. Man soll der Lehre am Thoraxtrainer dennoch nicht den hohen Rang eines Auskultationsunterrichts am Krankenbett zuerkennen, der oft auch die Diskussion über die Einordnung der Befunde in das aktuelle Krankheitsbild des Patienten einschließt.

Summary: Though numerous advances in noninvasive technology were made, skillfull auscultation of the heart and respiratory organs cannot be abandoned and must still be learned by supervised experience. The new

teaching aid offers advantages of individual learning with the stethoscope and repeated self-contained studies, but also group teaching with an infrared multiplier, activating earphones of the students in the audience. The stored sounds and murmurs of the heart and lungs were recorded from actual patients and can be played back with support of a microprocessor to the typical auscultatory sites on a simulated human chest. Spectralanalyses showed high grade conformity.

A wide variety of sounds and murmurs from congenital malformations and acquired heart diseases are available, allowing synacosis, but also from pneumonia, heart failure and bronchial and pleural diseases during inspiration and expiration. A 4-line phonocardiogram, representing the acoustic phenomena at the second right and left interspace, midchest and apex of the heart simultaneously can be shown on an oscilloscope. This, and if needed a short acoustic signal indicating the systole, contribute considerably to the learning process in heart disease. -

Both faculty and students un-animously expressed their appreciation to use this new teaching aid routinely. It proved to be a reliable and very efficient instructional adjunct to enhance bedside examination skills.

In der Ausbildung der Studierenden der Medizin werden audiovisuelle und andere Hilfsmittel vielfach mit großem Erfolg zur Ergänzung der klassischen Vorlesungen und Übungen verwandt. Aus mehreren Gründen, besonders zur Milderung der teils erheblichen Engpässe in den Ausbildungskapazitäten klinischer Fächer sowie Entlastung der Patienten, die meist ein sehr straffes Untersuchungs- und Behandlungsprogramm zu absolvieren haben und häufig die für die Falldemonstration gewünschten Krankheitsbilder nicht aufweisen, sind sie jedoch geeignet.

In der Literatur liegen übereinstimmende Mitteilungen über den Nutzen von Herzschallsimulatoren zur Unterstützung des Auskultationsunterrichts vor (1-7,9-14). Aufwand und Umfang der hierzu entwickelten Lehrprogramme sind sehr verschieden und reichen von einfachen Geräuschprojektionen in den Raum mit Kommentaren des Dozenten bis zu wiederholten, mehrstündigen Videokursen und sehr systematischer Schulung des Gehörs für zeitliche Einordnung, Dauer und Formen der Geräusche an einem "Phonocardiosimulator"(12) mit verbalen Informationen und künstlich erzeugten Schallphänomenen über ein Tonband. Die Herzgeräusche sind je nach Lernziel veränderbar. Ergänzende Informationen werden über ein Oszilloskop, ferner eine gesteuerte Bildprojektion und in gedrucktem Text vermittelt. Der Lernfortschritt kann durch Eigenkontrollen auf Arbeitspapieren erfolgen. - Nicht speziell für die Lehrzwecke

der Auskultation wurde in USA das Gerät "Harvey Cardialis" als "Cardiology patient simulator" (4,5) konstruiert. Es demonstriert die klinischen, röntgenologischen und weitere nichtinvasive, apparative Befunde von 25 Herzkrankheiten, dabei auch die synthetisch hergestellten Herzgeräusche für die Auskultation. Dieses aufwendig gestaltete Medium kann für ca 3/4 Mio DM erworben werden und dürfte derzeit wohl für hiesige Lehretats unerreichbar sein. In Anbetracht der Vielzahl von abrufbaren Befunden ist es verständlich und es soll nicht als Kritik verstanden werden, daß viele klinisch vorkommende Varianten der Herzschallphänomene nicht aufgenommen sind.

Es wird nachfolgend ein von uns entwickeltes, audiovisuelles Lehrmittel("Auskultationstrainer") beschrieben, das sich nach mehrjähriger Entwicklung über Vorstufen nunmehr als eine sehr effektiv einsetzbare Lehrhilfe erwiesen hat. Dieses Gerät erlaubt je nach Programmschaltung unlimitiert die Auskultation normale und pathologische Geräusche von Lungen, Bronchialsystem und Pleura, sowie von normalen und pathologischen Schallphänomenen des Herzens. Die im Archiv gespeicherten Beispiele wurden von einer Vielzahl von Patienten übertragen, sodaß etwa 50 Schallbilder allein von häufigen und selteneren, erworbenen und angeborenen Herzfehlern zur Verfügung stehen, z.B. von der Mitralstenose mit verschiedenen Schweregraden, im

normalen Herzrhythmus, bei Tachykardie und Vorhofflimmern, vor und nach operativer Behandlung, auch nach Klappenersatz und in Kombination mit weiteren Ventilfehlern des Herzens. Die wiedergegebenen Geräusche erscheinen naturgetreu, mit puncta maxima und den jeweils typischen, für die Diagnostik unverzichtbaren Ausbreitungscharakteristika. Die Einzelauskultation bleibt aber wie bisher zeitaufwendig. Ein größeres Auditorium kann durch Einsatz eines Sennheiser - Infrarotsenders und mit Empfängern besetzten Stethophonen erreicht werden. Das "Mikroportsystem" dieses Herstellers erlaubt die Kommunikation des Tutors mit dem Auditorium, sodaß dessen Beteiligung am Vorgang der Diagnosefindung unter Einschluß der Synacosis sowie an der Diskussion über Einzelheiten der Befunde ermöglicht wird (s.auch 8).

Ergänzungen durch digitale Anzeige der Herzfrequenz, akustische Signale der Herzsysteme, fortlaufende Darstellung der Geräusche auf einem Monitor, auf dessen unterstützende Funktion bereits Arthur Weber 1956 (15) hingewiesen hat, ferner ein "arterieller" Pulsgeber für die Palpation machen dieses Gerät nach unseren Erfahrungen zu einem sehr nützlichen Hilfsmittel speziell für die Diagnostik der Herzfehler. Ein vergleichbares Gerät wurde u.W. bisher nicht beschrieben. Die Hauptkomponenten des Thoraxtrainers zeigt Abb. 1. Durch Spektralanalyse ließ sich die

Übereinstimmung der am Patienten und der am Thoraxtrainer hörbaren Geräusche zeigen (Abb. 2).

Ausstattung und Funktion des Thoraxtrainers

Das kommerziell erhältliche Modell einer männlichen Thoraxhülle aus Kunststoff ist mit einem Veloursstoff überzogen, nachdem sich verschiedene Lederproben wegen häufiger Nebengeräusche bei Bewegungen des Stethoskops als unbrauchbar gezeigt hatten. In der schalldämmend präparierten inneren Thoraxvorderwand dienen Lochbohrungen zur Aufnahme von insgesamt 13 Hochleistungsschallgebern (Kapseln des Sennheiser-Kopfhörers HD 424) die als sog.offene Kopfhörer gute Übertragungseigenschaften auch der tiefen Frequenzen bis 16 Hz gewährleisten, ohne hierfür ein allseits geschlossenes Luftpolster zu erfordern. Sie dienen der Herzdiagnostik. Die zu enge Ausbreitung der Geräusche auf die äußere Thoraxwand wird durch eine Watteschicht vermieden. Sie bewirkt auch eine Verteilung der Geräusche . Auf diese Weise entsteht der Eindruck eines fließenden Übergangs zwischen den einzelnen Auskultationspunkten. Die Feinabstimmung der Verteilung der Schallgeber erfolgt empirisch und hat die besonderen Ausbreitungsverhältnisse für die einzelnen Herzfehler zu berücksichtigen. Mit einem Mikroprozessor werden sie über eine Schaltmatrix durch ein speziell hierfür entwickeltes Programm gesteuert, sodaß in der Fläche der

Thoraximitation ein Schallprofil entsteht, das den tatsächlichen natürlichen Verhältnissen entspricht, einschließlich der Fortleitung z.B. in die linke Axilla bei Mitralsuffizienz oder die Karotiden bei Aortenstenose. Bei kombinierten Vitien ermöglichen es Satellitenlautsprecher und die simultane Ansteuerung mehrerer Schallgeber den tatsächlich auch bei den Patienten vorliegenden Geräuschbefund zu erheben.

An der ebenso schalldämmend bekleideten Hinterwand gestaltet sich die Verteilung der 24 Schallgeber relativ einfach, da wenig Rücksicht auf die Lokalisation der Auskultationsbefunde bei Pleuritis sicca, Pneumonie oder Erkrankungen des Bronchialsystems u.a. zu nehmen ist. Alle hier auftretenden Phänomene können in ihrer Lautstärke variiert und auch so geschaltet werden, daß sie auf der Thoraxoberfläche nebeneinander mit den typischen Veränderungen während Inspiration und Expiration wahrzunehmen sind.

Die Aufnahme der Geräusche vom Patiententhorax erfolgt simultan von jeweils vier Stellen mit Elektret-Kondensatormikrophonen auf Kompaktkassetten "Tascam", die der Leistungsfähigkeit einer Bandmaschine entsprechen. Bei den Erkrankungen der Respirationsorgane (wie z.B. bei Pneumonie oder Bronchitis) werden die Mikrophone über den Regionen mit den typischen Befunden und über der Lunge mit normalem Atemgeräusch befestigt. Die Aufnahme der

Geräuschphänomene von Herzfehlern geschieht an den vier klassischen Auskultationsstellen, falls nicht Besonderheiten vorliegen. Auch Trikuspidalfehler können berücksichtigt werden. In einem Generator erfahren die an den Mikrophonausgängen vorhandenen Signalspannungen eine Frequenzbehandlung, werden von Störgeräuschen entzerrt und durch Verstärker auf einen Sollpegel angehoben. Nach Zwischenfertigung eines Endlosbandes mit den qualitativ besten Aufnahmen wird ein Kassettenband von 30 Minuten Spieldauer erstellt.

Weitere Hilfsmittel

Aus den abgespeicherten Informationen kann gleichzeitig ein Steuersignal eine synchron mit der Auskultation tastbare "arterielle" Pulswelle erzeugen; der Puls selbst entsteht in einem elektromechanischen Generator. Die Verzögerung gegenüber der Herzsysteme läßt sich einstellen, auch ein steilerer Anstieg der Pulswelle und etwas flacherer Abfall. Es lag nahe, die elektronischen Bausteine zur digitalen Anzeige der Herzfrequenz zu benutzen; diese kann kontinuierlich abgelesen werden.

In seiner Bedeutung für Un-erfahrene bei der Auskultation kann man die Kontrolle des Geräuschablaufs auf einem Monitor nicht hoch genug einschätzen. In unserem System steht ein Vierkanalmonitor "Knott" SG 4100 zur Verfügung, der nach dem Rasterverfahren arbeitet und über eine erhebliche Variationsbreite

für Papiervorschub und Amplituden verfügt. Der 47-cm Rechteckbildschirm zeigt simultan die Phonokardiogramme über den vier Hauptauskultationspunkten, bzw. von den bei der Aufnahme vom Patienten bevorzugten Lokalisationen.

Diskussion

Die Verwendung des eigenen Stethoskops am Thoraxtrainer, wie es der ärztlichen Praxis entspricht, die Möglichkeit durch Synacusic nach Hinführung durch einen Tutor die selbst für eine schwierigere Herzfehlerdiagnostik notwendigen Assoziationen zu bilden, die dauernde Verfügbarkeit, das Studium ohne Zeitdruck während der Untersuchung, ferner der Einschluß der Lungenerkrankungen erklären u.E. die fast ausnahmslose, freiwillige Teilnahme der Studierenden eines frühen klinischen Semesters am Auskultationsseminar. Die erstmalige selbständige Feststellung von klassischen, akustisch zu erfassenden Zeichen einer Pneumonie, von grob- und feinblasigen Rasselgeräuschen, Reibegeräuschen der Pleura oder des Perikards, Giemen, Pfeifen und Brummen über den Lungen, beeindruckt.

Theoretisches Wissen über die Pathophysiologie der intrathorakalen Krankheitsbilder und ein systematisches Vortraining im Tutorensystem zur Schulung des Gehörs für die zeitliche Einordnung und die Qualitäten der Geräusche und Extratöne sind jedoch notwendig, speziell in der Diagnostik

der Herzfehler. Sie lassen sich auf verschiedenen Wegen vermitteln, auch mit einfachen audiovisuellen Anlagen und am wirksamsten in Seminaren (14). Erfahrungsgemäß läßt sich die diagnostische Sicherheit nach einem vorbereitenden Seminar und anschließenden Unterricht am Thoraxtrainer etwa 2,5 mal höher ansetzen als nach praktischen Übungen allein am Patienten. Am Thoraxtrainer erleichtern ganz besonders das Monitorbild, ferner die akustische Anzeige der Herzsystole und evtl. die Palpation die Orientierung. Doch ist die Palpation des "Arterienpulses", im Gegensatz zur Zeit früherer Ärztegenerationen, heute sehr in den Hintergrund getreten und wird auch bei uns kaum in Anspruch genommen.

Es sei bemerkt, daß der Einsatz dieses audiovisuellen Mediums nicht auf den studentischen Unterricht beschränkt ist. Wie die Erfahrung inzwischen gezeigt hat, kann er auch in der ärztlichen Weiterbildung jüngerer Generationen mit großem Anklang eingesetzt werden.

Die Konstanz der Auskultationsbefunde und die beliebige Wiederholbarkeit der Untersuchungen erlauben in der Ausbildungsforschung verschiedene Studien, wie z.B. Gedächtniskontrollen und vergleichende interindividuelle Erhebungen.

Literatur

1. Aberg H, Johansson R, Michaelson M (1974) Phonocardiosimulator as an aid in teaching auscultation of the heart. Brit J med education 8:pp 262-266
2. Aigner A, Wieser M, Müller G, Raas E (1977) Schallübertragungseigenschaften des menschlichen Thorax in verschiedenen Frequenzbereichen. Z Kardiol 66 : 319 - 322
3. Butterworth JS, Poindexter CA (1960) Auscultatory Acumen in the General Medical Population. JAMA 174:pp114 -166
4. Gordon M (1974) Cardiology Patient Simulator. Amer J Cardiol 34:pp350-355
5. Gordon M (1980) "Harvey", the Cardiology Patient Simulator: Pilot Studies on Teaching Effectiveness. Amer J Cardiol 40:pp250
6. Harley A (1976) Evaluation of a Heart Sound Simulator in Teaching Cardiac Auscultation. J Med Education 51:pp600-601
7. Habeck D (1982) The current state of medical education in the Federal Republic of Germany and some of its problems. J Medical Education 16:pp345-351
8. de Leon AC (1978) Group Teaching of Auscultation. Amer J Cardiol 41:pp332-335
9. McGuire C, Wezeman F (1969) Auscultatory skill, gain and retention after intensive instruction. J Med Education 39:pp120-131
10. Penta F, Kofman S (1973) The effectiveness of simulation in teaching selective skills of physical diagnosis. J Med Education 48:pp 442-445
11. Ravin A (1969) Teaching Cardiac Auscultation. Amer J Cardiol 24 :pp151-153
12. Renschler H Flörkemeier V Thoma R (1971) Elektronische Simulation von Herzgeräuschen als neue Form des klinischen Unterrichts. Therapiewoche 51:pp 4015-4018

13. Sajid A (1975) A Simulation Laboratory for Medical Education. J Med Education 50:pp970-975
14. Sajid A, Magero J, Feinzimer M (1977) Learning effectiveness of the heart sound simulator. J Med Education 11:pp25-27
15. Weber A (1956) Atlas und kurzgefaßtes Lehrbuch der Phonokardiographie, Steinkopff Verlag Darmstadt

Unter dem Titel "Auskultationstrainer" erschien eine stark gekürzte Fassung im Deutschen Ärzteblatt 91, Heft 10, S. A-676, v. 11.März 1994

Anschrift : Univ. Prof. em. Dr.med. Franz Bender
Medinische Univ.Klinik C
Albert - Schweitzer- Str. 33
48 157 Münster

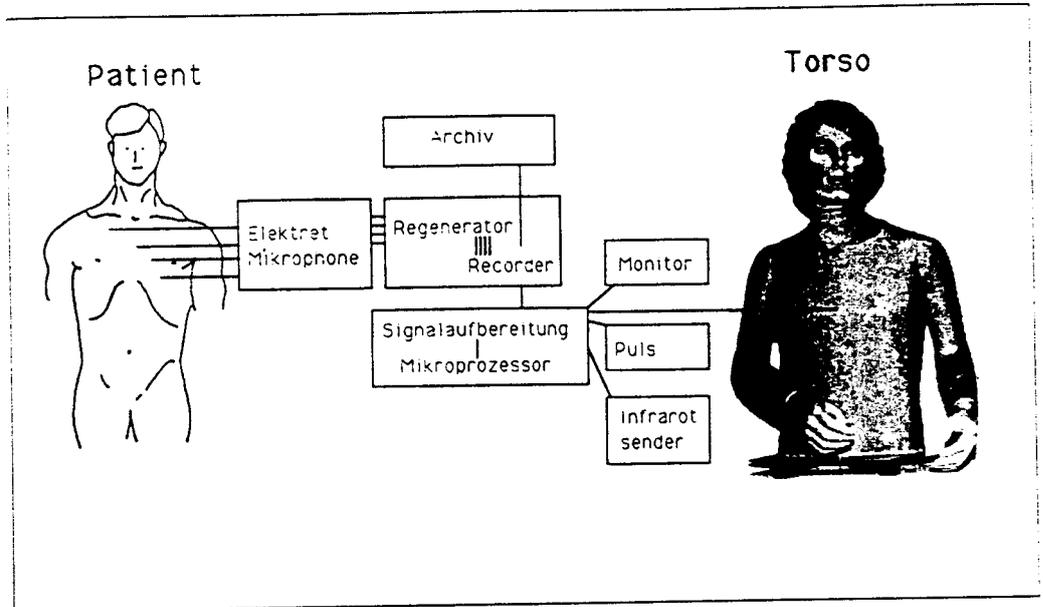


Abb.1: Blockschaltbild des Auskultationstrainers mit Mikroprozessor. Im audiovisuellen Teil (rechts) Anschlüsse zur fortlaufenden, simultanen Monitor-darstellung des Phonokardiogramms von vier Auskultationsarealen, Palpation des simulierten arteriellen Pulses und zum Infrarotmultiplikator der Geräusche

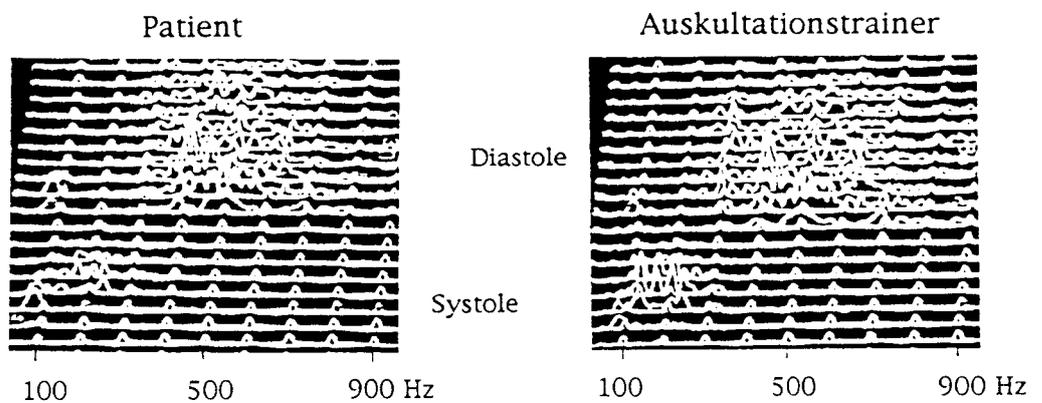


Abb.2: Gleiche spektralanalytische Schallbilder in Systole und Diastole bei Aorteninsuffizienz eines Patienten über dem 2. Interkostalraum re.sternal und nach Reproduktion am Auskultationstrainer. Abszisse: Frequenzen der Geräusche (Hertz) Ordinate: Zeitablauf, einstellbare Amplituden