

Aus den genannten Arbeitskreisen der Abteilung sind nachstehende Arbeiten dem verehrten Jubilar gewidmet, verbunden mit den besten Wünschen für weiteren Erfolg, Gesundheit und erfüllende Aktivitäten.

Die Drucklegung der Arbeiten wurde durch großzügige Unterstützungen von seiten der Heilmittelwerke Wien, EBEWE Arzneimittel GmbH, Panchemie Homburg GmbH. und Boehringer Mannheim GmbH. ermöglicht.

W. Reiterer

Aus der I. Medizinischen Abteilung der Poliklinik (Vorstand: Prof. Dr. H. Czjotter) der Stadt Wien

Der Einsatz eines Personalcomputersystems in der Herz-Lungenfunktionsdiagnostik für Textverarbeitung, Graphiken und Statistik

W. Reiterer

Schlüsselwörter: Personalcomputersystem – Herz-Lungenfunktionsdiagnostik – Textverarbeitung – Graphik – Statistik – Informatik – EDV.

Key-words: Personal-computer-system – cardio-pulmonary function laboratory – word-processing – graphics – medical – statistics – informatics.

Zusammenfassung: Zur Unterstützung der Datenauswertung und Befundung wurde ein Personalcomputersystem aufgebaut. Die off-line-Datenverarbeitung umfaßt die Erstellung von hämodynamischen und atemphysiologischen Befunden, wobei die Aussagekraft der Befunde durch Graphiken (Ergometrie, Herzfunktionskurve, Atemmechanik) erhöht wird. Weitere praktische Anwendungen des Personalcomputersystems umfassen die Literaturarchivierung, die Bewegungsanalyse von zweidimensionalen echokardiographischen Untersuchungen und die grafische Unterstützung von statistischen Untersuchungen. Eine wirkungsvolle Ausnutzung des Personalcomputersystems (HP85A mit Doppeldiskettenlaufwerk, Printer, Plotter und Digitalisierer) ist nur durch gute EDV-Kenntnisse und praktische Programmiererfahrung gewährleistet.

Die Aufgabe des off-line-EDV-Einsatzes ist in der Beschleunigung des Informationsflusses über Befunde und Untersuchungen zu sehen, wobei neben der mehrdimensionalen Beschreibung des Krankheitsbegriffes ausreichend Ansätze zu einer differenzierten Pharmakotherapie gefunden werden können.

Durch die Verbesserung der medizinischen Informatik ist ein wirksamer Faktor zur Kostenkontrolle im Gesundheitswesen gegeben.

Korrespondenzanschrift: Doz. Dr. W. Reiterer, I. Medizinische Abteilung der Poliklinik der Stadt Wien, A-1090 Wien.

Application of a Personal-Computer-System at a Cardio-Pulmonary Function Laboratory for Medical Reports and Records, Graphics and Statistics

Summary: To improve the off-line data processing a personal-computer-system was set up, including a HP-85A desk-computer with a dual-disc-drive, a plotter, a printer and a digitizer (graphical tablet). The application of the personal-computer-system is focused on the work up of medical reports and records, transformation of physiologic data into graphics (ergometric stress testing, myocardial function curve, lung mechanics) and on speeding up the flow and distribution of information.

Further applications include a literature storage and retrieving system, the quantitative analysis of left ventricular wall motion by twodimensional echocardiography and a graphic aided system for medical statistics.

Hopefully the data processing at a cardio-pulmonary function laboratory will lead to a better definition of diseased states in quantitative terms and by this support the rational basis for medical intervention.

Slow communication of medical information is a critical factor in the practice of high quality medical care (cost/efficiency).

Einleitung

Beim Aufbau eines Herz-Lungenfunktionslabors an der I. Medizinischen Abteilung der Allgemeinen Poliklinik der Stadt Wien wurde von Anfang an (1974) die Möglichkeit zur rechnerunterstützten Datenerfassung eingeplant (13–19). Der EDV-Einsatz ermöglicht seitdem 1. die on-line-Verarbeitung von Primärsignalen (Momentan-, Spitzen- und Mittelwert, zeitgetriggertem Abgriff) aus atemphysiologischen, ergospirometrischen und hämodynami-

sehen Untersuchungen, 2. die alphanumerische Datenausgabe mit einem rechnergestützten Plotterdiagramm, 3. die Berechnung von abgeleiteten Meßgrößen on-line und off-line (anaerobe Energie, anaerobe Schwelle, alveoläre Ventilation, Ergospirometrie, zentrale Hämodynamik, instantane Atemwegswiderstände), 4. die sofortige Bewertung von Daten (Abweichung vom Normalwertsbereich und von vorgegebenen Grenzwerten), 5. die Datenkompression und Abspeicherung zur Dokumentation und Off-line-Verarbeitung (Auswerterroutinen, Statistik), womit sich 6. ein Feed-back-System zur Prozeßsteuerung und Überwachung der aufwendigen und invasiven Untersuchungen (Lungenfunktion, Ergospirometrie, zentrale Hämodynamik) ergab.

Auf Grund dieser Erfahrungen mit dem EDV-Einsatz bei klinisch-physiologischen Untersuchungen wurde 1980 ein Personalcomputersystem (PC-System) aufgebaut. Die Zielvorstellungen waren a) eine Optimierung in der Auswertung medizinisch-wissenschaftlicher Daten, b) eine Verbesserung der Verständlichkeit der erhobenen Befunde und c) eine sofortige Befunderstellung. Aus praktisch-klinischer Sicht sollte somit der Informationsfluß verbessert und eine rationale Basis für diagnostische und insbesondere therapeutische Konsequenzen in der Patientenbetreuung geschaffen werden.

Als Anregung für den Einsatz von PC-Systemen werden persönliche Erfahrungen und Beispiele an erprobten EDV-Programmen vorgestellt.

Systemkonfiguration

Als Personalcomputer (PC) wird ein transportabler HP-85A (Hewlett Packard) eingesetzt, der neben einem graphikfähigen kleinen Bildschirm (192 x 256 Bildpunkte) und einer umfangreichen alphanumerischen Tastatur einen eingebauten Thermodrucker und eine Bandstation als Massenspeicher (210 KByte) besitzt. Im Rechner stehen für Programme und Daten etwa 29 KByte Speicherkapazität zur Verfügung. Die Programmiersprache ist Basic (ROM based), wobei durch Festspeicher (ROM) die Anwendbarkeit wesentlich gesteigert werden kann (Input/output-Operation, Graphik, Assembler, erweiterte Programmierung, Matrix-Manipulation). Für die stationäre Anwendung wird der PC mit einem externen Massenspeicher (Doppel-Diskettenlaufwerk HP-82901M, 2 x 280 KByte), einem graphikfähigen Drucker (Epson MX-80F/T), einem Plotter (HP 7225B) und einem graphischen Tablett (HP 9111A, Digitalisierer) verbunden. Neben der Entwicklung von eigenen Programmen für spezielle Anwendungen wurden verfügbare Programmpakete (HP-Programmbibliothek) modifiziert und der Leistungsfähigkeit der Systemkonfiguration angepaßt (9, 10). Für kleinere mathematische Probleme und für die Erstellung von atemphysiologischen Kurzbefunden bei stationären Patienten verwende ich einen Taschenrechner (HP 41CV mit Timē module) und einen netzunabhängigen Drucker (HP 82143A). Die Daten der Blutgasanalyse und der Bodyplethysmographie mit Flow-Volumen-Analyse

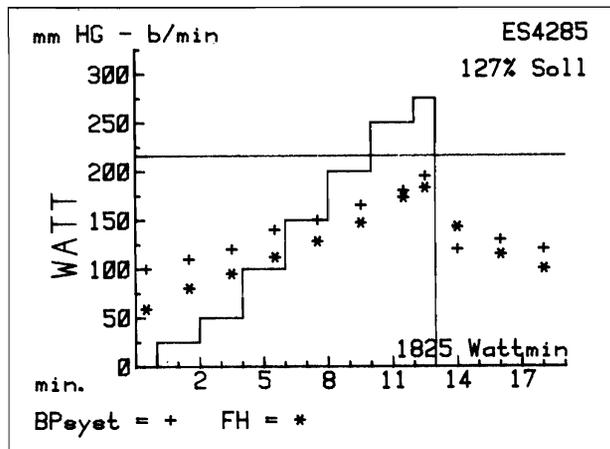


Abb. 1. Graphik Ergometrie zur Beschreibung der Meßwerte Herzfrequenz (FH) und systolischer Blutdruck (BP Syst) unter 2-Minuten-Stufen-Fahrradergometrie. Geleistete Arbeit in Watt.min, Kennzeichnung der Soll-Wattstufe und bei Bedarf des Beginnes einer abnormen Reaktion.

können als Kurzbefund auf das Datenblatt des Patienten geklebt werden.

Die Systembeschreibung der EDV-Anlage des Funktionslabors erfolgte ausführlich an anderer Stelle (15, 17).

Anwendungsbeispiele für ein PC-System

1. Textverarbeitung

Für die medizinisch-wissenschaftliche Tätigkeit stellt die rechnerunterstützte Textverarbeitung eine große Hilfe dar. Der Aufwand für Schreibarbeiten bei Publikationen wird wesentlich vermindert, da Korrekturen und Ergänzungen beliebig oft durchgeführt werden können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, gespeicherte Graphiken in den Text einzubauen. Für die Lehrtätigkeit kann der Vorlesungsstoff in Kurzfassung auf den Speichermedien archiviert werden. Als didaktisch wertvoll hat es sich erwiesen, den Studenten z. B. Zusammenstellungen über eine gezielte „Anamnesetechnik“ oder über den „Akutstatus“ zur Beurteilung von vitalen Organfunktionen im Rahmen des Intensivpraktikums für Innere Medizin über die Rechenanlage auszudrucken.

Als praktische Beispiele sei die Anwendung der Textverarbeitung bei der Archivierung von Literaturstellen und bei der Befunderstellung von Herzkatheterdaten vorgestellt.

1.1. Literaturarchiv

Meine persönliche Literatursammlung wurde im Jahre 1970 begonnen. Ich archiviere primär Sonderdrucke, die ich an Hand der Literaturanforderung nach Durchsicht der Current Contents erhalte. Die wissenschaftlichen Arbeiten werden fortlaufend numeriert und in Zeitschriftenkassetten abgelegt. Bis 1980 wurde für jede Literaturstelle eine Karteikarte angelegt und alphabetisch nach Haupt- und Nebenbegriffen geordnet (z. B.: Hypertonie – Medikament – Betablocker – Review).

Durch das Programm „Literatur“ erfolgt die Archivierung und Datenverwaltung elektronisch. Eine Daten-

Tab. 1. Beispiel für die Befunddokumentation einer hämodynamischen Untersuchung: Kenndaten des Patienten, Datenmatrix der hämodynamischen Meßwerte, Kommentar zur Beurteilung der Untersuchung; als Ergänzung kann die Ausgabe von Normalwerten angeschlossen oder eine Graphik abgedruckt werden (Abb. 3).

***** ZENTRALE HAEMODYNAMIK *****

MHK-Nr.: 1785

St.p. Myokardinfarkt - Lyse

DIAGNOSE: CHD MI LYSE

A = 44 kg = 82 cm = 172 KO = 1.95 Hb = 14.3 SEX = 1

Intervention:

keine

BEOBACHTUNGEN (0=Ruhe, 1=Volumenbelastung, 2=Handgrip, N=Watt)

0 1 50 75

<u>FH</u> b/min	82.0	79.2	105.0	115.0
<u>BP_{sys}</u> mm HG	135.0	135.0	55.0	180.0
<u>BP_{dia}</u> mm HG	90.0	90.0	110.0	115.0
<u>BP_{pm}</u> mm HG	105.0	105.0	91.6	136.6
<u>PA_{sys}</u> mm HG	24.0	2.0	53.0	52.0
<u>PA_{dia}</u> mm HG	10.0	12.6	23.0	22.0
<u>PA_{pm}</u> mm HG	16.5	22.8	37.8	34.8
<u>Q (HMV)</u> l/min	6.06	7.27	9.76	12.25
<u>CI</u> l/min/m ²	3.10	3.72	4.99	6.27
<u>SV</u> ml/beat	73.9	91.7	92.9	106.5
<u>Da_v</u> Vol%	3.79	3.71	8.50	8.73
<u>PVR</u> dyn.sec.cm ⁻⁵	1385	1154	750	891
<u>PulmVR</u> dyn.sec.cm ⁻⁵	217.6	250.6	309.5	227.0
<u>SWI</u> g.m/m ²	57.0	70.7	62.5	106.9
<u>LVET</u> msec	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>MSER</u> ml/sec/m ²	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>Sa</u> %	96.0	96.0	97.0	97.0
<u>Sv</u> %	76.2	76.6	52.6	51.4
<u>VO₂</u> l/min	.23	.27	.83	1.07
<u>VE</u> l/min	9.30	9.36	23.70	33.90

KOMMENTAR MHK Nr. 17/85

28-03-1985

In Ruhe und unter Volumenbelastung normale zentrale Haemodynamik. Unter mittelschwerer Belastung (75 Watt im steady-state) Volumenleistung an der unteren Grenze der Norm mit geringer Drucksteigerung im kleinen Kreislauf (Compliance-Verlust) und etwas hoeherer Nachlast. Im EKG SR, keine ES. Keine Symptome. Re Vorhofpm p.X. = 3 mm Hg. Med.: Isoptin retard 360 mg; Isoket 80 mg, Marcoumar. Anaerobe Schwelle 1.1 l/min VO₂ laut Ergospirometrie.

Univ. Doz. Dr. W. REITERER FCCP

länge von 368 Byte enthält die Angaben über den Titel der Arbeit, die Autoren, die Zeitschrift, die Key-words und die Archivnummer. Die Speicherung erfolgt alphabetisch nach dem Haupt-Key-word, wobei auf Grund der Interessensgebiete bestimmte Buchstaben einer Diskette zugeordnet sind (z. B.: A-B, C-G, H-J, K, L, M-O, P-R, S-T, U-Z). 735 Literaturstellen können pro Diskette abgespeichert werden. Zusätzlich erfolgt als Datensicherung eine Archivierung fortlaufend nach Nummern. Das Programm enthält neben Korrekturroutinen das entscheidende Suchprogramm zum Auffinden von gewünschten Literaturstellen. Als Suchkriterien gelten ein Haupt-Key (z. B. ein Buchstabe oder ein Wort) und Neben-Keys, die entweder alle oder nur einzeln in der zu suchenden Literaturstelle (Key-words) enthalten sein müssen. Der Zeitaufwand zum Durchsuchen einer vollen Diskette liegt bei 5 Minuten. Die gefundenen Literaturstellen werden z. B. auf einem Schnelldrucker dokumentiert und können anschließend auf Grund der Archivnummer der Literatursammlung entnommen werden.

Zum raschen Aufsuchen geeigneter Literaturstellen ist eine strenge Ordnung in der Key-word-Liste zu beachten. Notfalls muß nach gleichwertigen Begriffen die Suche mehrmals gestartet werden. Das erfreuliche Auffinden von gewünschten Literaturstellen wird über die Mühe hinwegtrösten, die letztlich doch bei der Eingabe der Daten für die Speicherung entsteht, eine Arbeit, die kaum zu delegieren ist.

1.2. Befundausgabe Zentrale Hämodynamik

Für die Befunderstellung einer hämodynamischen Untersuchung wurde ein Datenbearbeitungsprogramm mit einem Textprogramm verknüpft. Das Datenbearbeitungsprogramm enthält die Routinen zur Eingabe von primären Meßwerten der zentralen Hämodynamik. Diese

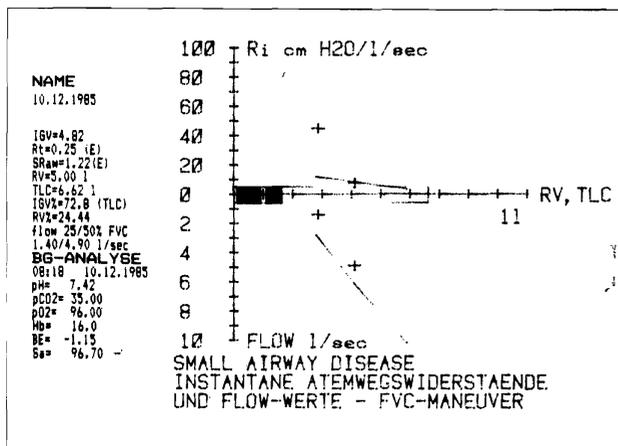


Abb. 2. Graphik über die Lungen volumina Residualvolumen (ausgefüllter Säulenanteil) und Vitalkapazität (offene Säule) und dazugeordnet die erzielten Flußwerte mit- und endexpiratorisch und die aus der Druck-Fluß-Volumenkurve errechneten instantanen Atemwegswiderstände. Der Kurzbefund enthält die Angaben IGV intrathorakales Gasvolumen, RT Resistance bei Rubeatmung, SRaw volumenkorrigierte RT, RV Residualvolumen, VC Vitalkapazität, TLC Gesamtlungenvolumen, Volumina in Prozenten der TLC, die Flußwerte im Atemstoß und die Daten der Blutgasanalyse.

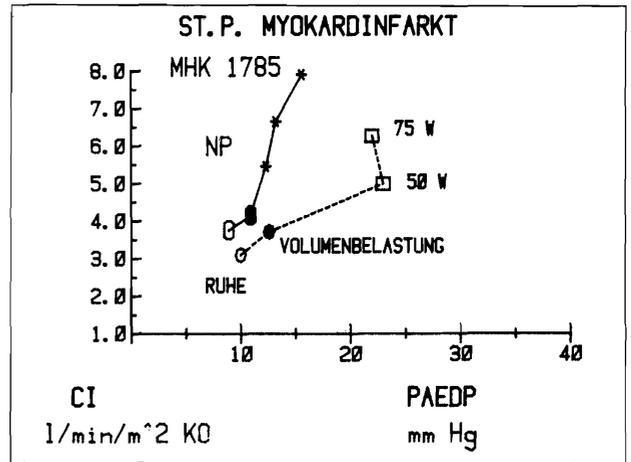


Abb. 3. Die Graphik Hämodynamik vergleicht die Meßdaten des Patienten mit mittleren Normalwertbereichen für die Ruhe, Volumenbelastung im Lagerungsversuch und mit Steady-state-Stufen für 20, 50 und 100 Watt (Sterne). CI cardiac index, PAEDP enddiastolischer Pulmonalarteriendruck.

Daten stehen on-line während der Untersuchung (Mikroherzkatherismus unter Belastung mit Ergospirometrie und Blutgasanalyse, Graphik der on-line-Meßwerte [15, 18]) zur Verfügung. Von den halbminütig ausgegebenen Daten der EDV-Anlage des Labors (Olivetti P 652 als Zentraleinheit) werden die Mittelwerte von Steady-state-Phasen für die Dokumentation auf dem PC herangezogen (Herzfrequenz, arterieller Blutdruck, Pulmonalarteriendruck, Sauerstoffaufnahme, Atemminutenvolumen, arterieller und gemischtvenöser Sauerstoffgehalt; Austreibungszeit). Abgeleitete Größen der zentralen Hämodynamik werden berechnet (z. B. Herzminutenvolumen, Kreislaufwiderstände, Herzarbeit) und mittels einer Datenmatrix nach der Herzkatheternummer abgespeichert. Der Kommentar zur Beurteilung der Untersuchung wird über ein Textprogramm (Unterprogramm) archiviert. Zur Befundausgabe werden die Katheterdaten automatisch mit dem richtigen Kommentar versehen, und zusätzlich kann neben der Ausgabe von laboreigenen Normalwerten eine Graphik den Befund (Abweichung vom Normalverhalten) verständlicher gestalten (Tab. 1, Abb. 3). Die Datenmatrix ist weiterführenden Programmen zur statistischen Analyse und Beschreibung von Patientenkollektiven oder Medikamentenwirkungen zugänglich.

Der EDV-Einsatz in der Befunderstellung verkürzt den Arbeitsaufwand, deckt Fehler durch die Plausibilitätsprüfung auf, verbessert die Lesbarkeit und Verständlichkeit der komplexen Daten und eröffnet neue Wege zur späteren automatischen statistischen Analyse und rechnergesteuerten Graphik.

2. Graphiken

Die Umsetzung von Zahlenkolonnen aus Meßwertprotokollen in eine graphische Darstellung verbessert das Erkennen von zeitlichen Trends und Zusammenhängen sowie die gesamtheitliche Erfassung von typischen Befundkonstellationen. Weiters kommt der graphischen Darstellung von statistischen Untersuchungen eine große Be-

Tab. 2. Protokoll der Bewegungs- und Konturanalyse einer zweidimensionalen echokardiographischen Untersuchung. Die Datenmatrix bezieht sich auf eine vorgewählte Gradeinteilung. Auflistung von systolischen und diastolischen Radien (rS, rD), Flächen (AS, AD), Differenzen (dr) und prozentuellen Veränderungen (dr%D, dA%D; Diastole = 100%).

ECHOKARDIOGRAPHIE KONTURANALYSE: Version 1.0

**N.N. HERZINSUFFIZIENZ - HYPERTONIE
PS-SHORT**

GRAD	rS	rD	dr	dr%D	AS	AD	dA%D
15.00	28.01	32.29	4.28	13.27	109.68	143.84	23.75
30.00	26.53	30.59	4.06	13.27	97.98	128.62	23.83
45.00	25.94	29.55	3.61	12.20	89.83	117.01	23.23
60.00	25.31	28.56	3.26	11.40	86.50	108.95	20.60
75.00	25.08	29.45	4.37	14.84	82.47	109.32	24.56
90.00	26.14	32.59	6.44	19.78	84.90	124.03	31.55
105.00	28.59	35.10	6.52	18.57	99.21	150.45	34.06
120.00	31.72	38.16	6.44	16.88	117.33	174.63	32.81
135.00	32.61	40.00	7.39	18.48	138.66	204.26	32.12
150.00	32.44	36.17	3.73	10.31	138.16	199.88	30.88
165.00	31.77	33.96	2.19	6.45	136.00	157.75	13.79
180.00	31.15	32.13	.98	3.06	129.44	142.53	9.18
195.00	29.72	30.12	.40	1.34	120.58	126.06	4.35
210.00	29.32	31.61	2.29	7.25	113.04	121.96	7.31
225.00	30.18	33.32	3.14	9.42	115.77	138.13	16.19
240.00	31.52	34.37	2.85	8.29	123.78	149.72	17.33
255.00	33.30	34.37	1.07	3.11	139.70	155.09	9.92
270.00	33.67	34.66	.99	2.85	147.73	156.37	5.53
285.00	34.28	35.64	1.35	3.80	149.44	160.19	6.71
300.00	36.00	37.78	1.78	4.70	161.62	175.09	7.69
315.00	36.38	39.29	2.91	7.39	172.62	195.51	11.71
330.00	35.69	37.18	1.49	4.00	173.09	189.81	8.81
345.00	32.89	35.84	2.95	8.22	153.43	173.66	11.65
360.00	31.67	33.68	2.01	5.97	135.29	159.00	14.91
<hr/>							
0.00	30.83	34.02	3.19	9.37	125.68	152.58	17.60

mittlere RADIUS-Kontraktionsamplitude (mm) = 3.19 (-----)
in Prozenten der Diastole (%) = 9.37 (- - -)
mittlere SEGMENT-Flächenveränderung (mm²) = 26.90
in Prozenten der Diastole (%) = 17.60 (o o o)
Fläche der DIASTOLE (cm²) = 36.62
Fläche der SYSTOLE (cm²) = 30.16

Univ. Doz. Dr. W. REITERER FCCP

deutung zu, weil durch die sekundenschnelle Manipulation des Datenmaterials Abhängigkeiten und Zusammenhänge erkannt, aber auch Meßwerts und Eingabefehler aufgespürt werden.

Das eingesetzte PC-System verfügt über einen grafikfähigen Sichtschirm. Das konstruierte Bild kann auf einer Diskette archiviert und über den eingebauten Thermodrucker am HP-85 oder über den grafikfähigen Drucker (Matrixdruck) ausgegeben werden. Abbildungen hoher Qualität (Unterlagen für Reproduktionen, Dias, Folien und Poster) werden durch den rechnergesteuerten Plotter (HP 7225B) erzeugt. Durch ein Schriftprogramm läßt sich die optische Wirkung des Textes bei Diaprojektionen verbessern.

2.1. Ergometrie (2-Minuten-Stufentest)

Von mir wurde 1973 eine Methode zur Leistungsprüfung unter Non-steady-state-Belastung vorgestellt und als rektangulär-triangularäre Fahrradergometrie bezeichnet (12, 13). Die Begründung für die klinische Brauchbarkeit dieser Methodik wurde durch die Erarbeitung von ergospirometrischen Normalwerten erbracht. Durch weiterführende Meßwerte (anaerobe Energie [14], anaerobe Schwelle [16]) gelang eine umfassende Beschreibung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Trainierten, Normalpersonen und Patienten. Dieses Leistungsmodell wird seit 1978 (4) als kardiologischer Standardtest in Österreich empfohlen. Die Abbildung 3 zeigt die Umsetzung der Meßwerte der einfachen Ergometrie (Wattstufe, Zeit-

dauer, Herzfrequenz, systolischer Blutdruck) in eine Graphik. Zusätzlich werden der Beginn einer abnormen Reaktion (signifikante EKG-Veränderung, Angina pectoris u. a.) und die erreichte maximale Leistung in Relation zum Sollwert hervorgehoben. Mit einem Kommentar versehen, steht ein aussagekräftiger Befund sofort zur Verfügung.

2.2. Lungenvolumina und Atemmechanik

Eine aufwendige Funktionsdiagnostik verliert erheblich an praktischer Bedeutung, wenn der Informationsfluß zu träge ist, wenn es Tage oder Wochen dauert, bis der Befund vorliegt. Notwendige Entscheidungen werden verzögert und der kostenintensive Spitalsaufenthalt eines Patienten verlängert. Um dieses Problem bei atemphysiologischen Untersuchungen zu unterbinden, erstelle ich unmittelbar nach der Untersuchung (Spirometrie, Flow-Volumen-Analyse, Bodyplethysmographie) einen Kurzbericht mit Hilfe des Taschenrechners HP 41CV. Dieser Bericht findet auf Grund der geringen Größe leicht auf der Fieberkurve des Patienten Platz und enthält neben den Meßwerten zusätzlich das Ergebnis der Blutgasanalyse sowie das Datum und die Uhrzeit.

Für die eigentliche Befundausgabe verwende ich bislang das standardisierte Befundprotokoll der Arbeitsgemeinschaft für klinische Atemphysiologie und ergänze den Kommentar mit einer Graphik über die Relation der Lungenvolumina (Residualvolumen, Vitalkapazität) und die momentanen Flußwerte und Atemwegswiderstände im forcierten Atemstoß mitexpiratorisch (50% - FVC) und endexpiratorisch (25% - FVC). Im Vergleich zum Normalwertsbereich wird die Abweichung des Erkrankten von der Norm und der Schweregrad der Limitierung transparent (Abb. 2). Ein weiterer Schritt zu einer dreidimensionalen Darstellung der Volumen-Fluß-Druckwerte im Atemstoß im Sinne eines CAD (computer aided design) läßt sich auch mit diesem PC realisieren.

2.3. Zentrale Hämodynamik

Zur Illustration der erhobenen Daten der zentralen Hämodynamik (siehe 1.2.) wird bei Bedarf eine Funktionskurve des Herzens aus den Meßwerten enddiastolischer Pulmonalarteriendruck (PAEDP) und Volumenleistung (Herzindex, Herzminutenvolumen/m² KO, CI) konstruiert. Im Vergleich zur Normalperson (laboreigene Normalwerte) tritt das Funktionsmuster des Erkrankten klar hervor. Die Einordnung des Schweregrades der Störung nach funktionellen Gesichtspunkten gelingt leichter, und die Wirkung einer pharmakologischen Akutintervention läßt auf eine mögliche Reversibilität der Funktionsstörung schließen (Abb. 3).

2.4. Echokardiographie (zweidimensional) – regionale Bewegungsanalyse

Die hohe zeitliche Auflösung von Bewegungen der Herzkonturen durch die echokardiographische Bildanalyse (z. B. 30 Bilder pro Sekunde) im zweidimensionalen Verfahren (Sonoline SL 2, Siemens) ermöglicht eine Aussage über die regionale Wandbewegung. Während leistungsfähige

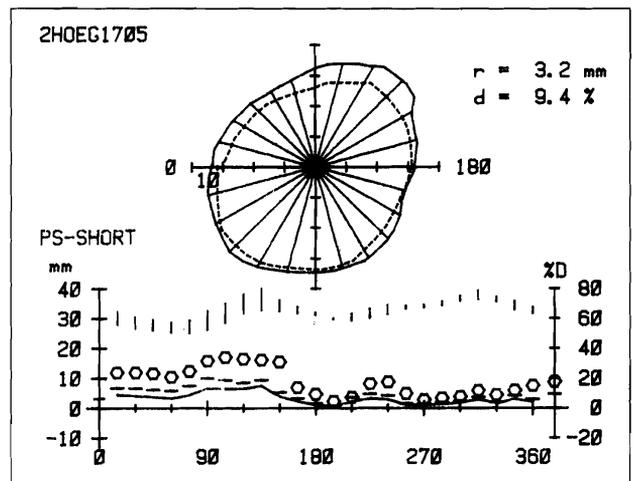


Abb. 4. Radiäre und segmentale Bewegungsanalyse einer echokardiographisch bestimmten Herzsilhouette. Entlang des Umfangs (0 bis 360 Grad) sind die absoluten Längenänderungen der Radien (senkrechte Striche), die Differenz der Veränderung (kontinuierliche horizontale Linie), die prozentuale Radienveränderung (unterbrochene Striche) und die prozentuale Veränderung der Flächen (da%D, kleine Kreise) eingetragen (siehe auch Tabelle 2 und Text).

hige Rechenanlagen für die automatisierte Konturfundungs- und Bewegungsanalyse eingesetzt werden (5, 8, 22), sollte mit dem vorhandenen PC-System eine Beschreibung der radiären Veränderungen zwischen Systole und Diastole gelingen. Das entwickelte Programm digitalisiert beliebig ausgewählte Herzschnitte (parasternal short axis, apical long axis) von echokardiographischen Untersuchungen. Bei der Programmversion 1.0 werden die Figuren der Systole und Diastole über den Flächenschwerpunkten zur Deckung gebracht und auf einen gemeinsamen Bezugspunkt hin rotiert. Bei der Version 2.0 wird die räumliche Lageänderung insofern berücksichtigt, als der Flächenschwerpunkt der systolischen Figur nicht mehr mit dem Schwerpunkt der diastolischen Figur zur Deckung gebracht wird, sondern die systolische Figur wird nach 3 Fixpunkten ausgerichtet. Die Auswertung beschreibt die Radien- und Segmentflächenveränderungen mittels einer Datenmatrix (maximal 48 Abschnitte) und setzt die Berechnungen in eine Graphik um (Abb. 4). Als Bezugspunkt für die Winkелеinteilung (0-Punkt) wird eine markante Herzkontur (z. B. ein Papillarmuskel) ausgewählt. Die Bewegungsanalyse bezieht sich auf einen Patienten mit arterieller Hypertonie und manifester Linksherzinsuffizienz. Bei einem vergrößerten Querdurchmesser des linken Ventrikels in Höhe der Papillarmuskel fällt eine minimale Konturveränderung (Diastole/Systole) auf. In der Verlaufskontrolle läßt sich die Besserung der Herzfunktion an Hand der Größenveränderung und Zunahme der Kontraktionsamplitude quantifizieren.

3. Statistik

Zur Bearbeitung medizinisch-wissenschaftlicher Daten werden zumeist von den PC-Herstellern Programmpakete angeboten, die den üblichen Anforderungen genügen (parametrische und nichtparametrische Verfahren zur

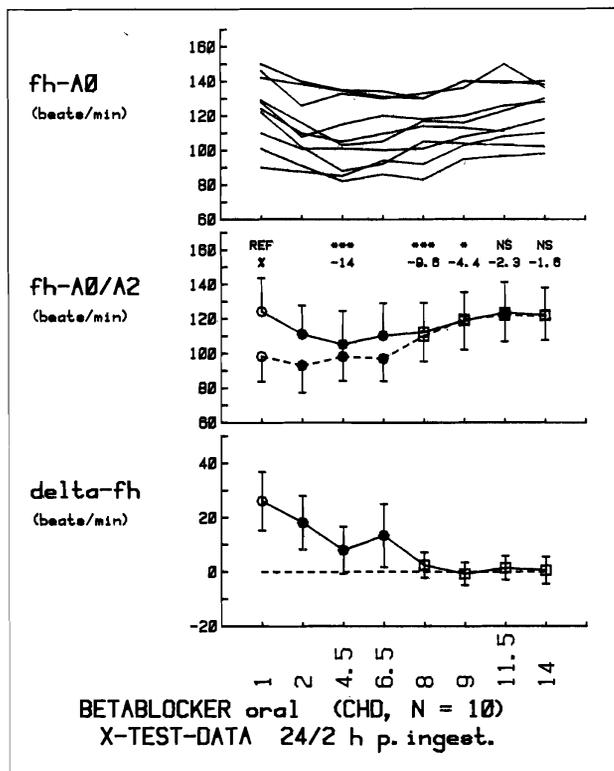


Abb. 5. Dreiteilige Graphik zur Darstellung einer Medikamentenwirkung (Erklärung im Text unter „3. Statistik“).

Beschreibung von Stichproben, Signifikanztests, Korrelations-, Varianz- und Kovarianzanalyse). Auf Grund der Speicherkapazität sind der verwendeten Datenmenge und der Komplexität der Programme (2, 21) Grenzen auferlegt.

Für ein neuentwickeltes Programm wurde eine Datenobergrenze von 2000 Beobachtungen festgelegt, entsprechend einer Datenmatrix von 130×15 (130 Reihen à 15 Variablen oder zeitlich konsekutiven Beobachtungen). Durch Auftrennung des vormaligen Hauptprogrammes in Teilsegmente (Eingabe, Ausgabe, Statistik, Graphik) werden somit auch mit diesem PC umfangreichere Rechenaufgaben einer Lösung zugeführt. An Hand der Abbildung 5 möchte ich die praktische Anwendung des Programmes „Array“ erklären. Die verwendeten Daten stammen aus einer klinisch-pharmakologischen Untersuchung zur Beschreibung des Wirkungseintrittes und der Wirkdauer eines Betablockers. In der dreiteiligen Graphik, die nur auf dem Plotter gezeichnet werden kann (am Screen des PC findet nur eine Graphik Platz), werden 2 Datenmatrizen eingesetzt: Die Matrix fh-A0 enthält die Herzfrequenzwerte unter körperlicher Belastung (A) zum Zeitpunkt 24 Stunden (0) nach Einnahme des Medikamentes, die Matrix fh-A2 die Daten 2 Stunden (2) nach Einnahme des Medikamentes. Vom 1. bis zum 7. Tag wurde der Betablocker verabreicht (5 mg Carazolol am Morgen), vom 8. bis zum 14. Tag ein Placebo. Wegen der zu geringen Besetzung wurden die Tage 4 bis 5, 6 bis 7 und 11 bis 12 programmgesteuert gemittelt und mit den jeweiligen Bezeichnungen 4.5, 6.5 und 11.5 kodiert.

Von oben nach unten gesehen zeigt der 1. Teil der Abbildung den Trend der einzelnen Beobachtungen (Patient Nummer 1 bis 10) fh-A0. Die mittlere Abbildung beschreibt die Mittelwerte mit der Standardabweichung für die Beobachtungen fh-A0 (+s, kontinuierliche Linie) und fh-A2 (-s, strichlierte Linie). Da am 1. Tag noch keine „Restwirkung“ von einer Vorbehandlung – außer von einem Placebo – besteht, ist dieser Tag mit einem offenen Kreis markiert, die darauffolgenden Verum-Tage durch volle Kreise. Die Tage, an denen ein Placebo verabreicht wurde, sind durch offene Quadrate gekennzeichnet. Im oberen Teil der 2. Abbildung ist die prozentuelle Abweichung der fh-A0-Werte vom 1. Tag (Referenz = 100%) mit der statistischen Signifikanz (t-Test für paarweise Versuchsanordnung) eingetragen. Die Berechnungen erfolgen programmgesteuert. Der untere Anteil der Graphik zeigt die Differenz zwischen den fh-A0- und fh-A2-Werten (Differenzwert zwischen den beiden Matrizen). Ab dem Beobachtungstag 4.5 beträgt die mittlere Differenz zwischen den Belastungsherzfrequenzen 24 und 2 Stunden nach Einnahme des Betablockers bei 10 beats/min. In der „Therapiephase“ mit dem Placebo fehlt eine Schwankung zwischen dem 24- und 2-Stunden-Wert als Beweis der wirkstofffreien Behandlung. Auf Grund der mittleren Abbildung kann geschlossen werden, daß eine Restwirkung des Betablockers bis zum Tag 9 (2. Tag mit Placebo) weiterbesteht, da der fh-A0-Wert sich noch signifikant vom Ausgangswert (fh-A0 am Tag 1) unterscheidet ($2p < 0,10$).

Aus der Datenmatrix können Beobachtungsreihen paarweise abgetrennt werden, um z. B. den Einfluß des Ausgangswertes auf den Effekt der Intervention zu studieren. Bezogen auf das gewählte Beispiel wird hiermit die Frage beantwortet, in welchem Ausmaße hohe und niedrige Belastungsfrequenzen durch den Betablocker vermindert werden. Durch die Einbeziehung einer weiteren Datenmatrix (z. B. Blutdruckwerte) kann graphisch und statistisch untersucht werden, inwieweit die einzelnen Meßwertveränderungen (Herzfrequenz-, Blutdruckabfall in Absolutwerten oder in Prozenten des Referenzwertes) sich gegenseitig beeinflussen. Die errechneten statistischen Maßzahlen sind neben der Prüfung durch Signifikanzschranken auf ihre praktisch-klinische Bedeutung hin zu untersuchen (Sicherung von Unterschieden in der Medikamentenwirkung, Beziehung zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen – prädiktiver Wert einer Korrelation). Mit Hilfe des vorgestellten EDV-Programmes kann die Graphik aus bis zu 6 Einzeldarstellungen von Meßwerten aufgebaut werden, um mögliche Zusammenhänge an Hand der Graphik zu erkennen und durch weiterführende Statistik zu bewerten (mehrdimensionale Betrachtung von physiologischen Parametern).

Diskussion

Der vorgestellte Einsatzbereich des PC-Systems betrifft die off-line-Bearbeitung von Daten und Textmaterial im Rahmen der Herz-Lungen-Funktionsdiagnostik in Klinik und Praxis. Zusätzlich wird eine medizinisch-wis-

senschaftliche Tätigkeit unterstützt durch die Archivierung der eigenen Literatursammlung und die statistische Bearbeitung und graphische Darstellung medizinischer Daten.

Wie notwendig und sinnvoll die Verwendung eines derartigen Systems im einzelnen sein wird, könnte durch die Bedachtnahme auf nachstehende Problemstellungen beantwortet werden. Die Abnahme der Gerätekosten (Hardware) mit beträchtlicher Steigerung der Rechenleistung und Erhöhung der Speicherkapazitäten erleichtert den Einstieg als Anwender eines PC-Systems. Eine optimale Nutzung des EDV-Systems ist nur dann zu erwarten, wenn grundlegende EDV-Kenntnisse erworben wurden und wenigstens eine Computersprache (z. B. Basic) beherrscht wird. Die Kosten für die Software (Programme) werden dadurch erheblich gesenkt, da neben der Erstellung von eigenen Programmen vorhandene Softwarepakete den wechselnden Anforderungen leichter angepaßt werden können. Durch die Entwicklung von großen Speichermedien (20 bis 40 MByte), die von PC verwaltet werden, ergeben sich neue Gesichtspunkte in der Anlage von Datenbanken (z. B. Literatursammlung). Durch den Zusammenschluß von „netzfähigen“ (mehrplatzfähigen) PC und durch die verbesserten Möglichkeiten der Datenfernübertragung werden die Zugriffsmöglichkeiten auf Datenbanken (z. B. Patientenregister für stationäre Patienten, für Spezialambulanzen) einem breiteren Anwenderkreis zur Verfügung stehen (1).

Die Datenspeicherung und die Wiederauffindung von Informationen setzen voraus, daß ein standardisiertes Vokabular erarbeitet ist und die Information in ein einheitliches Format umgesetzt werden kann. Damit eine Datenspeicherung nicht nur als Prestigeobjekt eingesetzt wird, ist reiflich zu überlegen, welche Arbeitsschritte vereinfacht und beschleunigt werden können, ob eine Plausibilitätsprüfung der Daten und eine Kontrolle über den Zugriff zu den Daten gewährleistet sein wird und welche Entscheidungen und Planungen zukünftig unterstützt werden können. Praktische Gesichtspunkte wären die Kontrolle der Medikamenteninteraktion, die Rezeptur im Hinblick auf eine allergische Disposition des Patienten und im weiteren Sinne die Gewichtung von Symptomen und diagnostischen Untersuchungen zur Verbesserung der medizinischen Entscheidungs- und Diagnosestrategie.

Als wesentliches Einsatz- und Aufgabengebiet eines PC sehe ich die Beschleunigung des medizinischen Datenflusses (Informatik) und die Verbesserung der Lesbarkeit und Präsentation von Befunden durch Graphiken. Die Bewertung der Daten sollte von einer rein binären Denkstrategie (Ja/Nein; Sensitivität und Spezifität „einer“ Untersuchung) hinführen zu einer Wertung in Kategorien (z. B. Schweregrad der Funktionsstörungen) und Wahrscheinlichkeiten (2, 6, 21). Als praktische Anwendung des PC-Systems wurde die graphische Umsetzung von ergometrischen, hämodynamischen und atemphysiologischen Befunden vorgestellt (18). Die Graphiken sollen das Verständnis für klinisch-physiologische Befunde und das Wissen über die Funktionsreserven von Organsystemen im

Sinne einer Weiter- und Fortbildung pflegen als rationale Basis für die Diagnostik und Therapie. Die Übermittlung medizinischer Daten und Befunde wird als großes Problem der Hochtechnologie in der Medizin angesehen (1). Der Wert und die Aussagekraft von Untersuchungen verlieren erheblich an Bedeutung, wenn nicht kurzfristig eine Bewertung der Untersuchungsdaten vorgenommen werden kann, um den Ablauf der weiteren Diagnostik zu steuern und um Empfehlungen zur Optimierung der Therapie abzuleiten. Eine Beschleunigung des medizinischen Informationsflusses ist somit als wesentlicher Faktor zur Kostenkontrolle im Gesundheitswesen anzusehen. Folglich sollten überflüssige (redundante) diagnostische Schritte unterbleiben, wenn sich keine Konsequenz hinsichtlich der Patientenbetreuung aus diagnostischer (Probabilitätsgrad) und therapeutischer Sicht ergeben. Auf Grund der langjährigen persönlichen Erfahrung ist der Einsatz der Datenverarbeitung – on-line und offline – in der kardiopulmonalen Funktionsdiagnostik die Voraussetzung zur Optimierung der medizinischen Informatik (Befundfluß) (3, 11, 15, 20). Als Beispiel für die Erstellung eines Kurzbefundes, der auf das Datenblatt des Patienten geklebt werden kann, sei auf die Abbildung 2 verwiesen. Neben der Beschleunigung des Datenflusses ist die hauptsächliche Begründung für den Einsatz der Datenverarbeitung, eines PC-Systems, in der Bewältigung von komplexen, rechenintensiven Aufgaben zu sehen. Als Beispiele wurden die Konturanalyse von zweidimensionalen Echokardiographiebildern und die Bearbeitung von medizinisch-wissenschaftlichen Daten mit der Umsetzung in Graphiken vorgestellt. Die Aufgabe der computerunterstützten Graphiken bei den statischen Untersuchungen sehe ich darin, dem Untersucher und Leser „optisch“ zu zeigen, für welche Konstellation und Dimension von Ausgangswerten und -bedingungen der Rückschluß über Effekte der Intervention gelten mag (7).

Als Zielsetzung des Einsatzes eines PC-Systems können angesehen werden, die Erweiterung des Gedächtnisses (Datenbank), eine Entscheidungshilfe im Sinne einer künstlichen Intelligenz (Informatik, Statistik) und die Dressur eines Arbeitstieres (Programme für Textverarbeitung, Datenverarbeitung und Graphiken). Die Beschleunigung des Informationsflusses (medizinische Informatik) ist als ein wesentlicher Faktor zur Kostenkontrolle im Gesundheitswesen anzuerkennen.

Die Untersuchungen wurden unterstützt aus Mitteln des Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank und durch einen Forschungsgrant der Marion Laboratories, USA.

Literatur

- (1) Barnett, O. G.: The application of computer-based medical-record systems in ambulatory practice. *N. Engl. J. Med.* 310, 1643 (1984).
- (2) McCarthy, D. M., Sciacca, R. R., Blood, D. K., Cannon, P. J.: Discriminant function analysis using thallium-201 scintiscans and exercise stress test variables to predict the presence and extent of coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 49, 1917 (1982).
- (3) Ducrot, H.: Où en est l'informatique médicale? *Nouv. Presse Méd.* 9, 1681 (1980).

- (4) Empfehlungen für eine standardisierte Ergometrie. Arbeitsgemeinschaft für Ergometrie der Österr. Kardiolog. Ges. Österr. Ärzteg. 33, 333 (1978).
- (5) Grube, E., Mathers, F., Backs, B., Lüderitz, B.: Automatische und halbautomatische Konturfundung des linken Ventrikels im zweidimensionalen Echokardiogramm. Z. Kardiol. 74, 15 (1985).
- (6) Guggenmoos-Holzmann, I.: Klinische Entscheidungsfindung und Expertensysteme. In: Verhandl. Deutsch. Ges. Innere Med., Hrsg. J. F. Bergmann, 91. Bd., S. 383. München 1985.
- (7) Hansert, E.: Sinn und Unsinn der Anwendung statistischer Verfahren in der Medizin. Med. Klinik 74, 1145 (1979).
- (8) Krebs, W., Schweizer, P.: Computerverarbeitung ein- und zweidimensionaler Echokardiogramme. Biomed. Techn. 24, 242 (1979).
- (9) Lych, T. R.: A new world of personal/professional computation. Hewlett-Packard J. 31, 3 (1980).
- (10) Mills, N. A., Russel, C. H., Henscheid, K. R.: Enhanced BASIC language for a personal computer. Hewlett-Packard J. 31, 26 (1980).
- (11) Mossard, J. M., Baruthio, J., Brechenmacher, C., Niederberger, B., Dickele, M. C., et al.: Application d'un système informatique à l'exploration fonctionnelle cardiaque II. Résultats et intérêt clinique. J. Méd. Strasbourg 11, 539 (1980).
- (12) Reiterer, W.: Methodik eines rektangulär-triangularen Belastungstests. Herz/Kreislauf 7, 457 (1975).
- (13) Reiterer, W.: Evaluation of physical performance by rectangular-triangular bicycle ergometry and computer assisted ergospirometry. Basic Res. Cardiol. 71, 482 (1976).
- (14) Reiterer, W.: On-line Analyse von anaerober Energiebereitstellung und Sauerstoffschuld während rektangulär-triangularer Fahrradergometrie. Wien. klin. Wschr. 88, 527 (1976).
- (15) Reiterer, W.: Computer assisted evaluation of ergospirometric parameters and central hemodynamics in exercise testing. Computers in Cardiology. IEEE 76CH1160-1C, S. 265. St. Louis 1976.
- (16) Reiterer, W., Czitober, H.: Neue Aspekte zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Verhandl. Deutsch. Ges. Innere Med. 83. Bd., S. 1764. Hrsg.: B. Schlegel, J. F. Bergmann, München 1977.
- (17) Reiterer, W.: Kriterien der körperlichen Leistungsfähigkeit. Limitierende Faktoren und diagnostische Kriterien des Ausdauerleistungsvermögens. Wien. med. Wschr. 127 (Suppl. 42), (1977).
- (18) Reiterer, W.: Overcoming informational problems at a cardio-pulmonary function lab by off-line data processing. Computers in Cardiology. IEEE 81CH1750-9, S. 129. Florence 1981.
- (19) Reiterer, W.: Verhalten des Atemwegwiderstandes während der forcierten maximalen Expiration. Arbeitsgemeinschaft für klinische Atemphysiologie, Arbeitstagung 1980. Wien. med. Wschr. 131 (Suppl. 66), 10 (1981).
- (20) Rittel, H. F., Waterloh, E., Rössmann, K., Schön, F. A.: Klein- und Großrechner-Einsatz bei Lungenfunktionsuntersuchungen. Prax. Pneumol. 31, 1 (1977).
- (21) Schneider, B.: Bayesian Models for Clinical Studies. Meth. Inform. Med. 23, 147 (1984).
- (22) Schnittger, I., Fitzgerald, P. J., Gordon, E. P., Alderman, E. L., Popp, R. L.: Computerized quantitative analysis of left ventricular wall motion by two-dimensional echocardiography. Circulation 70, 242 (1984).