

**BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY**

**TERAZ**

**11** (269)

**12** (270)

**1984**

PL ISSN 0239-6645

Nr ind. 35309

P. 2 900/84

Kolegium Redakcyjne:  
mgr A. Chróścielewska, dr inż. J. Dyczkowski (redaktor naczelny),  
mgr J. Kutrowska (sekretarz redakcji),

Rada Programowa:  
inż. J. Bartak, inż. D. Łochocki, mgr S. Majchrzak  
mgr inż. A. Musielak, inż. H. Oleksy, mgr inż. H. Piłko,  
dr inż. B. Piwowar, dr hab. inż. K. Urbaniec

#### Warunki prenumeraty

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW "Prasa-Książka-Ruch", w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW – w urzędach pocztowych. Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli. Prenumeratę roczną w cenie 1896zł należy zamawiać do 25 listopada na rok następny, półroczną do 10 czerwca na II półrocze.

W związku z licznymi pytaniami Czytelników Redakcja Biuletynu Techniczno-Informacyjnego MFRA uprzejmie informuje, że zamówienia na prenumeratę naszego czasopisma na rok 1985 można jeszcze składać na adres Redakcji. Jednocześnie zawiadamiamy, że dysponujemy niektórymi numerami archiwalnymi z ubiegłych lat.



P. 2900/84

# ZRZESZENIE PRODUCENTÓW ŚRODKÓW INFORMATYKI, AUTOMATYKI i APARATURY POMIAROWEJ „MERA”

## BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY

Warszawa, listopad - grudzień 1984

## SPIS TREŚCI

Do Czytelników Biuletynu Techniczno-Informacyjnego MERA .....		3
K. Badźmirowski	Perspektywy rozwoju zastosowań techniki komputerowej w służbie zdrowia .....	4
J. Hausmanowa-Petrusewicz S. J. Kopeć	Zastosowanie komputeryzacji w Warszawskiej Klinice Neurologicznej .....	11
A. Brodziak	Pojęciowe podstawy tomografii magnetyczno-rezonansowej. Medycyna magnetyczno-rezonansowa. Tomografia NMR. Czasy relaksacji $T_1$ /spin-siatka/ i $T_2$ /spin-spin/ oraz metody ich pomiarów.....	18
J. Brach K. Barcikowski A. Zawojski	Informatyczny System Zbierania i Przetwarzania Danych Medycznych UNISYS .....	36
P. Jasiński M. Szymańska	KARDIOKOD - Komputerowy system baz danych o pacjentach z chorobami układu krążenia .....	40
D. Pajewska A. Goleń A. Musioł	Regionalny bank krwi .....	44
A. Kupiec M. Kulisiewicz	Programy użytkowe dla potrzeb anestezjologii i intensywnej terapii na bazie mikrokomputerów "ZXB1" oraz "TELEPUTER 3" .....	53
K. Frączkowski L. Pośpiech	Możliwości wykorzystania techniki komputerowej w badaniach elektronystagmograficznych.....	60
K. Gwóźdź E. Gasek L. Wolański	Informatyczny system dokumentowania opieki położniczej nad ciężarną INFO-PART /S.I.P./.....	62
W. Karwat	Stan zastosowań informatyki w obiektach służby zdrowia oraz perspektywy ich rozwoju .....	70

Opracowanie: Redakcja Biuletynu Techniczno-Informacyjnego "Mera", ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa /tel. 12-90-11 wew. 17-54/. Wydawca: Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej "Mera-Pnefal", ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa, Zam. 220/84. Nakład 1200 egz.

## DO CZYTELNIKÓW

# BIULETYNU TECHNICZNO-INFORMACYJNEGO "MERA"

W dniach 15-17 maja 1984 r. we Wrocławiu odbyła się konferencja "Prezentacja wybranych zastosowań komputerów w medycynie". Organizatorem konferencji był Zakład Elektronicznej Techniki Obliczeniowej we Wrocławiu.

Na konferencji wygłoszono 31 referatów i komunikatów stanowiących przegląd wybranych zastosowań komputerów w medycynie w kraju. Część wygłoszonych referatów została opublikowana w nr 3-4 biuletynu ZETO WROCLAW "Informacje i komunikaty". Niektóre z referatów zostały opublikowane w oddzielnie wydanych materiałach konferencyjnych. Dodatkowo odbyła się prezentacja sprzętu komputerowego firm zagranicznych, w której wzięły udział ELORG, KOVO, ROBOTRON, Hewlett Packard, ICL, REDIFUSION. W ostatnim dniu konferencji został zaprezentowany również sprzęt krajowy związany z zastosowaniami w medycynie: minikomputery SM4 i MERA 60, mikrokomputery MERA 100, ELWRO 513, PSPD 90, system przyłóżkowy S-8000, ultrasonograf USG-30P oraz zestaw do akupunktury opracowany w IV Klinice Chorób Wewnętrznych Śląskiej Akademii Medycznej. Duża ilość uczestników konferencji świadczyła o rosnącym zainteresowaniu informatyków zagadnieniami wykorzystania komputerów w medycynie.

Redakcja Biuletynu MERA zwróciła się do uczestników konferencji z prośbą o przygotowanie artykułów ilustrujących obecny stan prac nad zastosowaniami techniki obliczeniowej w medycynie. Nadesłane materiały zostały zebrane w obecnym monotematycznym numerze Biuletynu MERA. Wśród nich znajduje się zarówno przeglądowy artykuł W. Karwata "Stan zastosowań informatyki w obiektach służby zdrowia oraz perspektywy ich rozwoju", jak i specjalistyczny K. Frączkowskiego i L. Pośpiech "Możliwości wykorzystania techniki komputerowej w badaniach elektronystagmograficznych".

Prezentowane artykuły stanowią przegląd postępu, jaki dokonał się w dziedzinie medycyny i ochrony zdrowia przez wprowadzenie techniki komputerowej, konkretne prace badawcze i wdrożeniowe prowadzone są w większości Akademii Medycznych i wyższych szkół technicznych w kraju oraz w wielu innych placówkach specjalizujących się w tej tematyce. Wiele zastosowań jest na tyle dojrzałych technicznie, iż winny być opanowane przemysłowo i szeroko wdrożone do praktyki medycznej.

Obecny numer monotematyczny Biuletynu MERA zapoznaje inżynierów pracujących w przemyśle z zastosowaniami techniki komputerowej w medycynie. Ma to istotne znaczenie zarówno dla medycyny w kraju, jak i dla eksportu polskiego przemysłu. Znaczna część wymiany towarowej w sferze techniki obliczeniowej w latach 1986-90 będzie realizowana w ramach tzw. systemów problemowo-zorientowanych /ros. POK problemno-orientowanymi kompleksy/. Zagadnienie to było już prezentowane na łamach Biuletynu MERA.

Obecnie w kraju konieczne jest wypracowanie konkretnych mechanizmów współpracy między szeroko rozumianym środowiskiem medycznym, a przemysłem komputerowym także po to, aby osiągnięcia krajowej myśli medycznej mogły być przedmiotem eksportu.

Następnym istotnym wydarzeniem będzie przewidziana na 5-7 listopada 1985 r. we Wrocławiu międzynarodowa konferencja "Komputery w medycynie". Organizatorami konferencji są: Zrzeszenie Polskich Towarzystw Medycznych, Rada ds. Zastosowań Techniki Obliczeniowej Międzyrządowej Komisji Współpracy Krajów Socjalistycznych w ETO, oraz Zrzeszenie Producentów Środków Informatyki, Automatyki i Aparatury Pomiarowej MERA. Organizacja konferencji została powierzona ZETO WROCLAW / 58-069 WROCLAW ul. Ofiar Oświęcimskich 7/13 "Komputery w medycynie"/. Konferencja odbędzie się w salach konferencyjnych hotelu "Wrocław", w którym zamieszkają jej uczestnicy. Celem obrad będzie prezentacja medycznych systemów komputerowych ze szczególnym uwzględnieniem: intensywnej terapii, tomografii komputerowej, położnictwa i ginekologii, wspomaganie postępowania diagnostycznego. Ramowy program konferencji przewiduje:

1. Przegląd medycznych systemów komputerowych i wymianę doświadczeń.
2. Omówienie programów rozwoju zastosowań komputerów w medycynie w poszczególnych krajach.
3. Przegląd sprzętu komputerowego, urządzeń specjalizowanych i aparatury medycznej.
4. Omówienie tendencji rozwoju sprzętu komputerowego i aparatury medycznej.
5. Przedyskutowanie doświadczeń wdrażania sprzętu komputerowego w służbie zdrowia w poszczególnych krajach.

Kończąc uwagi na temat zastosowań techniki obliczeniowej w kraju chcę podkreślić, iż znajdujemy się w początkowej fazie wdrożeń. Konieczna jest mobilizacja zarówno inżynierów jak i medyków, aby uzyskać zamierzone efekty. Wagi tych zagadnień nie powinniśmy uświadamiać sobie obserwując krzywe EKG swojego serca w sali intensywnej terapii, czy widząc przekroje własnego mózgu na tomografie NMR.

REDAKTOR NACZELNY  
dr inż. Jerzy Dyczkowski

## PERSPEKTYWY ROZWOJU ZASTOSOWAŃ

### TECHNIKI KOMPUTEROWEJ W SŁUŻBIE ZDROWIA

Informatyka - jako dziedzina zajmująca się zbieraniem, magazynowaniem i przetwarzaniem informacji jest coraz szerzej wykorzystywana w medycynie. W ośrodkach medycznych wielka ilość informacji liczbowych przekracza możliwość ich przeanalizowania tradycyjnymi metodami. Z pomocą lekarzom przysia technika komputerowa.

Wyposażenie w sprzęt komputerowy stosowany zarówno do celów klinicznych jak i administracyjnych wykazuje, że ten rodzaj inwestycji bardzo opłaca się. Znajduje to potwierdzenie w krajach o wysokim poziomie techniki.

Komputer z jego naturalnymi zdolnościami pamiętania i operowania złożonymi zbiorami danych, szybkiej realizacji skomplikowanych obliczeń, sterowania zorganizowanymi obiektami w czasie rzeczywistym, edycji wyników w formie ułatwiającej ich interpretację itp., powinien stać się nieodłącznym narzędziem wykonywania wielu czynności w medycynie. Wykorzystanie komputerów pozwoli przenieść znaczną część obciążeń polegających na gromadzeniu, przetwarzaniu i przedstawianiu informacji, które do tej pory wykonywał człowiek - na system komputerowy. Użycie komputerów w medycynie może zatem zmniejszyć obciążenie lekarza, a jednocześnie zwiększyć sprawność jego działania [1].

#### Charakterystyka zastosowań techniki komputerowej w medycynie

Ujęcie problematyki medycznych systemów informatycznych może być różnorodne. Można to czynić np. przez opisy już istniejących systemów. Takie podejście dominuje na wielu konferencjach, nie daje ono jednak obrazu potrzeb i możliwości komputeryzacji określonej dziedziny. Korzystniejsze jest podejście analityczne, w którym do charakterystyki problemu korzysta się z wymiarów, takich jak: typ działalności, typ zadań, funkcje komputera. Stosując to podejście można dokonać bilansu potrzeb określonych przez daną dziedzinę aplikacyjną /w tym przypadku jest to medycyna/ i zasobów komputerowych stawianych do dyspozycji projektantów systemu.

Można przyjąć, że główne obszary działalności to:

- szpitale, kliniki,
- ośrodki zdrowia, przychodnie lekarskie,
- badania naukowe,
- nauczanie zawodowe,
- administracja.

W działalności typu "Szpital, Klinika" zawarte są następujące typy zadań:

1. Manipulacja danymi o pacjencie.
2. Sterowanie aparaturą sali operacyjnej i akwizycja danych.
3. Sterowanie aparaturą terapeutyczną i akwizycja danych.
4. Sterowanie aparaturą laboratoryjną i akwizycja danych.
5. Nadzór pracy sali operacyjnej.
6. Nadzór zabiegu terapeutycznego.
7. Nadzór eksperymentu laboratoryjnego.
8. Manipulacja danymi zaplecza.
9. Manipulacja danymi administracji.

Jeżeli każdemu zadaniu przypiszemy procesor /wirtualny lub rzeczywisty/, uzyskamy w ten sposób obraz systemu dostosowanego do potrzeb określonego stanowiska pracy. Weźmy jako przykład stanowisko lekarza ambulatorium, który przyjmując /lecząc/ pacjenta musi wykonywać następujące czynności:

- a/ założenie i kompletowanie rejestru systemu danych o pacjencie i jego chorobie,
- b/ wielostronne badanie pacjenta,
- c/ analizę jakości prowadzonej opieki /kuraacji/.

- Czynność a angażuje zadania 1, 9,
- Czynność b - zadania 3, 4, 7,
- Czynność c - zadania 1, 6, 7, 8, 9.

Niezbędny jest więc pewien środek komunikacji lekarza ambulatorium z tymi zadaniami; oznacza to, że procesory zadaniowo muszą być połączone siecią o określonym protokole współpracy, zaś lekarzowi musi być dostępny tzw. interfejs do modułów sieci charakteryzujący się dogodnym dla lekarza językiem [3].

Zastosowanie komputerów w szpitalu można szerzej omówić na podstawie wykorzystania ich do celów administracyjnych oraz klinicznych. Personel szpitala informuje komputer za pomocą specjalnych urządzeń wprowadzania danych o przyjęciu każdego nowego pacjenta, o stanie jego zdrowia, zaleceniach lekarza, potrzebie wykonania różnego rodzaju analiz, prześwietleń, badań laboratoryjnych oraz o pilności wykonania tych czynności. Na podstawie tych danych komputer prowadzi kartotekę wolnych i zajętych łóżek, przewidywanych terminów zwolnień, ustala taki rozkład badań, aby każdy pacjent mógł przejść bez zakłóceń cały cykl badań, a jednocześnie aby wykorzystanie poszczególnych urządzeń było możliwie duże.

Dużym ułatwieniem pracy dla personelu szpitalnego jest skomputeryzowanie banku krwi. Ponieważ szpital musi mieć odpowiedni zapas każdej z grup krwi, a jednocześnie krwi tej nie można przechowywać zbyt długo, a ponadto krwiodawca nie może oddawać jej zbyt często, komputer:

- rejestruje wszystkich dawców krwi z informacją o grupie i dacie ostatniego pobrania,
- zapisuje wszystkie wydatki i wpływy krwi do magazynu,
- oblicza potrzebny zapas każdej z grup krwi na najbliższy okres czasu,
- wybiera odpowiednich dawców,
- drukuje wezwania do oddania krwi przez tych dawców.

Komputerowy bank krwi działa obecnie w stacji krwiodawstwa w Katowicach. Wykonany został przez Centrum Informatyki i Badań Ekonomicznych Hutnictwa, w oparciu o komputer R32.

Automatyczne doglądanie pacjenta polega na pomiarze ważniejszych parametrów świadczących o stanie chorego, takich jak temperatura, ciśnienie krwi, oddech, elektryczna aktywność serca itp. Tego rodzaju stała kontrola stanu chorego jest roztoczona oczywiście tylko nad pacjentami, którzy znajdują się w sytuacji krytycznej, są przed operacją lub po operacji. Lżej chorzy nie wymagają tak intensywnej opieki.

Czujniki pomiarowe zainstalowane na ciele chorego są połączone przewodowo z różnego rodzaju aparaturą pomiarową, a ta z kolei jest połączona z komputerem. Jedno urządzenie może obsługiwać w ten sposób kilkunastu chorych. Otrzymuje ono od poszczególnych instrumentów wartości wszystkich istotnych parametrów, dotyczących każdego z chorych objętych opieką, porównuje te wartości z wartościami dopuszczalnymi, a następnie analizuje jak mierzone wartości zmieniają się w czasie. Czy mierzona temperatura wykazuje tendencję do wzrostu, czy też do spadku, czy oddech jest prawidłowy, czy też słabnie. Na podstawie takiej interpretacji pomiarów, urządzenie wykrywa sytuacje nienormalne lub groźne i na-

tychmiast wysyła sygnał ostrzegawczy do personelu medycznego.

Systemy intensywnego nadzoru kardiologicznego są opracowane przez Zakłady Elektronicznej Aparatury Medycznej w Zabrze.

Tego rodzaju system doglądania chorych pozwala mniejszej liczbie personelu rozłożyć lepszą opiekę nad większą liczbą chorych. Szczególnie przydatna jest pomoc komputera w czasie operacji. Otrzymuje on z sali operacyjnej wszelkie informacje od czujników zainstalowanych na ciele chorego, a swe własne informacje przesyła lekarzom za pomocą monitora ekranowego ustawionego przy stole operacyjnym. Jeśli w wyniku prowadzonej na bieżąco analizy ciśnienia krwi, akcji serca, oddechu, temperatury itp., komputer wykryje np. spadek ciśnienia krwi i osłabienie pulsu, to zanim pojawią się jakiegokolwiek objawy widoczne dla lekarzy, na ekranie monitora wyświetlony zostanie odpowiedni sygnał, co pozwala lekarzom przedsięwziąć akcję zapobiegawczą. W czasie operacji nowotworu mózgu analizuje zdjęcia rentgenowskie czaszki pacjenta, ustala na tej podstawie dokładną lokalizację nowotworu i tak steruje ustawieniem elektrod, aby było możliwe precyzyjne zniszczenie zdegenerowanej tkanki za pomocą energii fal elektromagnetycznych.

Bardzo obiecującą dziedziną zastosowań komputerów w medycynie jest analiza wyników badań aktywności biologicznej organizmu ludzkiego. Porównanie mierzonej aktywności /EKG, EEG, itp. / z wzorcami pozwala komputerowi przeprowadzić analizę i postawić właściwą diagnozę. Dzięki komputerowi przeprowadzenie badań komputerowych i analiz jest możliwe w znacznie krótszym czasie i dokładniej niż przy stosowaniu metod tradycyjnych.

Każdy pacjent może cierpieć z powodu jednej lub kilku z 10 000 chorób, wszystkie one mogą charakteryzować się w sumie około 100 000 symptomów, a lekarz może wydać jedno lub kilka ze 100 000 możliwych zaleceń. Prawidłowe postawienie diagnozy wymagałoby uwzględnienia całej wiedzy lekarskiej dotyczącej danego przypadku, a jednocześnie uwzględnienia faktu, że ta wiedza w niektórych dziedzinach niezwykle szybko starzeje się. Wystarczy przypomnieć, że 80% używanych obecnie leków nie znano przed 10 laty. W tej ogromnej masie informacji może zaprowadzić jakiś porządek jedynie zastosowanie komputera. Można bowiem zmagazynować w jego pamięci całą wiedzę lekarską uzupełnianą na bieżąco najnowszymi zdobyczami medycyny, a następnie udostępnić lekarzowi na żądanie, wszystkie informacje mogące mieć związek z jego pacjentem. Sprawi to, że lekarz będzie lepiej poinformowany, co umożliwi mu podjęcie słuszniejszej decyzji [2].

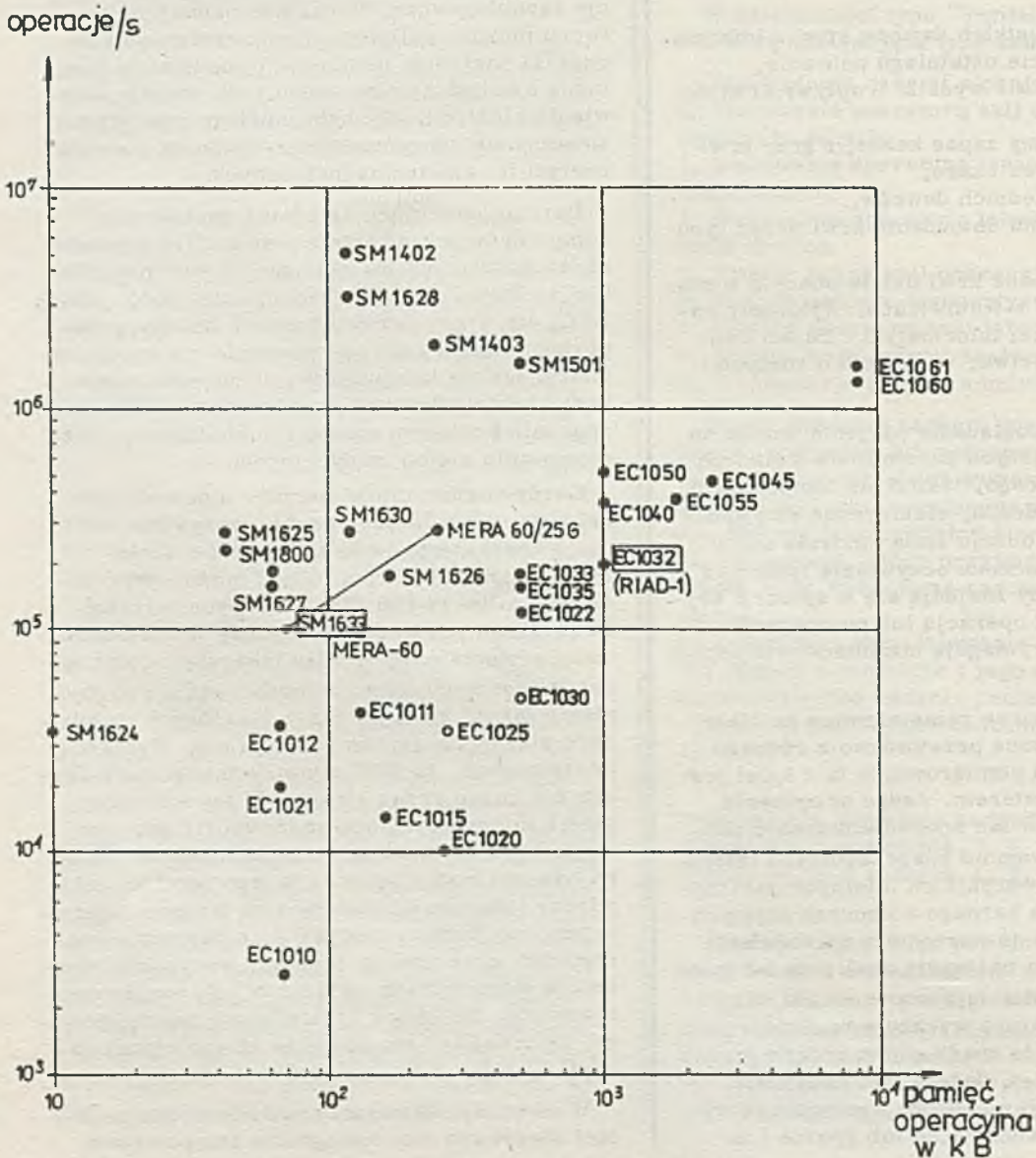
W radiologii klinicznej ostatnio coraz częściej stosowana jest tomografia komputerowa.

Wielu specjalistów wyraziło opinię, że jest ona najpoważniejszym osiągnięciem w tej dziedzinie medycyny od czasu, gdy po raz pierwszy wykorzystano w niej promienie X. Technika ta ułatwia dokładne zbadanie każdej części ciała. Szczególnie pożyteczna jest przy badaniu tkanek miękkich, ujawnia bowiem zmiany patologiczne, które normalnie można wykryć tylko metodą chirurgiczną. Determinuje ona również celowość przeprowadzenia przez lekarzy zabiegu operacyjnego. Całkowicie bezpieczną metodą tomograficzną jest zastosowanie tomografu NMR, opartego na wykorzystaniu zamiast promieni X magnetycznego rezonansu jądrowego. Tak doniosłe osiągnięcie medycyny nie byłoby możliwe bez techniki komputerowej.

Omówione wyżej zastosowania nie wyczerpują wszystkich możliwości użycia komputerów w medycynie. Innym z zastosowań może być budowanie modeli matematycznych i prowadzenie

badania symulacyjnych pozwalających lepiej poznać problemy zdrowia oraz umożliwiających zrozumienie jak działają poszczególne organy. Na przykład na uniwersytecie kalifornijskim rozwiązano przy użyciu komputera podstawowe równanie matematyczne opisujące równowagę chemiczną i termodynamiczną krwi. Można przypuszczać, że zakres zastosowań komputera w medycynie jest ograniczony głównie wyobraźnią człowieka oraz, że komputer będzie się stawał coraz bardziej powszechnym narzędziem medycznym.

Obecnie w Polsce konieczne jest wypracowanie konkretnych mechanizmów współpracy między środowiskiem medycznym, a przemysłem komputerowym, także po to, aby osiągnięcia krajowej myśli medycznej i technicznej, oprócz oczywistych korzyści dla krajowej służby zdrowia, stawały się także przedmiotem korzystnego eksportu.



Rys. 1. Komputery linii SM EMC i JS EMC



## Systemy sterowania i pomiaru

Nazwa	Charakterystyka	Producent
INTELSTER	Swobodnie programowany system elektroniczny, przeznaczony do binarnego i pozycyjnego sterowania sekwencyjnego dowolnym procesem technologicznym lub zespołem urządzeń. Nie ma możliwości pracy bezpośrednio w trudnych warunkach przemysłowych np. w warunkach zapylenia. System zbudowany jest na elementach małej i średniej integracji /nie jest obecnie produkowany seryjnie ze względu na duży udział elementów z KK/.	MERA-ZAP
INTELDIGIT	Jest to grupa urządzeń, które służą do sprzężenia komputerów z elementami automatyki i pomiarów. Nie zawiera bloków i kanałów autonomicznego przetwarzania informacji i sterowania przekazywaniem informacji. Może współpracować z dowolnym komputerem /stosowane rozwiązanie MERA 400, PSPD90/ o różnej długości słowa przy użyciu właściwego bloku sprzęgającego. Zbudowany jest w oparciu o mechanikę TP-3 i sterownik mikroprocesorowy SK-102	MERA-ZAP
INTELMONITOR ESTM-M	System wizualizacji parametrów kontrolowanego obiektu na ekranach monitorów kolorowych. Umożliwia konwersację operatora z kontrolowanym procesem, a także wstępną obróbkę i koncentrację danych. Zbudowany na bazie SK-102 i mechaniki TP-3.	MERA-ZAP
MICRO-80	Sterownik mikroprocesorowy umożliwiający automatyzację pomiarów i sterowania dowolnego obiektu. Wykorzystywany jest do automatycznego sterowania składowaniem i magazynowaniem, kontroli i sterowania maszyn. Nie posiada zestawów realizujących regulację procesów ciągłych. Zrealizowany jest na układach LSI rodziny INTEL 80	ZSA MERAMONT
TM-11	System centralnej kontroli i sterowania rozproszonych procesów technologicznych. Należy do scentralizowanych komputerowych systemów automatyzacji. Stacja centralna SC wyposażona jest w minikomputer MERA 60 /SM1633/	ZSA MERAMONT
MERA 80-16	Sterownik mikroprocesorowy, oparty na procesorze INTEL 8080A	MERASTER
ELWRO 80	System automatyki dla małych i średnich obiektów produkcyjnych zawierających wolnozmienny proces technologiczny o sekwencyjnej charakterystyce sterowania. Można sterować wartościami dwustanowymi i analogowymi, rejestrować dane, przetwarzać i wizualizować parametry obiektów. System zbudowany na mikroprocesorze MCY 7880 /Aktualnie wdrażany do produkcji/.	ZE ELWRO

Charakterystyka krajowych  
środków komputerowych

Obecnie w produkcji krajowego przemysłu komputerowego dominuje technika obliczeniowa opracowywana w ramach systemów JS EMC i SM EMC. Asortyment i liczba typów komputerów dostępnych w kraju wzrasta. Jest to wynik własnych opracowań, jak też rezultat zwiększonego importu. Ilustruje to rys. 1. Cechą komputerów SM EMC i JS EMC jest modularność, a przy tym standardowość ich rozwiązań. Niezbędny zestaw komputerów do realizacji zadań szpitala złożony z procesorów SM EMC umożliwia:

- skompletowanie niezbędnych urządzeń zewnętrznych,
  - skompletowanie oprogramowania podstawowego,
  - połączenie elementów zestawu w sieć,
  - skompletowanie pierwszej warstwy oprogramowania użytkowego,
- a także, co jest równie ważne, zapewni:
- uzyskanie kompetentnej obsługi i serwisu,
  - rozwój systemu w miarę potrzeb,
  - modernizację systemu przez wymianę modułów na nowsze.

Szczególną uwagę należy zwrócić na urządzenia zewnętrzne, do których należy zaliczyć

Tabela 2

Oprogramowanie podstawowe minikomputerów SM EMC

System operacyjny	Systemy pomocnicze Biblioteki	Kompilatory
AMKO /dla mini z UNIBUS/ RAFOS /dla mini z QBUS/	- SM GRAPHIC - TABLIB - emulatory terminali - JS /SM 1633/	MACRO BASIC FORTRAN
DOS RW DOS RW-2	- SORT sortowanie - DTR gospodarki zbiorami - MESI obliczenia matematyczno- techniczne - PLOLIB oprogramowanie graficzne	MACRO - 11 FORTRAN  BASIC BASIC - PLUS - 2 COBOL PASCAL
MICRO 86 IMMOS 1810 dla DOS 1810 SM-16-1  DOS III dla RAFOS III SM-16-2	- System przetwarzania danych tekstowych - interakcyjny system zarządzania danymi  - pakiety sieciowe dla DOS RW, AMKO - GKS /graficzny/ - system zarządzania bazą danych	ADA - dla DOS RW mobilne: BASIC MODULA-2 ADA

Tabela 3

Oprogramowanie podstawowe komputerów JS EMC

System operacyjny	Systemy pomocnicze Biblioteki	Translatory
DOS/JS P2.2 OS /JS. P. 5. 0.	- biblioteka matematyczna - SKOT - obsługa terminali - HADES - baza danych - oprogramowanie dla teleprze- tworzenia: BTAM, TCAM, ORJE, TSO	ASSEMBLER ALGOL COBOL FORTRAN PASCAL PL/1 RPG

Linia SM EMC

- minikomputer SM 1633 oraz procesor SM 2302
- pamięci kasetowe na taśmie magnetycznej: SM 5205 i SM 5215
- pamięci na dyskach elastycznych: zwykłe SM 5602 i SM 5625 oraz z urządzeniem sterującym SM 5608 i SM 5627
- pamięci na dyskach kasetowych: SM 5401 i SM 5409 i urządzenia sterujące SM 5401 i SM 5409, 5111
- czytnik taśmy perforowanej SM 6205 i SM 6216, perforator SM 6222 i stacja we/wy taśmy perforowanej SM 6204
- drukarki szeregowe SM 6302, SM 7103, SM 6313 i SM 6325
- monitory ekranowe SM 7209 i SM 7215
- stacje terminali o fabrycznych symbolach MST 8210, MST 8213, MST 8561, MST 8567
- modem JS 8020 - mogący występować też w SM EMC
- urządzenia przygotowania danych na dysku elastycznym SM 6904, oraz na taśmie szpulowej JS 9150 - mogące występować i w SM EMC
- magnetyczna pamięć operacyjna SM 3101

Linia JS EMC

- Komputer EC 1032
- jednostka centralna EC 2032
- procesor teleprzetwarzania EC 8371, 01 /PTD/
- monitor techniczny EC 7076, EC 7076 M,
- podsystem monitorów ekranowych EC 7910, monitory ekranowe EC 7915, EC 7917, EC 7911, EC 7912, EC 7920
- drukarki EC 7033, EC 7033 M, EC 7186 /D180/; EC 7180, /DZM-180/
- modemy EC 8002, EC 8006, EC 8013
- autowzywak EC 8002
- kasetowa taśma magnetyczna EC 5091
- pamięć na taśmie magnetycznej EC 5019
- pamięć na dysku kasetowym EC 5070
- jednostka sterująca pamięciami taśmy EC 5519
- czytniki taśmy perforowanej EC 6121, EC 6122
- perforatory EC 7122, EC 7123
- punkt abonencki EC 8575 M

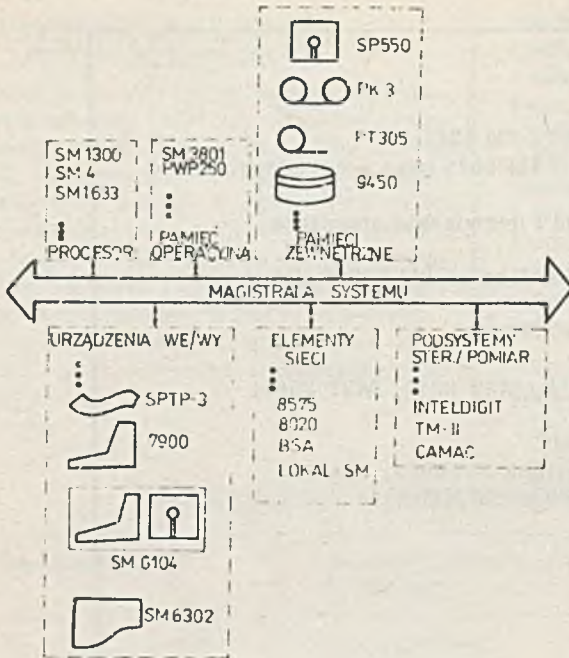
zarówno urządzenia standardowe, jak i złożone podsystemy do pomiarów i sterowania. Pewne dane na ten temat przedstawione są w tabelach 1,.....4.

Środki techniczne /procesory, urządzenia zewnętrzne, podsystemy pomiarowe/ i oprogramowanie podstawowe są elementami niezbędnymi do tworzenia systemów komputerowych dostosowanych do wymagań określonych przez użytkowników. Mogą to być zadania dotyczące komputeryzacji niektórych obszarów działalności lub też systemy wielozadaniowe, dotyczące np. działalności całego szpitala. Nie wnikając w problematykę projektowania takich kompleksów podkreślimy jedynie znaczenie trzech jego składników:

/1/  
CHARAKTERYSTYKI  
ŚRODKÓW  
KOMPUTEROWYCH +

/2/  
CYBERNETYCZNY  
MODEL ZADAŃ +  
/3/  
OPROGRAMOWANIE  
UŻYTKOWE

O ile określenie składnika /1/ zależy /prawy wyłącznie/ od producenta środków, to składnik /2/ powinni określić specjaliści z zakresu medycyny, chociaż przy udziale inżynierów informatyków. Składnik /3/ musi być dopasowany do zadań określonych w punktach /1/ i /2/. Oprócz pojedynczych środków komputerowych już od kilku lat przemysł krajowy oferuje pewne ich zestawy przystosowane do wykonania typowych zadań. Mimo że zaden z tych zestawów nie był ściśle orientowany na aplikacje medyczne lecz na aplikacje przemysłowe, to można wykorzystać produkowane już systemy przemysłowe dla medycyny. Zakłady Zrzeszenia MERA opracowują, wytwarzają i dostarczają systemy zorientowane dla



Rys. 2

określonych potrzeb /tzw. POK-i/. Pełną informację o tych systemach można znaleźć w Katalogu opracowanym przez Instytut Maszyn Matematycznych [4].

Po scharakteryzowaniu obiektu aplikacji i omówieniu zasobów komputerowych, którymi dysponujemy pozostaje udzielenie odpowiedzi na pytanie czy wymienione środki są dostateczne do rozwiązania problemu komputerowej automatyzacji działalności medycznych. Weźmy pod uwagę kwestię asortymentu środków komputerowych. Typowa struktura nowoczesnego systemu komputerowego, przedstawiona na rysunku 2, zawiera procesor wraz z magistralą systemową umożliwiającą komunikację między modułami, pamięć operacyjną, pamięć zewnętrzną /pamięć zbiorów systemu/, urządzenia wprowadzania i wyprowadzania danych,

jednostki komunikacji z siecią, jednostki komunikacji z magistralami systemowymi specjalnymi. Stwierdzić można, że na rynku krajowym dostępne są wszystkie moduły opisanego typowego systemu. Głównie są to wyroby przemysłu krajowego.

Omówiony asortyment wyrobów obecnie produkowanych należy do tzw. drugiej kolejności maszyn SM EMC i JS EMC. Asortyment ten ulegnie w najbliższym czasie znacznemu rozszerzeniu w wyniku opracowań maszyn SM EMC trzeciej kolejności. Formułując cechy architektury nowych maszyn brano pod uwagę przede wszystkim wymogi rozproszonego przetwarzania oraz możliwości dostosowania parametrów kompleksu komputerowego do zadania.

Zapotrzebowanie na krajowy sprzęt komputerowy wskazuje na konieczność rozwoju przemysłu komputerowego, oprogramowania oraz zapewnienie kompleksowości dostaw. Współpraca w ramach organizacji międzynarodowych podległych MK ETO umożliwi spełnienie tych wymagań.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] V. T. J. Bailey i in.: Mathematical Model in Biology and Medicine, IFIP, 1972.
- [2] J. Hawryluk: Maszyna cyfrowa - narzędzie człowieka współczesnego, NT, 1976.
- [3] F. Agbalajobi: Characteristics of Software for Computer Applications in Medicine, Medical Informatics, vol. 4, no. 2, 79-88.
- [4] Katalog Problemno-Orientowanych Kompleksów - POK-Próizvodstva PNR. Obiecinienie MERA, Warszawa, 1984.
- [5] J. Keller: Rozwój elektroniki a współczesna technika medyczna, WIT, 29/84.
- [6] J. Keller: Elektronika medyczna, WKiŁ, 1975.
- [7] Z. Wrzeszcz: Potrzeby medycyny a możliwości krajowego przemysłu komputerowego /niepublikowana/.

prof. dr hab. med. IRENA HAUSMANOWA—PETRUSEWICZ  
dr inż. STANISŁAW JERZY KOPEĆ  
Klinika Neurologiczna Akademii  
Medycznej — Warszawa

## ZASTOSOWANIE KOMPUTERYZACJI

### W WARSZAWSKIEJ KLINICE NEUROLOGICZNEJ

Wprowadzenie techniki komputerowej do badań medycznych miało ogromny wpływ na rozwój badań poznawczych oraz opracowanie metod, które zwiększyły czułość i wiarygodność badań diagnostycznych. W przeciwieństwie do dużych systemów informatycznych stosowanych w badaniach masowych i organizacji służb medycznych, w neurofizjologii znalazły zastosowanie małe jednostki z wbudowanym stałym programem uśredniania. Komputery te tzw. uśredniające, wprowadzone do medycyny w ostatnim dziesięcioleciu pokonały dotychczasowe bariery diagnostyczne. Pierwszą z nich była zbyt mała czułość rejestrowania potencjałów czynnościowych, maskowana przez poziom szumów własnych elektronicznej aparatury diagnostycznej, wynoszących 2 do 10  $\mu V$ , drugą brak metody obiektywnej czynnościowej oceny poszczególnych układów mózgowo-rdzeniowych.

Wprowadzenie techniki komputerowego uśredniania pozwala na rejestrację tzw. potencjałów wywołanych /PW/ o bardzo małej amplitudzie, często na poziomie części mikrowolta. W procesie uśredniania otrzymujemy statystyczny wynik, w którym teoretycznie współczynnik poprawy stosunku sygnału do szumów jest pierwiastkiem kwadratowym z liczby stosowanych procedur powtarzania. Sygnałem badanym jest odpowiedź rejestrowana z powierzchni czaszki, znad rdzenia kręgowego lub nerwu, na pobudzenie odpowiedniego układu czuciowego. Taka odpowiedź w postaci PW nie była dotychczas rejestrowana, ponieważ jej małe amplitudy maskowane były nie tylko szumem aparatury rejestrującej, ale wyższym poziomem czynności spontanicznej mózgu /EEG/ i mięśni /EMG/. Przez wielokrotne powtarzanie badany sygnał, dzięki stałej zależności od pobudzającego bodźca, w kolejnych powtórzeniach będzie stopniowo "czyszczony" z przypadkowej czynności tła szumów. Uzyskany po uśrednieniu sygnał pozwala na ilościową analizę kształtu, będącego odbiciem czasu przewodzenia w drogach dośrodkowych oraz działania pobudzonych struktur rdzeniowo-korowych.

Technicznie, prawidłowe badanie PW zależy od parametrów rozdzielczości poziomej

/liczba adresów zwykle 2000/ i pionowej /liczba bitów konwertera A/C - zwykle wystarcza 8 bitów/. Zwiększenie czułości związane z liczbą powtórzeń, a ta z wielkością zastosowanej pojemności pamięci. Pojemność pamięci 20 bitów pozwala na 4096 powtórzeń bez obawy jej nasycenia i praktycznie spełnia wszystkie wymagania diagnostyczne. Technika badań PW jest tym dla neurofizjologii klinicznej czym tomografia komputerowa dla neuroradiologii. Tomografia komputerowa pozwala uzyskać obraz anatomiczny mózgu lub rdzenia kręgowego, natomiast metoda PW stanowi nieinwazyjną i obiektywną rejestrację czynności elektrycznej niedostępnych dotychczas obszarów mózgu i rdzenia kręgowego. Te nowe techniki komputerowe, radiologiczne i elektrofizjologiczne uzupełniają się, zapewniając obiektywną ocenę układu nerwowego.

Klinika Neurologiczna w Warszawie była inicjatorem budowy minikomputera ANOPS i prekursorem badań techniką PW w Polsce [15]. Szczególną domeną zainteresowań Kliniki są potencjały somatosensoryczne, które w odróżnieniu od potencjałów słuchowych i wzrokowych dostarczają kompleksowych informacji, zarówno o stanie nerwów obwodowych jak i dróg dośrodkowych w rdzeniu kręgowym, pniu i korze mózgowej. Klinika przyczyniła się do rozwoju tych badań przez współpracę z zagranicznymi ośrodkami [5], natomiast w kraju staraliśmy się upowszechnić opracowane metody przez publikacje [18], oraz organizowanie specjalistycznych kursów.

Kliniczna użyteczność PW w Warszawskiej Klinice ma szczególne znaczenie w uszkodzeniach obwodowego neuronu czuciowego, rdzenia kręgowego, struktur podkorowych i korowych obszarów, których badania metodami konwencjonalnymi są mało czułe, a uzyskiwane wyniki wątpliwe. Badania PW jako nieinwazyjne mogą być powtarzane wielokrotnie i są szczególnie przydatne w badaniach np. tych pacjentów, u których można śledzić dynamikę zmian demielinizacyjnych oraz obiektywnie oceniać poprawę stanu klinicznego po ciężkich urazach czaszki lub przebytych operacjach mózgu. W

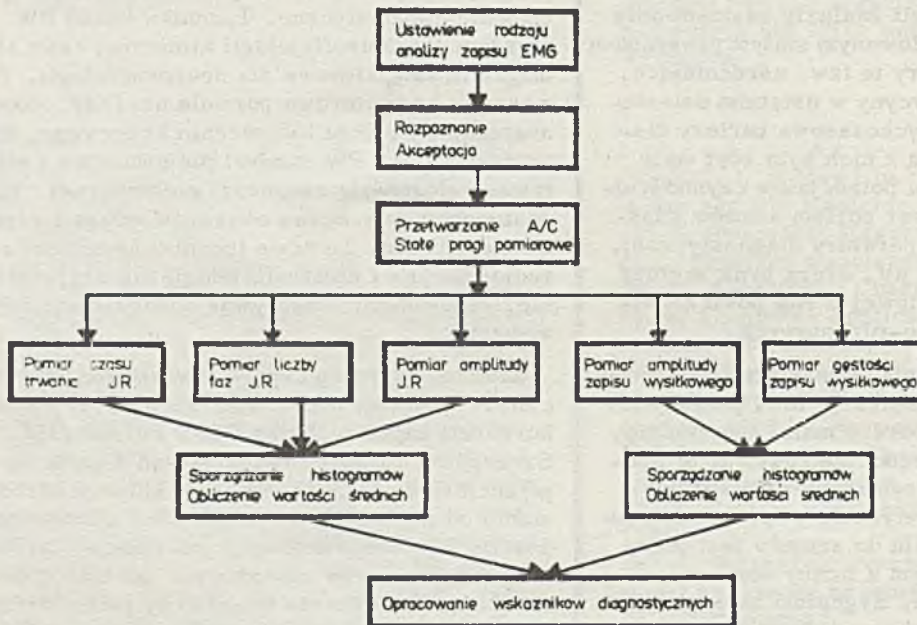
różnicowaniu uszkodzeń poszczególnych struktur mózgowych stosujemy również PW wzrokowe i słuchowe.

W Warszawskiej Klinice Neurologicznej opracowano ponadto kompleksową analizę zapisów elektromiograficznych, która została od 1976 r. włączona do rutynowych badań diagnostycznych. Technicznie opracowana metoda została zrealizowana poprzez minikomputer ANOPS, w którym wbudowano specjalne układy analogowo-cyfrowe wykonujące program badań w czasie rzeczywistym /on-line/. Opracowany program musiał spełniać wszystkie rutynowe procedury wymagane przy badaniach i ocenie wyników neurofizjologicznych:

1. Zbieranie danych pomiarowych.
2. Rozpoznawanie i akceptacja mierzonych wielkości.
3. Pomiar i przetwarzanie danych.
4. Opracowanie statystyczne danych.
5. Wyznaczenie reguł decyzyjnych dla oceny diagnostycznej.

ruchowej. Jednostki ruchowe różnią się znacznie pomiędzy sobą pod względem parametrów elektromiograficznych i własności fizjologicznych. Do prawidłowej oceny czynności mięśnia konieczna jest analiza dużej reprezentatywnej liczby potencjałów jednostek ruchowych i ocena ilościowa najważniejszych ich parametrów /czasu trwania czyli długości, amplitudy i liczby faz w pojedynczym potencjale oraz gęstości i amplitudy zapisu otrzymywanego przy maksymalnym wysiłku/.

Właściwe badanie elektromiograficzne i ilościowa ocena tak złożonego zjawiska, jakim jest elektromiogram jest niezwykle pracochłonna - badanie jednego pacjenta zajmuje czasem kilka godzin. Jeszcze bardziej pracochłonne staje się to badanie w odniesieniu do osobników z chorobami nerwowo-mięśniowymi. Choroby te przeważnie uszkadzają różne mięśnie i prawidłowa diagnoza musi być oparta o badanie kilku mięśni. Ze względu na dużą pracochłonność metoda ilościowej elektromiografii nie znalazła rozpowszechnienia.



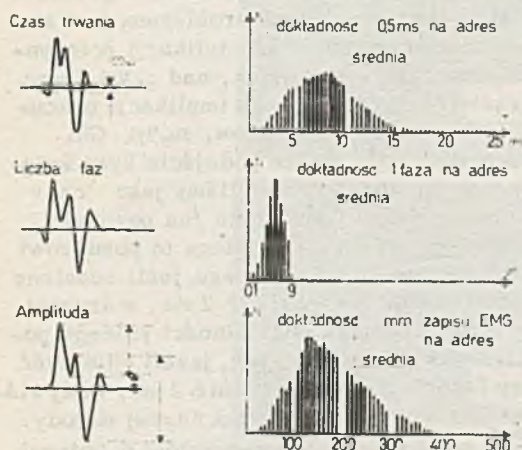
Rys. 1. Schemat blokowy algorytmu automatycznej analizy EMG zrealizowany w minikomputerze ANOPS

Schemat blokowy programu analizy w minikomputerze ANOPS ilustruje powyższe założenia. Zbieranie danych pomiarowych odbywa się przez elektromiograf bezpośrednio podłączony do minikomputera. Rozpoznawania i akceptacji mierzonych wielkości dokonuje sam elektromiografista z ekranu elektromiografu i dźwięku głośnika, na podstawie obrazu czynności mięśnia, co umożliwia automatyzację wszystkich pomiarów EMG. Elektromiogram jest zapisem czynności bioelektrycznej mięśnia, na którą składają się potencjały czynnościowe jednostki

nienia, należy jednak dodać, że żadna nowoczesna klinika neurologiczna nie może opierać swojej diagnostyki na innej niż ilościowa ocenie. Powstała więc konieczność zautomatyzowania chociażby w pewnym stopniu badania i oceny, a to spowodowało konieczność bardziej ścisłego określenia wprowadzanych do komputera parametrów.

Jak już wspomniano podstawowym momentem, który zdecydował o podjęciu przez Warszawską Klinikę Neurologiczną przed prawie 20 laty prób uzyskania możliwości większej obiektyw-

KRYTERIA POMIARU POTENCJAŁU POJEDYŃCZEJ  
JEDNOSTKI RUCHOWEJ



Rys. 2. Kryteria pomiaru potencjału pojedynczej jednostki ruchowej. Po stronie lewej obraz potencjałów jednostki ruchowej z zaznaczonym pomiarem parametru. Po stronie prawej odpowiedni parametr w postaci histogramu

ności i wiarygodności oceny, było ujednoczenie sposobu badania i oceny elektromiograficznej w ramach jednego ośrodka i między wieloma różnymi ośrodkami. Zasady, na których oparła swoją metodę są częściowo lub całkowicie różne od przyjętych przez innych autorów, którzy w ciągu ostatnich 15 lat opracowywali różne programy komputeryzacji EMG [23, 1, 21, 20, 22, 25]. Żaden z ww. programów nie znalazł szerokiego zastosowania w klinice, niektóre nadal są tylko na poziomie pilotowego testowania, inne zostały zaniechane.

Zasady opracowanego w Klinice Neurologicznej programu są następujące: zostawiamy badającemu dość znaczną swobodę wyboru potencjałów i decyzji o wyborze odcinka /ów/ zapisu dla minikomputera ANOPS. Z doświadczeń również innych autorów wynika, że w tym zakresie doświadczony elektromiografista jest znacznie lepszy i szybszy od komputera. Pozostałe czynności wykonuje ANOPS, podłączony bezpośrednio do wyjścia elektromiografu. Na oscyloskopie mogą być wyświetlane kolejno histogramy wartości cech poszczególnych parametrów EMG. Budowa minikomputera ANOPS /aż do modelu 105/ została szczegółowo opisana w pracy [16, 17]. Podczas słabego skurczu badanego mięśnia zapisuje się trzy parametry - rozkład długości potencjałów i rozkład potencjałów o danej liczbie faz, oddzielnie dodatkowo rozkład amplitud /rys. 2/. Podczas maksymalnego skurczu dwa inne parametry są mierzone - amplituda i gęstość zapisu /rys. 3/. ANOPS daje odpowiedzi w postaci histogramów

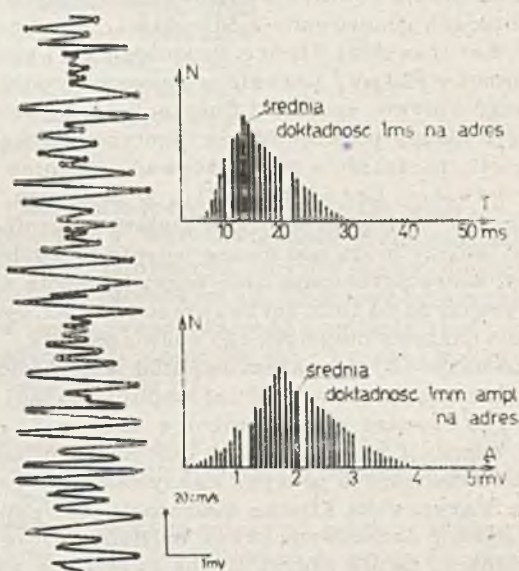
/1024 lub 512 wyładowań/ wyświetlanych na ekranie z automatycznie obliczoną średnią /rys. 4/. Oś odciętych odpowiada poszczególnym wartościom różnych parametrów /np. długości, wysokości amplitudy, liczbie faz itp./, na osi rzędnych oznaczone są liczby mierzonych potencjałów.

• Kryteria pomiaru

1/ Długość. Z 8 do 16 miejsc mięśnia zapisuje się 512 lub 1024 potencjałów, czułość zapisu jest stała i wynosi 100  $\mu$ V/dz. Próg decyzyjny określający minimalny liczony potencjał przyjęto na 100  $\mu$ V, długość mierzona jest na poziomie 20  $\mu$ V /próg pomiarowy/ z dokładnością 0,5 ms.

2/ Fazy. Te same wyładowania są jednocześnie egzaminowane z punktu widzenia złożoności ich kształtu, tzn. liczby faz. Fazę liczy się wtedy kiedy potencjał zmienia biegunowość o więcej niż 50  $\mu$ V. Ponieważ informacja o fazach okazała się dość mało przydatna i nieporównywalna z danymi klasycznej elektromiografii ilościowej, oceniamy dodatkowo automatycznie pole zajmowane przez potencjały mające więcej niż 4 fazy.

KRYTERIA POMIARU ZAPISU EMG PODCZAS  
MAKSYMALNEGO SKURCZU MIĘŚNIA



Rys. 3. Kryteria pomiaru zapisu EMG podczas maksymalnego skurczu mięśnia. Po stronie lewej obraz zapisu wysiłkowego. Po stronie prawej histogram od góry przedstawia rozkład gęstości zapisu, jako interwały pomiędzy ujemnymi iglicami w zapisie. Histogram dolny ilustruje histogram amplitud mierzonych pomiędzy kolejnymi iglicami /maksymalną i minimalną/

3/ Amplituda pojedynczego potencjału mierzona jest jako amplituda każdej fazy potencjału od ujemnego do dodatniego wierzchołka - w przeciwieństwie do pomiaru długości, pomiar amplitudy odbywa się na różnej czułości zapisu, gdyż w założeniu cały potencjał musi być widoczny. Histogram wyraża rozkład amplitud  $\mu V$ /adres z dokładnością 1 mm na bar. W czasie maksymalnego skurczu mierzy się dwa parametry jednocześnie.

4/ Rozkład amplitud wyrażony w  $\mu V$  na podziałkę zgodnie z wybraną odpowiednio czułością zapisu. Pomiar podobnie jak przy pomiarze amplitudy pojedynczych potencjałów wykonywany jest między ujemnym i dodatnim wierzchołkiem.

5/ Gęstość zapisu wysiłkowego mierzona jest jako rozkład interwałów między kolejnymi wierzchołkami negatywnych wychyleń z dokładnością do 1 ms i wyrażona jako odwrotność  $1/t$  /Hz/ /rys.3/.

#### ● Uzasadnienie przyjętych kryteriów

Pomiar podstawowych parametrów EMG, przede wszystkim długości potencjałów i liczby faz, oparliśmy o wieloletnie doświadczenia Buchthala [2,3,4] oraz własne /L. Hausmanowa-Petrusewicz i J. Kopeć [10, 11]/. Wspomniany wyżej próg decyzyjny  $/100 \mu V$ / był przyjęty przy uwzględnieniu konieczności pomiaru zarówno niskoprogowych, małych potencjałów, jak też wysokoprogowych, większych, ten poziom eliminuje również wyładowania w małych amplitudach generowane z odległości. Przyjęty w Warszawskiej Klinice Neurologicznej próg pomiarowy  $/20 \mu V$ / pozwala w pewnym stopniu uniknąć wpływu szumów i fluktuacji linii zerowej. Należy podkreślić, że identyczne progi przyjęli /niezależnie od opracowań w Klinice Warszawskiej Lee i White [21]/. W pomiarze liczby faz odbiegamy od wielu elektromiografistów, którzy biorą pod uwagę jedynie te wychylenia, które przecinają linię bazy. Odejście w tym pomiarze od linii zerowej jest również wynikiem naszego długoletniego doświadczenia. To co nazywamy pomiarem amplitud jest w istocie rzeczy pomiarem średniej amplitud każdej fazy i to również stanowi różnicę między naszą metodą, a pracami innych autorów. Pomiar parametrów zapisu podczas maksymalnego wysiłku Warszawa Klinika Neurologiczna oparła o zasady opracowane przez Willisona [30] z tą różnicą, że nie mierzy liczby zwrotów w wybranym odcinku jak to czyni Willison, nie używa też stałego okienka na poziomie  $100 \mu V$ , a uzależnia poziom ten od czułości, na której odbywa się zapis /ma jednak okienko stałe w tym sensie, że równe jest zawsze 1 mm wysokości na skali amplitud/.

#### ● Dokładność i wiarygodność

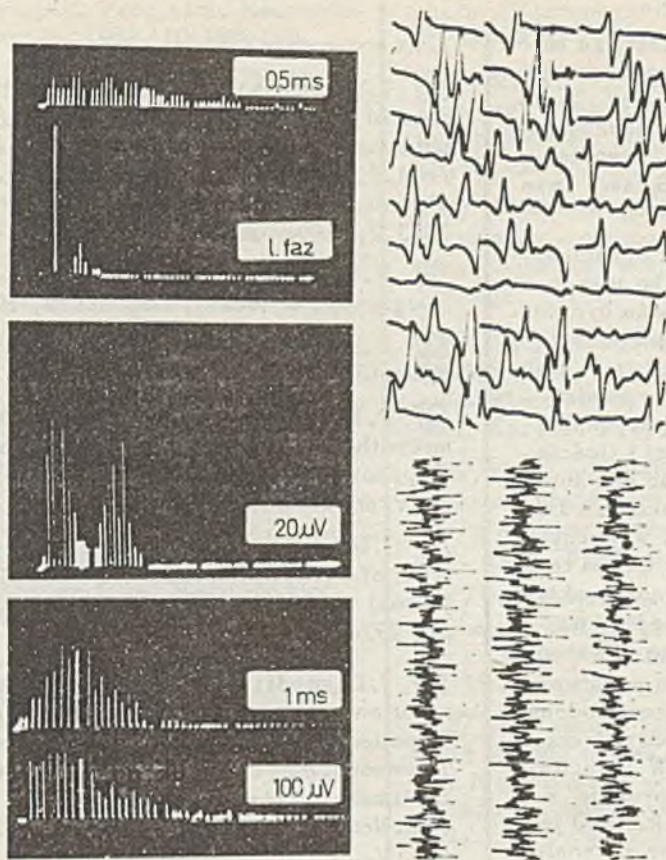
Każda wprowadzona metoda automatycznej oceny EMG testowana jest z punktu widzenia

jej dokładności przez porównanie z danymi Buchthala [2,4] zwłaszcza pod względem wartości długości potencjałów. Uzyskane przez nas wyniki [16,10,28,26] różnią się od wartości podawanych przez Buchthala w granicach 10%. Bardzo ważnym problemem jest zrezygnowanie przez nas z identyfikacji pojedynczych potencjałów jednostek, nad czym długo i na razie bez praktycznych implikacji pracuje wielu elektromiografistów, m.in. Guiheneuc i inn. [8]. Nasze podejście było świadomie uproszczone - przyjęliśmy jako czas rozdzielczy potencjałów 2 ms /na poziomie progu pomiarowego/. Zapobiega to pomiarowi dwóch potencjałów jako jednego, jeśli oddalone są one od siebie o więcej niż 2 ms, z drugiej zaś strony zapobiega podzielności jednego potencjału na kilka składowych, jeżeli odległość między fazami jest mniejsza niż 2 ms. Oczywiście jest to ogromnym minusem naszej metody, gdyż nie wychytujemy potencjałów, w których poszczególne składowe odsunięte są o 15 ms, a nawet 30 ms od głównej iglicy. Potencjały te mają duże diagnostyczne i rokujące znaczenie [6,7]. Potencjały w metodzie stosowanej przez Klinikę Neurologiczną AM w Warszawie są selekcjonowane tylko według ich amplitudy /poprzez próg decyzyjny/, a nie kształt ani też częstotliwość wyładowań. Otrzymane przez nas wartości amplitud pojedynczego potencjału są o 30-40% niższe od podanych i przyjętych w literaturze [24]. Wynika to oczywiście z faktu, iż w konwencjonalnej ilościowej elektromiografii mierzy się amplitudę najwyższej iglicy w danym potencjale, my zaś mierzymy amplitudy wszystkich iglic łącznie z najniższymi, jeżeli nie znajdują się poniżej poziomu decyzyjnego. Ta informacja okazała się w praktyce bardziej przydatna, wymagało to jednak przygotowania własnych norm na materiale kontrolnym.

Przy tego typu metodzie sposób pomiaru odsetka potencjałów wielofazowych jest również niezadowolający i uniemożliwia porównanie z danymi innych autorów, a wiadomo jak ważne diagnostyczne znaczenie ma wzrost odsetka polifazji, będący często pierwszym sygnałem patologii [2,9] i ten sygnał może być przez ANOPS /w obecnej jego postaci/ zgubiony. Pewne trudności w automatycznej ocenie zapisu maksymalnego wysiłku sprawia jego zależność od siły rozwijanej przez badanego, jest to jednak generalny problem wszystkich metod EMG [14]. Po próbnym okresie wstępnym, przez osiem ostatnich lat, stosowaliśmy naszą metodę w praktyce klinicznej, otrzymaliśmy - mimo pewnych zastrzeżeń - wyniki zadowolające, pozwalające na prawidłowe postawienie rozpoznania porównywalne z wynikami szkoły Buchthala-Trojaborg [27].

Szczegółowo przeprowadzone analizy statystyczne różnych wartości /średnia, modalna,





Rys. 4. Obraz zapisu EMG i wyniki analizy komputerowej. Po stronie prawej, w górnej połowie zapisu pojedynczych potencjałów i odpowiadające im 3 mierzone parametry w kolejności od góry: czas trwania, liczba faz i amplituda. Na dolnej połowie zapis wysiłkowy i odpowiadające im histogramy. Czwarty - gęstość zapisu, piąty - amplitudy zapisu wysiłkowego

maksymalna i minimalna/ pozwoliły na stwierdzenie, iż w uproszczonej, ale szybkiej obróbce danych wystarczy uwzględnić średnią - oczywiście dzięki takiemu uproszczeniu badanie przeprowadza się szybciej [13, 19]. Opisywana wyżej metoda przy obecnym stanie automatyzacji EMG, tzn. przy braku innych metod, które byłyby wprowadzone szeroko do praktyki klinicznej może być zaakceptowana ponieważ:

- 1/ jest mniej czasochłonna od rutynowego badania ilościowego i daje szybko, bezpośrednio odczytywany wynik,
- 2/ pozwala na równie dokładne jak rutynowa metoda różnicowanie między mięśniem zdrowym i patologicznie zmienionym, a w obrębie patologii - między zanikiem mięśnia, tzw. neurogennym /wtórnym do uszkodzenia neuro- obwodowego/ a pierwotnie mięśniowym,
- 3/ częściowo redukuje subiektywność oceny badającego - tylko częściowo, ponieważ badający musi uważać na "czystość" potencjałów i unikać artefaktów przy wprowadzeniu danych do komputera, dużo więc zależy od jego doświadczenia i dokładności.

4/ metoda stosowana przez Klinikę Neurologiczną AM w Warszawie może dostarczyć dodatkowych informacji, których nie uzyskujemy w badaniu rutynowym np. ilościowa ocena zapisu wysiłkowego, wartość amplitudy zarówno pojedynczego potencjału jak i krzywej maksymalnego wysiłku itp.

Należy również wspomnieć o pewnych ważniejszych ograniczeniach tej metody w jej obecnej postaci:

- 1/ Wyniki pomiaru zależą od selekcji stosunku poziomu progu pomiarowego do progu decyzyjnego. Jeżeli próg pomiarowy jest zbyt wysoki, a decyzyjny zbyt niski potencjały zarejestrowane w zapisie są skrócone. Jeżeli na odwrót, próg pomiarowy jest zbyt niski, a decyzyjny zbyt wysoki, można zgubić niskie potencjały, a z drugiej strony trudno jest uniknąć wpływu wahań linii zerowej na zapis,
- 2/ Może zaistnieć możliwość zbyt częstego pomiaru tego samego potencjału czynnościowego lub częstszego pomiaru potencjałów jednostek o większej częstotliwości.
- 3/ Dużym ograniczeniem prawidłowej interpre-

tacji procesu patologicznego jest fakt, że metoda nasza nie pozwala na uchwycenie tzw. potencjałów łączonych /linked potentials/, fenomenu bardzo ważnego w procesach neurogennych i pierwotnie mięśniowych. Potencjały te odczytywane są przez ANOPS, jako dwie lub więcej niezależne składowe.

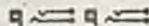
Jeżeli jednak rozważymy zalety i ograniczenia naszej metody, to wydaje się, że jest ona postępowaniem w kwantyfikacji EMG i może być stosowana pod warunkiem stałego jej ulepszania i świadomości badającego, że metoda ta stanowi kompromis między współczesną wiedzą neurofizjologiczną i koniecznością uzyskania szybkiej, ale względnie precyzyjnej i ilościowej oceny. W ramach dalszych prac nad automatyzacją badań EMG Klinika opracowała komputerowy system badań SABE przy wykorzystaniu komputera MERA 400 [29]. Celem tego systemu jest utworzenie zintegrowanego układu badań elektrofizjologicznych mięśni i nerwów, umożliwiającego automatyczne wykonanie procedur obliczeniowych z zakresu przetwarzania danych pomiarowych, obliczenia odchylenia od opracowanych norm oraz sporządzenia wymaganej dokumentacji badania. W opracowanym systemie badań ANOPS współpracuje z jednostką centralną komputera MERA-400 jako urządzenie peryferyjne, podłączone w kanale znakowym. Przeprowadza on konwersję, pomiar i selekcję parametrów zapisu elektromiograficznego. Dalsze opracowanie wyników badań wykonuje komputer MERA-400. Przystosowanie systemu MERA-400 do badań diagnostycznych, prowadzonych w pracowni elektromiograficznej wymagało przygotowania odpowiedniego oprogramowania, które zostało zrealizowane w języku assemblera.

Klinika jest autorem założeń i uczestniczy w badaniu nowego prototypu minikomputera ANOPS 205 opartego o technikę mikroprocesorową. Będzie to analizator spełniający wymagania klinicystów, które wynikają z dotychczasowych doświadczeń. W ANOPS 205 będą mierzone jednocześnie wszystkie trzy parametry pojedynczych jednostek ruchowych. W ocenie zapisu wysiłkowego wprowadzono nowe parametry dla dodatnich i ujemnych potencjałów oraz liczenie powierzchni zapisu w określonym czasie. Wyniki będą prezentowane na monitorze w postaci histogramów z jednoczesnym wyświetlaniem wartości cyfrowych najważniejszych cech parametrów. Oddzielnie wyświetlane będą wyniki w postaci cyfrowej reprezentujące wartości statystyczne z odpowiednimi odchyleniami. Ponadto wyświetlane dane dotyczące pacjenta /wyprowadzane z klawiatury/, które razem z wynikami cyfrowymi będą wyprowadzane na drukarkę i stanowić będą dokument badania. Obecnie model znajduje się w Klinice Neurologicznej celem przeprowadzenia oceny i weryfikacji założeń.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] J. Bergmans: Computer assisted measurement of the parameters of single motor unit potentials in human EMG. W J.E. Desmedt /red./. *New developments in electromyography a clinical neurophysiology*. Karger, Bazylea, 1973, 2, 482-485.
- [2] F. Buchthal: *The introduction to electromyography*. Gyldenal, Kopenhage, 1957.
- [3] F. Buchthal: *The electromyogram*. *World Neurology*, 1962, 3, 16-34.
- [4] F. Buchthal: Diagnostic significance of myopathic EMG. w L.P. Rowland /red./. *Pathogenesis of human muscular dystrophies*. Excerpta Medica, Amsterdam, 1973, 205-218.
- [5] J. Delbeke, A.I. McComas, J. Kopeć: Analysis of evoked lumbosacral potentials in man. *Journal of Neurosurgery and Psychiatry*. 1978, 41, 293-302.
- [6] J. Desmedt: Plasticity of motor unit organization studied by coherent electromyography in patients with neuromuscular disorders w Desmedt J.E. /red./. *Motor unit types, recruitment u. plasticity in health a dis. Prog. clin. Neurophysiol.* 1981, 9, 250-304.
- [7] J.E. Desmedt, S. Berenstein: Interpretation of electromyographical data in spinal muscular atrophy w Rose C. /red./. *Motor neurone disease*. Pitman, Londyn, 1977, 112-120.
- [8] P. Guiheneuc i inn.: Automatic detection and pattern recognition of single motor unit potentials in needle EMG. w Desmedt J.E. *Computer-aided electromyography*. *Prog. clin. Neurophys.* Karger, Bazylea 1973, 10, 127.
- [9] I. Hausmanowa-Petrusewicz i inn.: *Electromyography in neuromuscular diagnostics*. *Electromyography* 1967, 7, 203-217.
- [10] I. Hausmanowa-Petrusewicz, J. Kopeć: Automatic analysis of electromyogram. *Structure a function of Brain Acad. Sci. Sophia*, 1967, 217-288.
- [11] I. Hausmanowa-Petrusewicz, J. Kopeć: Application of automatic analysis of EMG in clinical practice. *Riv. Patol. Nerv. Ment.* 1978, 99, 65-74.
- [12] I. Hausmanowa-Petrusewicz, J. Kopeć: The value of automatic analysis for quantitative electromyography. *Acta Physiol. Pol.* 1979, 2, 231-239.
- [13] I. Hausmanowa-Petrusewicz, J. Kopeć: *Quantitative EMG and its automation computer aided electromyography*. *Prog. clin. Neurophysiol.* vol. 10. Ed. J.E. Desmedt. Karger-Basel 1983, 164-185.
- [14] M. Hayward: Quantification of interference patterns. W Desmedt /red./. *Computer-*

- aided electromyography. *Prog.clin. Neurophysiol.* Karger, Bazylea. 1983, 10, 128-149.
- [15] J.Kopeć: Polski komputer ANOPS dla badań medycznych i jego zastosowanie w klinice. *Acta Physiol.Pol.* 1970.XXI, 135-146.
- [16] J.Kopeć, I.Hausmanowa-Petrusewicz: Zastosowanie ANOPS w elektromiografii. *Podstawowe Problemy Techniki Współczesnej* PWN, Warszawa 1974, 325-340.
- [17] J.Kopeć, I.Hausmanowa-Petrusewicz: On line computer application in clinical quantitative EMG. *Electromyography* 1976, 6, 49-64.
- [18] J.Kopeć: Metoda badania szybkości przewodzenia we włóknach czuciowych nerwów obwodowych i rdzenia. *Technika uśredniania.* *Neurol. Neuroch. Pol.* 1980, XIV, 53-59.
- [19] J.Kopeć: Two new descriptors for complete EMG evaluation, applied in automatic analysis. *Electromyogr.Clin. Neurophysiol.* 1984, 24, 321-330.
- [20] K.Kunze: Quantitative EMG analysis in myogenic a neurogenic muscle diseases w Desmedt J.E. /red./. *New developments in electromyography a clinic Neurophysiol.* Karger, Bazylea, 1973, 2, 116-121.
- [21] R.G.Lee, D.G.White: Computer analysis of motor unit action potentials in routine clinical neurophysiology w J.E. Desmedt /red./. *New developments in electromyography and clin. Neurophysiol.* Karger, Bazylea, 1973, 2, 454-461.
- [22] V.J.Prochazka, B.Conrad, F.Sindermann: Computerized singleunit interval analysis and its clinical application w J.E. Desmedt. *New Developments in electromyography a clin. Neurophysiol.* Karger, Bazylea, 1973, 2, 462-468.
- [23] R.Rathjen, D.J.Simson, C.R.Peterson: Computer analysis of the duration of motor unit potentials. *Arch.phys.Med.Rehabil.* 1968, 49, 524-527.
- [24] P.Rosenfalck, A.Rosenfalck: Electromyography - sensory a motor conduction Findings in normal subjects. *Rigshospitalet, Copenhagen*, 1975.
- [25] E.Stålberg, L.Antoni: Computer aided EMG analysis w J.E.Desmedt *Computer - aided electromyography.* *Prog.clin.Neurophysiol.* Karger, Bazylea, 1983, 10, 186-234.
- [26] E.Szmidt-Sałkowska, J.Kopeć: Porównanie automatycznej analizy zapisu EMG z ilościową konwencjonalną EMG. *Neurol.Neuroch. Pol.* 1978, 28, 281-285.
- [27] W.Trojaborg: Quantitative analysis of the motor unit proprieties with special emphasis on mean potential duration a amplitude. *VI Int.Congr.Emg*, 1979, 1-7.
- [28] A.Wagner, J.Kopeć, E.Szmidt-Sałkowska: Normal values obtained by automated system in analysis of electromyogram. *Electromyography a. clin.Neurophysiol.* 1979, 13, 343-351.
- [29] M.Wierzbicka, J.Kopeć: System automatyzacji badań elektromiograficznych /SABE/ wspomagany minikomputerem MERA-400. *Problemy Techniki Medycznej* 1981, XII, 3, 171-176.
- [30] R.G.Willison: Analysis of electrical activity in healthy a. dystrophic muscle in man. *J.Neurol.Neurosurg.Psychiat.* 1964, 27, 386-394.



## POJĘCIOWE PODSTAWY TOMOGRAFII MAGNETYCZNO-REZONANSOWEJ

Z V Katedry i Kliniki Chorób Wewnętrznych  
Śląskiej Akademii Medycznej

Tomografia NMR zwiastuje olbrzymią przemianę diagnostyki medycznej. Umożliwia ona nieinwazyjne, szybkie sporządzanie fizycznych i chemicznych map wnętrza organizmu. Pośrednie sposoby wnioskowania diagnostycznego o istnieniu takich zmian anatomopatologicznych jak: zawał, zator, wylew krwi, martwica, stłuszczenie, tkanka nowotworowa zostaną więc zastąpione bezpośrednim, topograficzno-ilościowym wynikiem obrazu magnetyczno-rezonansowego.

Prace nad wdrożeniem tej metody również w Polsce są nieuchronne. Inżynierowie-elektronicy, informatycy, fizycy oraz lekarze powinni zrozumieć zasady uzyskiwania obrazów magnetyczno-rezonansowych.

Metoda jest pojęciowo, jak mówią matematycy elegancka, można rzec nawet piękna, jest jednak dość trudna. Potrzebne jest więc konsekwentne i cierpliwe uświadamianie podstaw fizycznych i matematycznych. Później dopiero możliwa będzie presja wszystkich osób, które zrozumiały te idee, w kierunku urzeczywistnienia ich również w naszym kraju. Takim celem służy trzyczęściowy artykuł opublikowany w niniejszym numerze BT "Mera".

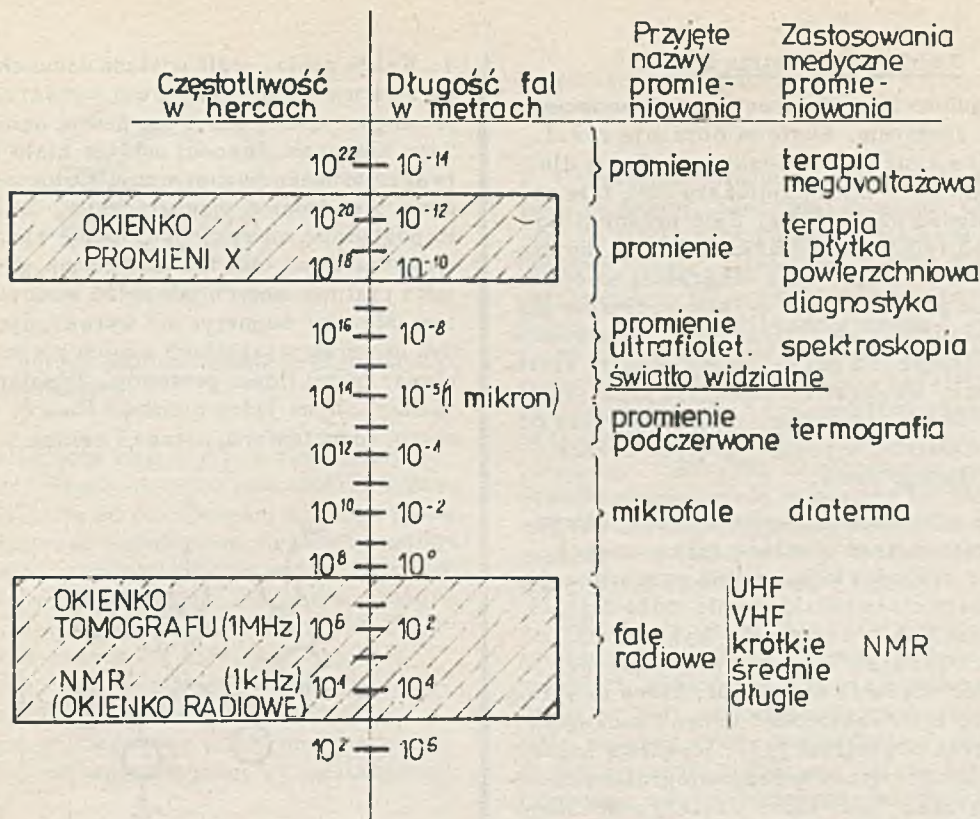
Na wstępie zacznę od wyliczenia możliwości tomografu NMR: aparat: z pozoru wytwarza zdjęcia tomograficzne podobne do zdjęć klasycznej tomografii komputerowej. Nie są to jednak jak tam obrazy odwzorowujące absorpcję promieni roentgenowskich przez struktury wewnętrzne ciała. Są to mapy chemiczne wnętrza organizmu [2,8,9,11,23]. Rutynowo wytwarzana jest mapa stężenia wodoru. Mapy takie sporządzane są już obecnie doświadczalnie dla wielu pierwiastków chemicznych. Możliwe jest odtworzenie zageęszczenia fosforu, węgla, sodu, fluoru. Jeśli dany typ aparatu sporządza mapy lokalnego stężenia np. fosforu, to możliwe jest na ogół wykorzystywanie tzw. "chemical shift" i stąd wykonywanie map dla wielu substancji zawierających ten pierwiastek. Aparatura "dla fosforu" może np. sporządzić mapę również dla fosfokreatyny, ATP, fosforu cukrów /glukozy/ [22].

Tomograf NMR sporządza także mapy ze względu na pewne własności fizyczne poszczególnych miejsc wnętrza organizmu. Owe własności fizyczne charakteryzują "konsystencję" poszczególnych miejsc. Mówiąc nieco ściślej określają ilość wolnej wody danego miejsca lub stopień spoistości /krystalizacji/ tego miejsca [1,13,19,21,22].

Tomograf NMR umożliwia tzw. "biopsję narządową bez biopsji" to znaczy bez naruszenia ciągłości ciała. Innymi słowy możliwe jest nieinwazyjne ustalenie wielu parametrów chemicznych i fizycznych ściśle określonego organu i miejsca tego organu tak, iż mówić można o nieinwazyjnej histopatologii NMR tkanek zwierzęcych i ludzkich [1,3,10,19,20,21]. "Biopsję" taką można pobierać z tego samego miejsca wiele razy nic nie niszcząc.

Metoda magnetyczno-rezonansowa jest niezwykle czuła na wszystkie struktury poruszające się [21]. Płyn napływający na rozważaną płaszczyznę przekroju ciała, wyświetlaną właśnie na ekranie komputera, świeci inaczej. Metodyka nie potrzebuje przy tym kontrastów jodowych. Stosować można bowiem całą gamę tzw. substancji paramagnetycznych [21]. Technika "komputerowego odejmowania obrazów" jest przy tym podsystemem /dostępną operacją/ tomografu. Najnowsze typy tych urządzeń /tomografia NMR trójwymiarowa i tzw. "real time"/ są więc w stanie sporządzić mapę naczyń pewnego obszaru ciała [22].

Nowoczesny tomograf NMR na ogół jest w stanie zachować w pamięci odwzorowanie określonej części ciała lub nawet całego człowieka od stóp do głowy. Pozwala to na wyświetlanie lekarzowi obrazów przekroju ciała dokonywanych w płaszczyznach poprzecznej, czołowej i strzałkowej, a nawet skośnych oraz różnych aspektów tych przekrojów /mapy chemiczne i fizyczne/, w czasie nieobecności pacjentów. Pamiętanie odwzorowania człowieka przez dowolnie długi czas jest właściwie konieczne, gdyż zdolności percepcyjne lekarza w analizowaniu wielu obrazów są ograniczone. Wyświetlanie ich musi



Rys. 1. Spektrum fal elektromagnetycznych

się więc odbić w tempie wyznaczonym przez diagnostę.

Jest możliwe dokładne zrozumienie jak wyliczone wyżej operacje są realizowane bez wprowadzania wywodów matematycznych. Stwierdzenie powyższe nie powinno bowiem być przyjmowane bezkrytycznie. Lekarz współczesny powinien już obecnie starać się zrozumieć istotę medycyny magnetyczno-rezonansowej. Jest to możliwe, jeśli trudności pojęciowe odpowiednio stopniować, a wykład prowadzić bez omijania niezbędnych pojęć pomocniczych. Stąd proponuję specjalny podział tych danych według 10 stopni trudności:

1 - Dlaczego jest możliwe oznaczanie stężeń niektórych pierwiastków chemicznych w małej próbce jednorodnej przy pomocy fal radiowych /radiospektrometria NMR/.

2 - Dlaczego jest możliwe sporządzanie przekrojowej mapy wnętrza organizmu człowieka, określającej lokalne stężenie wodoru i innych pierwiastków /tomografia NMR/.

3 - Dlaczego jest możliwe określenie fizycznych własności dotyczących "spójności" tkanki w pewnym określonym miejscu organizmu lub dla wielu miejsc na dowolnie wybranej płaszczyźnie przekrojowej ciała /czasy relaksacji  $T_1$ ,  $T_2$ /. Sekwencje bodźców radiowych typu "saturation recovery", "inversion recovery" i "spin echo", jako podstawowe metody precyzyjnego określenia parametrów fizycznych tkanek.

4 - "Chemical shifts" - względem wodoru, węgla, fosforu w tkankach zwierzęcych i ludz-

kich, jako podstawa tzw. metabolic nuclear magnetic resonance /M-NMR/.

5 - Wpływ płynów paramagnetycznych na parametry NMR i obrazy NMR.

6 - Techniki wyboru płaszczyzny i sektora oraz techniki odejmowania obrazów, filtrowania, okienkowania, i wygładzania obrazów oraz reprezentacji przez kolory sztuczne w zastosowaniu do prezentacji obrazów NMR dla lekarza - radiologa.

7 - Problemy techniczne wytwarzania pól głównych i pól gradientowych. Obsługa instalacji.

8 - Istota algorytmów rekonstrukcji obrazów NMR wg klasycznej metody "back-projection" Cormacka - Lauterbur.

9 - Istota algorytmów rekonstrukcji obrazów opartych o dwuwymiarową transformację Fouriera /metoda 2 DFT/.

10 - Tomografia NMR trójwymiarowa i "real time". Mapy unaczynienia i przewodów wzdluznych. Obrazowanie NMR struktur ruchomych.

Każdy z wymienionych wyżej stopni trudności wymaga omówienia w oddzielnym artykule. Wydaje się, że ogólne wykształcenie współczesnego lekarza powinno obejmować punkty od 1-6. Punkty 6 i 7 są niezbędne dla lekarzy-radiologów. Problemy wyliczone w punktach 8-10 rozważane są przez informatyków, inżynierów matematyków i hobbystów różnych zawodów. Pozostałą część niniejszego artykułu poświęćmy pierwszemu z wymienionych stopni trudności.

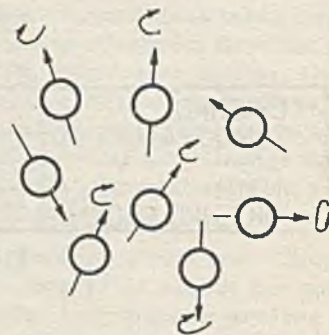
## Radiospektrometria NMR

Jak wiadomo fale elektromagnetyczne mają szerokie spektrum. Skalę tą obrazuje rys. 1. Najkrótsze z nich, promieniowanie  $\gamma$  mają długość rzędu  $10^{-12}$  m, a najdłuższe tzn. fale radiowe długość rzędu  $10^0$  m. Fale promieni Roentgena są tylko nieco dłuższe od fal  $\gamma$ , bo rzędu  $10^{-10}$  m. W diagnostyce lekarskiej są one stosowane podobnie jak i światło widzialne dla ciał przezroczystych. Oznacza to, iż powoduje się przenikanie ich przez badany obiekt, którego struktury wewnętrzne powodują mniejszą lub większą ich absorbcję, zależną głównie od gęstości elektronów poszczególnych części prześwietlanego ciała.

Metoda przewidująca wykorzystanie dla zobrazowania wnętrza obiektów fal radiowych, czyli fal o długości kilkakrotnie przekraczającej rozmiary ciała ludzkiego nie może działać promieniami "na przestrzał". Wykorzystanie tak długich fal stało się możliwe dzięki idei Lauterbura wiązania dwóch pól, które to sprzężenie może być "zakłócone" przez "szczegółowości" wnętrza organizmu [17]. Ideę swą Lauterbur nazwał neoiogizmem zeugmatografia /od zeugma po grecku "ten, który wiąże"/. W zakresie tomografii NMR jednym z tych pól jest silne, jednorodne, stałe pole magnetyczne, drugim szybkozmienne, znacznie słabsze pole elektromagnetyczne wytwarzane przez nadawanie krótkich sygnałów radiowych.

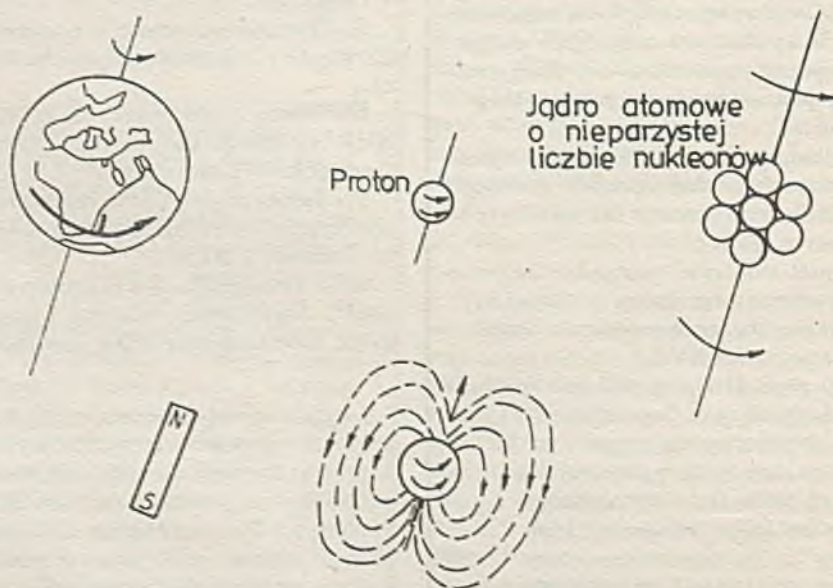
Aby wyjaśnić istotę radiospektrometrii, a potem tomografii NMR konieczne jest więc przypomnienie kilku danych dotyczących zjawisk elektromagnetycznych, które zostaną zreferowane w punktach:

1. Każde ciało, jeśli posiada ładunek elektryczny i wiruje wokół swojej osi wytwarza pole elektromagnetyczne, które ma pewne nasilenie i pewien kierunek. Inaczej mówiąc ciało takie wytwarza moment magnetyczny. Oznacza to, że ciało jest dipolem magnetycznym. Zilustrowano to poglądowo na rys. 2. Opisane zjawisko dotyczy zarówno ciał tak dużych jak glob ziemski, jak i ciał tak małych jak jądro wodoru, czyli proton. Moment magnetyczny wytwarzają także jądra atomowe wszystkich innych pierwiastków o nieparzystej ilości protonów. Dipolami są więc między innymi jądra atomowe fluoru, węgla, azotu, sodu, fosforu, potasu i żelaza.



Rys. 3. Momenty magnetyczne protonów i innych jąder atomowych zorientowane w różnych kierunkach

2. Osie spinów jąder atomowych, które nie poddane są działaniu zewnętrznych pól magnetycznych mają bezwładny, przypadkowy kierunek. Ilustruje to rys. 3.



Rys. 2. Ciało posiadające ładunek i które wiruje, czyli ma spin, wytwarza pole magnetyczne o określonym natężeniu i kierunku



Rys. 4. Możliwe jest uzyskanie jednorodnych pól magnetycznych

3. Naturalne pole magnetyczne ziemi nie jest jednorodne. Natężenie tego pola maleje w miarę oddalania się od powierzchni naszego globu. Przesuwając się wzdłuż równoleżników notowane są również nieregularności związane z tzw. anomaliami magnetycznymi. Dla celów tomografii NMR konieczne jest wytwarzanie pól niezmiennych w czasie i w kierunkach pewnej płaszczyzny. Jednym z wystarczających i stosowanych w praktyce sposobów są ciężkie, stałe magnesy zbudowane z ferromagnetyków /np. alnico/ na wzór magnesu przedstawionego na rys. 4.

4. Jeśli próbkę materiału biologicznego umieścić w silnym polu magnetycznym, to osie spinów protonów i jąder atomowych innych pierwiastków magnetycznych, posiadających moment magnetyczny ułożą się równoległe do linii sił zewnętrznego pola magnetycznego. Ilustruje to rys. 5. O próbce takiej mówi się, że jest zmagnetyzowana. Zmagnetyzowaną próbkę można scharakteryzować wektorem zwanym średnim wektorem zmagnetyzowania lub makroskopowym wektorem zmagnetyzowania /net/average/macroscopic magnetization vector/.

5. Indywidualne wektory dipoli poszczególnych protonów i innych jąder atomowych w próbce zmagnetyzowanej ustawiają się w kierunku biegunu północnego lub południowego. Pierwsze z tych ustawień spinów nazywa się ustawieniem równoległym, drugie ustawienie antyrównoległym. Znaczna większość dipoli ustawia się równoległe. Wirujące protony /jądra atomowe/ ustawione równoległe magazynują nieco mniej energii kinetycznej niż te, które są ustawione antyrównoległe. Różnica tych poziomów energetycznych nie jest duża. Ilustruje to rys. 6.

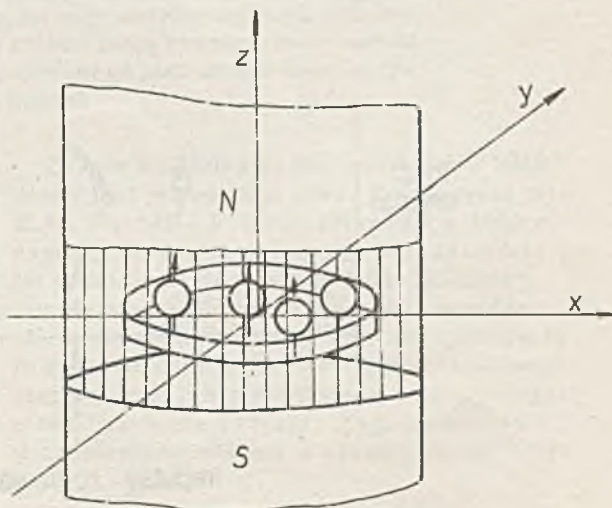
6. Przypadkowe uderzenie sąsiedniego atomu, dokonującego "ciepłego ruchu Brauna" może wytrącić atom próbki zmagnetyzowanej z ustawienia równoległego i spowodować, wobec istnienia zewnętrznego pola magnetycznego, przejście w ustawienie antyrównoległe. Tak więc w zmagnetyzowanej próbce atomy dokonują przypadkowych "termicznych" przestawień kierunków spolaryzowania. Przy zmianie pozycji równoległej w antyrównoległą wypromieniowują nadwyżkę energii w postaci jednego fotonu promie-

niowania elektromagnetycznego o częstotliwości radiowej.

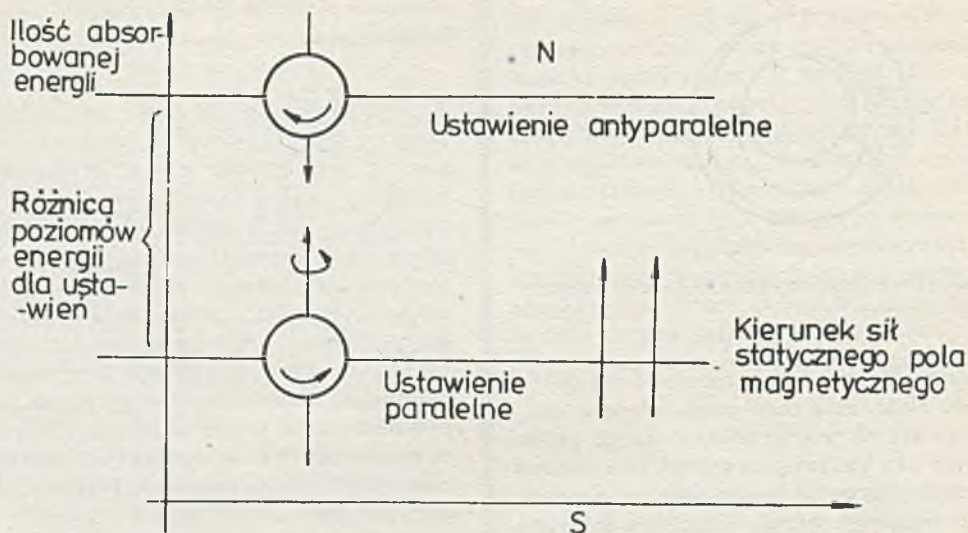
7. Ustawienie spinów może być zmienione w jeszcze jednej, odmiennej sytuacji. Okazuje się, że jeśli próbkę poddać działaniu fal radiowych, czyli działaniu pola magnetycznego notującego wokół próbki z częstotliwością radiową czyli częstotliwością rzędu 5 - 40 MHz, to wówczas protony i ewentualnie inne jądra atomowe przejdą z ustawienia równoległego w antyrównoległe. Po zaprzestaniu nadawania fal radiowych spiny powracają do ustawienia równoległego. Nadwyżka energetyczna jest wypromieniowana wtedy w postaci fal elektromagnetycznych o tej samej częstotliwości co zastosowane fale radiowe. Doświadczenie takie zilustrowano na rys. 7 i 8.

8. Bodziec radiowy można powtarzać wielokrotnie, uzyskując ten sam efekt o ile odstęp kolejnych bodźców jest rzędu ułamka sekundy /czasami potrzeba odstępu rzędu jednej lub kilku sekund/. Ponowne nadanie sygnału radiowego powoduje ponowną zmianę ustawienia i ponowne wypromieniowanie nadwyżki energetycznej w postaci fal radiowych. Jądra atomowe naprzemiennie absorbują i emitują energię, czyli rezonują z nadawanymi impulsami radiowymi. Stąd bierze się właśnie nazwa jądrowego rezonansu magnetycznego.

9. Zjawisko rezonansu zachodzi jednak tylko dla ściśle określonej częstotliwości, proporcjonalnej do siły stosowanego pola magnetycznego. Należy dodać, że uzyskanie równoległego ustawienia spinów jąder atomowych różnych pierwiastków wymaga różnych przedziałów siły pola magnetycznego. Tak dobrana częstotli-



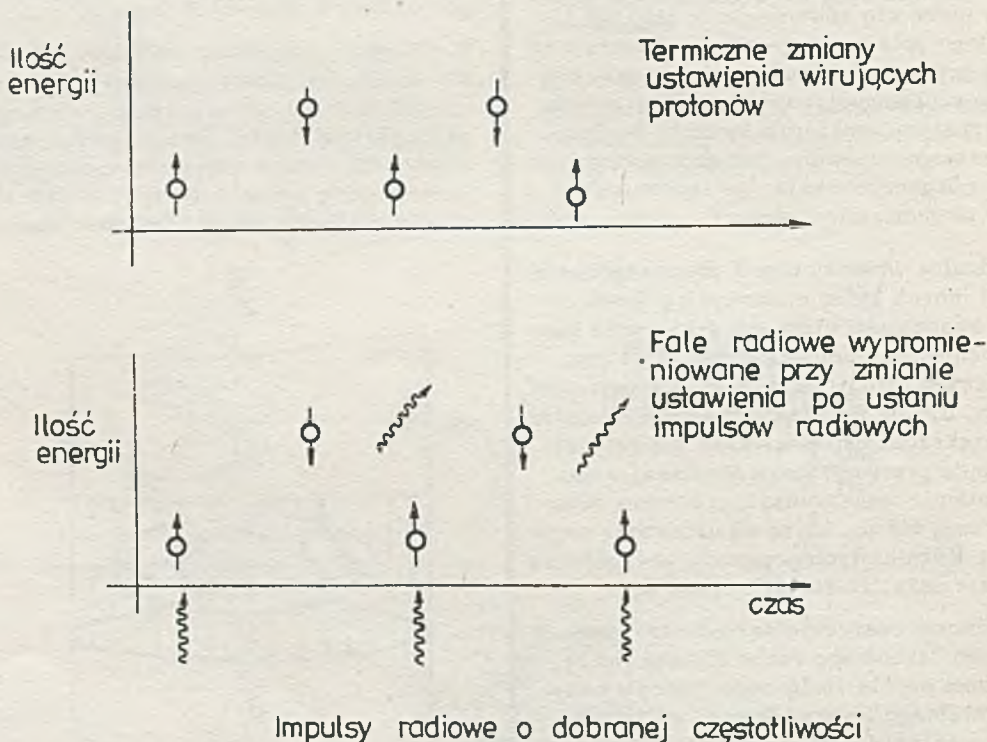
Rys. 5. W próbce poddanej działaniu zewnętrznego silnego pola magnetycznego momenty magnetyczne protonów orientują się równoległe do linii sił pola magnetycznego /w osi z/



Rys. 6. Różnice poziomów energii posiadanej przez protony wirujące w ustawieniu paralelnym i antyparalelnym względem sił statycznego pola magnetycznego

wość, która wywołuje rezonans nazywana jest częstotliwością Larmora. Dla przykładu: częstotliwość Larmora dla jąder wodoru, czyli protonów wynosi dla pola magnetycznego i o sile 0,35 T /3500 gaussów/ około 15 MHz. Odpowiada to falam radiowym o długości około

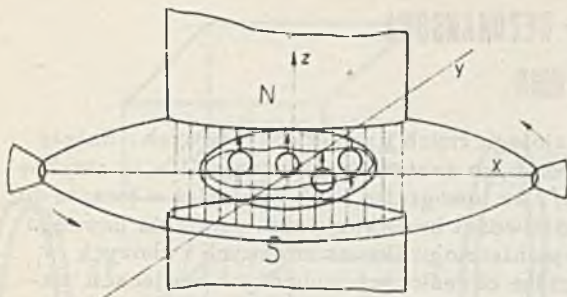
20m. Ścisłej mówiąc częstotliwość rezonansu  $\nu$  jest wprost proporcjonalna do siły statycznego pola magnetycznego  $B_0$  i wprost proporcjonalna do tzw. stałej żyromagnetycznej  $\gamma$  charakterystycznej dla danego pierwiastka chemicznego. Wyraża się to wzorem:



Impulsy radiowe o dobranej częstotliwości

Rys. 7. Zmiany poziomu energetycznego protonów, zmieniających ustawienie pod wpływem ruchów termicznych Brauna oraz pod wpływem impulsów radiowych



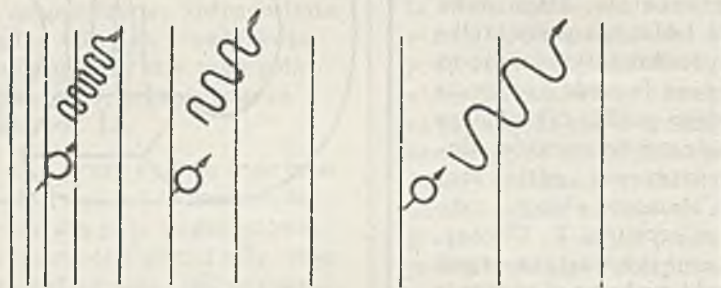


Rys. 8. Impuls radiowy jest równoważny szybkozmiennemu polu magnetycznemu wirującemu w płaszczyźnie  $\langle x, y \rangle$ . W czasie takiego impulsu osie spinów odchylają się od osi z w kierunku płaszczyzny  $\langle x, y \rangle$

$$\nu_r = B_0 / \gamma / 2\pi$$

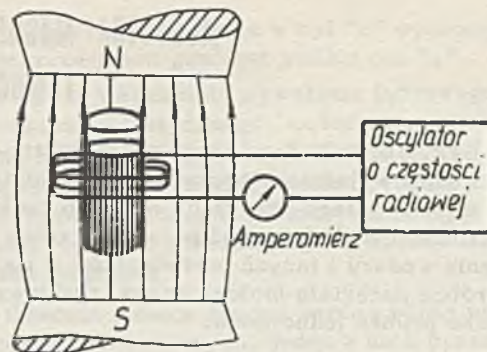
Sygnal emitowany ma tą samą częstotliwość co fala absorbowana. Poglądowo ilustruje to rys. 9.

10. Wyliczone powyżej dane pozwalają wyjaśnić zasadę działania najprostszego spektrometru



Rys. 9. Impuls radiowy, który ma zmienić ustawienie wirujących protonów musi mieć częstotliwość dobraną do siły statycznego pola magnetycznego  $B_0$ . Emitowane wtedy fale radiowe mają częstotliwość wprost proporcjonalną do  $B_0$ . Siła pola magnetycznego jest zaznaczona na rysunku przez zbliżenie wyrysowanych kresek

tru NMR, pozwalającego ustalać stężenie różnych pierwiastków dla małej próbki, traktowanej jako próbka jednorodna. Schemat ideowy takiego przyrządu przedstawiono na rys. 10. Przez uwidocznioną na nim cewkę nadawane są krótkie sygnały radiowe i częstotliwości Larmora. Natomiast po zaprzestaniu nadawania takiego sygnału odbierany jest przez tę samą cewkę, działający wtedy jak antena odbiorcza, sygnał emitowany przez jądra atomowe, powracające z ustawienia antyparalelnego



Rys. 10. Zasada konstrukcji najprostszego spektrometru NMR

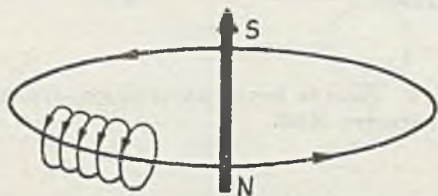
w ustawienie paralelne. Sygnal da się zarejestrować, ponieważ zjawisko to zachodzi jednocześnie w bardzo wielu atomach w jednym momencie czasowym. Emitowany sygnał po chwili wygasa /czas rzędu kilkudziesięciu milisekund/. Maksymalna amplituda drgań jest proporcjonalna do stężenia wodoru /lub ewentualnie innych pierwiastków/ w badanej próbce.

Zasada działania radiospektrometru NMR znana jest już od 1946 roku. Za odkrycie jej E.M. Purcell i F. Bloch otrzymali w 1952 r. nagrodę Nobla. Mniej więcej w dwadzieścia lat później, czyli w latach 1971-73 ukazały się pierwsze publikacje dotyczące problemu jak zasadę tę rozszerzyć tak, aby możliwe było sporządzanie przekrojowej mapy lokalnego stężenia różnych pierwiastków wnętrza organizmu człowieka [10,17]. Zagadnienia te przedstawione zostaną w drugiej części artykułu.

# MEDYCYNA MAGNETYCZNO-REZONANSOWA

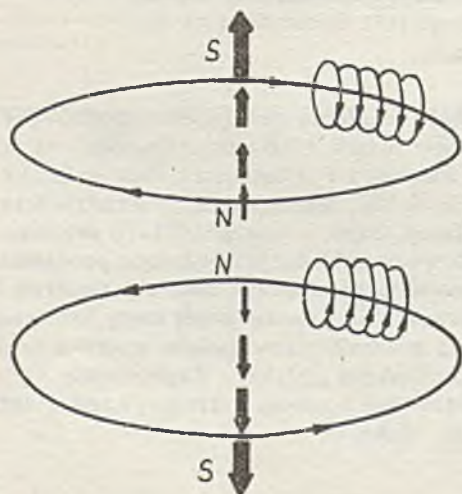
## TOMOGRAFIA NMR

W I cz. artykułu dotyczącej radiospektrometrii NMR wyjaśniono poglądowo istotę działania dość prostego przyrządu zwanego radiospektrometrem, który umożliwia oznaczenie stężenia wodoru i innych pierwiastków w małej próbce materiału biologicznego, traktowanej jako próbka jednorodna.



Rys. 11. Linie sił pola magnetycznego jakie wytwarza się wokół drutu kołowego przez który przesyłany jest stały prąd elektryczny

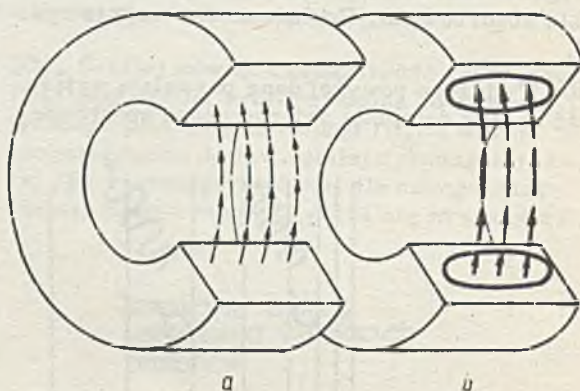
Tomografia NMR polega na bezinwazyjnym sporządzaniu mapy stężenia wodoru lub innego pierwiastka chemicznego na dowolnie wybranym płaszczyznowym przekroju ciała. Mapa taka podaje lokalne stężenia badanego pierwiastka na całej płaszczyźnie przekroju. Stężenie to jest odwzorowywane przez jasność /stopień szarości/ danego punktu takiej mapy. Są to więc mapy analogiczne do obrazów klasycznej tomografii komputerowej, gdzie stopień szarości pewnego elementu obrazu odwzorowuje pochłanianie promieni X. Obrazy NMR, podając skład chemiczny wnętrza organizmu, będą dla diagnostyki medycznej znacznie bardziej wartościowe niż klasyczne, rentgenowskie mapy absorpcji. Przybliżają one bowiem diagnostę bardziej do istoty procesów



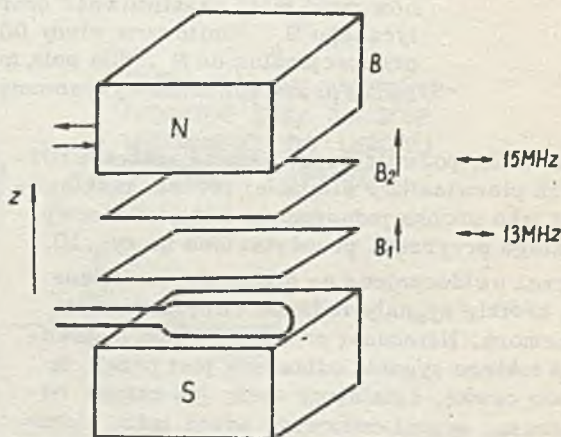
Rys. 12: Linie sił i wektor główny pola magnetycznego wytwarzanego przez dwa druty kołowe przesyłające prąd w odwrotnym kierunku

fizjologicznych i zmian chorobowych. Należy dodać /co zostanie omówione w III cz. artykułu/, że tomografia NMR prowadzi w istocie do możliwości bezinwazyjnego ustalania pewnego typu histologii tkanek zdrowych i chorych w ściśle określonych wybranych miejscach narządów ciała /tzw. celowana, bezinwazyjna "biopsja bez biopsji"/.

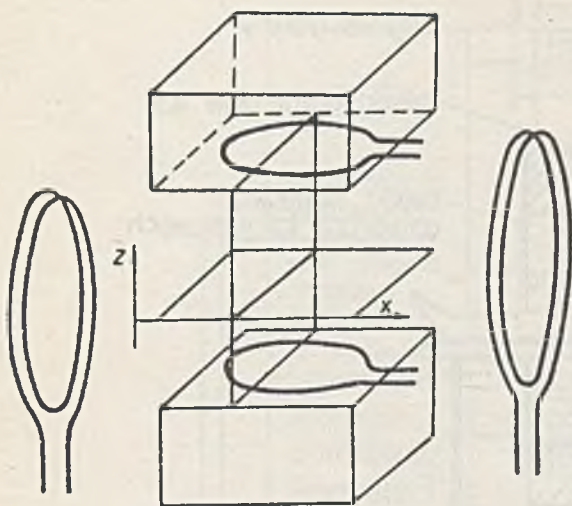
Celem wyjaśnienia poglądowo istoty tomografii magnetyczno-rezonansowej należy wprowadzić kilka podstawowych pojęć fizycznych. Zostaną one podane w ponumerowanych punktach. Numeracja ta rozpoczyna się od liczby 11, gdyż uwzględnia kolejność pojęć wprowadzonych we wstępnej części artykułu. Punkty 11 - 16 zmierzają do wyjaśnienia istoty tzw. gradientu stytycznego pola magnetycznego.



Rys. 13. Gradient pola magnetycznego wytworzony przez magnes stały i dwa druty kołowe



Rys. 14. Wobec istnienia gradientu pola magnetycznego wzdłuż osi "z" zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego dla danej konkretnej częstotliwości fal radiowych zachodzi jedynie w jednej płaszczyźnie prostopadłej do osi z



Rys. 15. Układ dwóch gradientów: w osi  $z$  i w osi  $x$ . Dla danej konkretnej częstotliwości fal radiowych rezonans wystąpi tylko wzdłuż jednej linii wybranej płaszczyzny

11. Jeśli przez drut wygięty w kształcie koła lub zwój drutu w kształcie cewki przesłać stały prąd elektryczny, to wokół tego drutu wytworzy się pole magnetyczne, którego linie sił będą się rozkładać tak, jak przedstawia to rys. 11. Kierunek ogólnej siły tego pola magnetycznego będzie taki, jaki wyznacza większa strzałka na rys. 11.

12. Jeśli zestawimy dwa druty kołowe tego typu i przesłać przez nie prąd w odwrotnych kierunkach, to wytworzy się pole magnetyczne, którego linie sił i kierunek ogólnej siły tego pola magnetycznego będzie taki, jak przedstawiono na rys. 12.

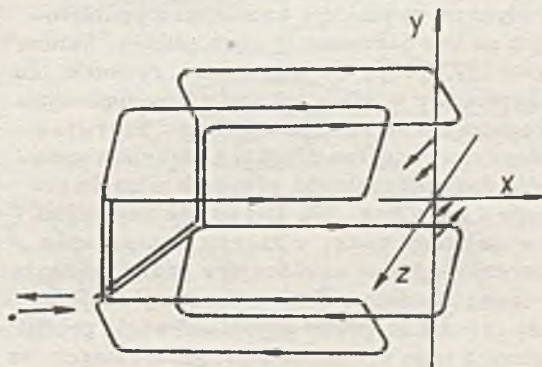
13. Korzystając z opisanych wyżej drutów kołowych można zbudować urządzenie zilustrowane na rys. 13. Stały magnes "a" wytwarza jednorodne stałe pole magnetyczne. Jeśli dołożyć do niego dwa druty kołowe tak jak w rys. 13b i przesłać przez nie prąd tak jak opisano to w punkcie 12, to powstanie pole magnetyczne, którego natężenie zwiększa się systematycznie, idąc w kierunku północnego bieguna magnesu. Natężenie to zmienia się proporcjonalnie /liniowo/ do odległości od bieguna południowego. Mówimy więc, że wytworzono gradient pola magnetycznego. Gradient wytworzony wzdłuż linii sił pola magnetycznego oznaczamy na ogół gradientem "z".

14. W pkt. 9 I cz. niniejszego artykułu stwierdzono, że zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego zachodzi dla częstotliwości fal radiowych ściśle dobranej do siły pola magnetycznego. Staje się więc oczywiste, że jeśli użyć jednej określonej częstotliwości, to wobec istnienia gradientu, zjawisko rezonansu zaistnieje tylko w jednej płaszczyźnie, równoległej do biegunów magnesu. Ilustruje to rys. 14.

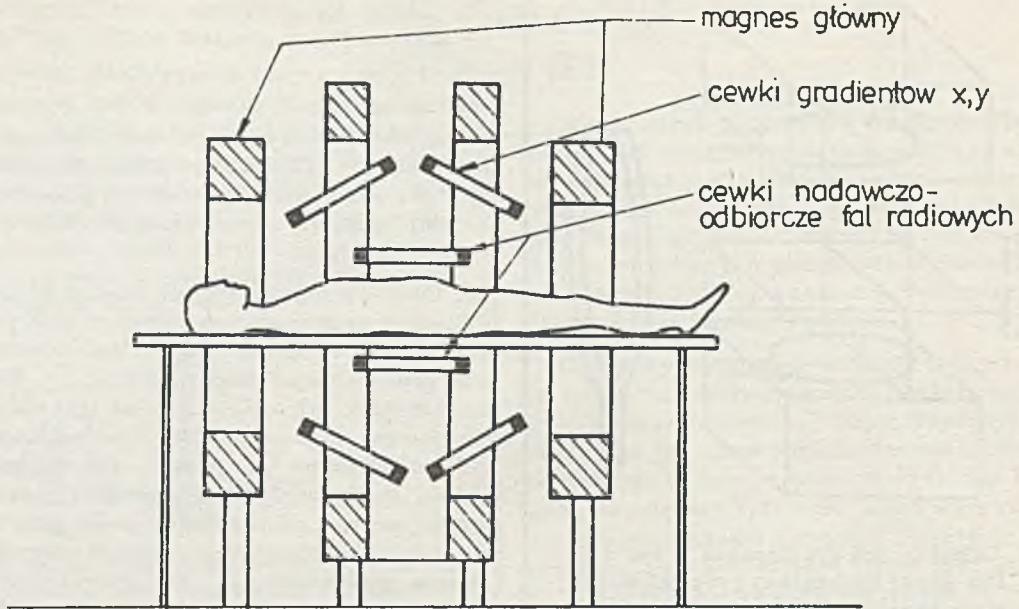
15. Jeśli prócz gradientu w osi "z" wytworzymy jeszcze jeden gradient wzdłuż osi "x" - rys. 15, to warunki do wywołania jądrowego rezonansu magnetycznego, wobec stosowania jednej określonej częstotliwości fal radiowych, będą istniały tylko wzdłuż jednej wybranej linii /skrawka/ jednej określonej płaszczyzny, z całej objętości mieszczącej się między biegunami magnesu.

16. Obecnie stosuje się już bardzo różne układy cewek gradientowych. Jeden z nich przedstawiono na rys. 16. Sposób wmontowania cewek gradientowych ilustruje rys. 17. Widać na nim także jak umiejscowiona jest względem nich cewka nadawczo-odbiorcza bodźców radiowych. Istotne jest jednak, aby uświadomić sobie, że dla otrzymania jednego obrazu NMR konieczne jest zastosowanie całej gamy częstotliwości fal radiowych, po czym konieczna jest zmiana gradientów  $x$ - $y$ . Po zmianie gradientów ową "gamę" częstotliwości fal radiowych stosuje się ponownie, wybierając skrawki tej samej płaszczyzny pod innym kątem. Otrzymuje się wtedy inny rzut tej płaszczyzny /inny profil brzeźny/, analogicznie do klasycznej tomografii komputerowej, w której głowica naświetla obiekt także pod różnymi kątami. Uzmysłowanie sobie możliwości włączenia gradientów pod różnymi kątami ułatwia rys. 18. Przedstawiono na nim wiele cewek gradientów  $x$ - $y$ , które przełącza się w trakcie zbieranych danych koniecznych dla uzyskania jednego obrazu NMR. Dane uzyskane w trakcie kolejnych "napromieniowań falami radiowymi" dla kolejnego układu gradientów /kolejny profil brzeźny/ zapamiętuje się w pamięci komputera.

17. Ogólny schemat ideowy tomografu NMR przedstawia rys. 19. W czasie badania pacjent poddany jest działaniu silnego pola magnetycznego wytwarzanego przez magnes główny. W trakcie uzyskiwania obrazu jednej płaszczyzny prostopadłej do osi "z", rozciągającej się wzdłuż linii sił głównego pola magnetycznego, stosowana jest wielokrotna zmiana gradientów



Rys. 16. Często stosowany układ cewek gradientów  $\langle x, y \rangle$



Rys. 17. Jeden ze stosowanych sposobów wmontowania cewek gradientów z, x, y oraz cewek nadawczo-odbiorczych impulsów radiowych tomografu NMR

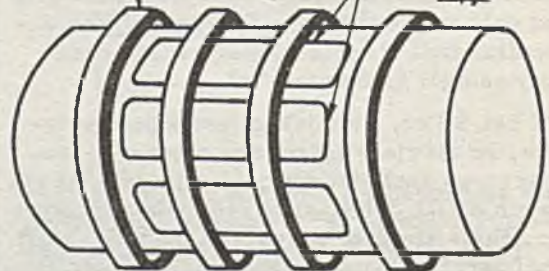
x, y. Zmianami gradientów steruje komputer. Po każdej zmianie gradientów stosowana jest cała gama częstotliwości impulsów radiowych. Jedną konkretną częstotliwość pozwala na uzyskanie danych z jednego wzdłużnego skrawka płaszczyzny. Jednorazowa gama częstotliwości daje jeden profil brzeżny, który jest zapamiętywany w pamięci komputera. Po zmianie gradientów uzyskuje się kolejny profil brzeżny przekroju tej samej płaszczyzny. Dane są ponownie zapamiętywane. Na ogół uzyskuje się 128 lub 256 takich profili /co  $2^0 - 1,5^0$ /. Po skompletowaniu w pamięci komputera wszystkich profili brzeżnych komputer uruchamia tzw. algorytm /program/ rekonstrukcji obrazu.

18. Algorytm /program/ rekonstrukcji obrazu z zapamiętanych profili brzeżnych buduje obraz struktur wewnętrznych na przekroju ciała. Zasadę działania takiego programu starano się przedstawić intuicyjnie na rys. 20 i 21. Rys. 20 jest słynnym rysunkiem Lauterbur opublikowanym po raz pierwszy w czasopiśmie "Nature" w roku 1973 [17]. Od tego czasu rysunek ten był kopiowany w wielu artykułach poglądowych analogicznych do niniejszej pracy. Pierwsze obrazowanie wnętrza obiektu Lauterbur wykonał dla doświadczalnego przedmiotu zobrazowanego u góry /rys. 20/. Był to szklany cylinder wypełniony wodą, w którym umieszczono dwie rurki szklane zawierające różne stężenia siarczanu manganu. Przy pomocy opisanych wyżej zasad Lauterbur uzyskiwał wiele profili brzeżnych tego przedmiotu przedstawionych na dole rysunku. Dla tak prostego obiektu nawet prosta rekonstrukcja geometryczna umożliwia wytworzenie z profili brzeżnych obrazu wnętrza obiektu. Na rys. 20 linie przerywane bieg-

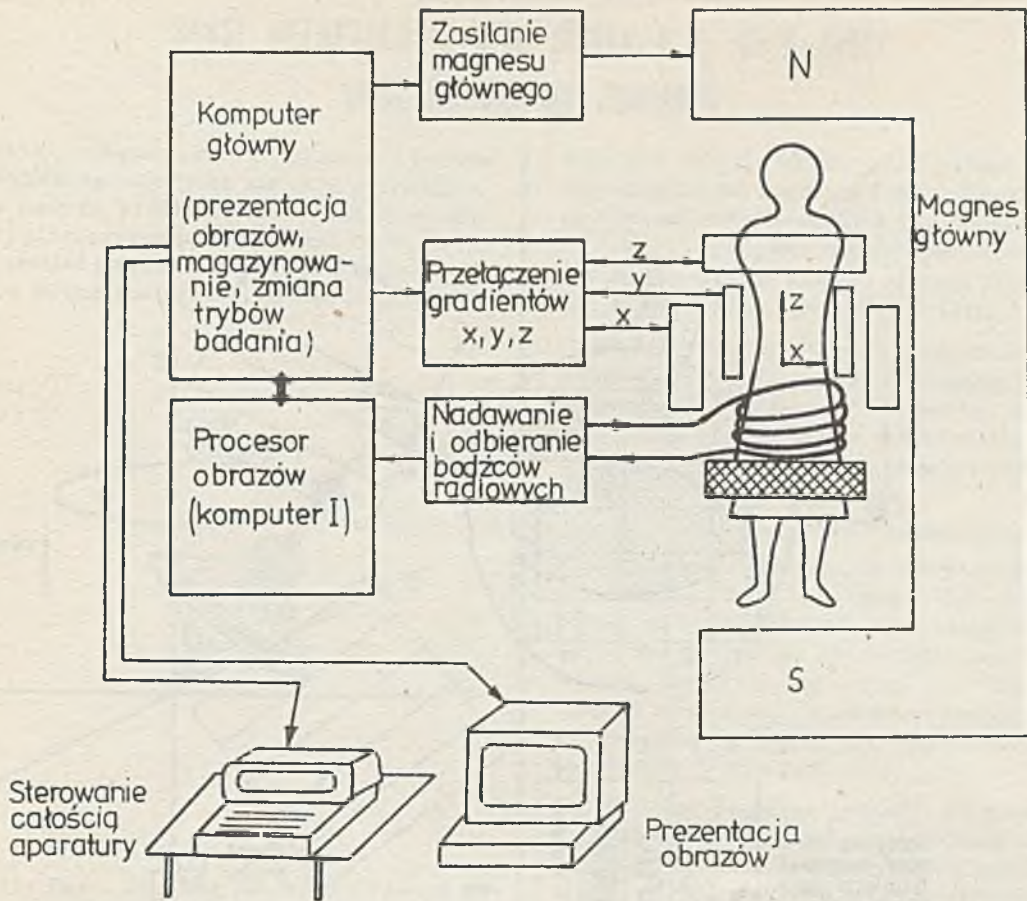
nące od profili brzeżnych "wstecz do planu /mapy/ obiektu" dokonują tej rekonstrukcji. Omówiony sposób rzutowania z profili brzeżnych wstecz dał nazwę całej grupie algorytmów rekonstrukcji zwanych algorytmami typu "back projection". W istocie algorytmy te są identyczne lub bardzo podobne do tych, które opracował Cormack w latach sześćdziesiątych naszego stulecia dla potrzeb klasycznej już dzisiaj rentgenowskiej tomografii komputerowej /tomografia CT/ [6, 7].

19. Różnice w uzyskiwaniu danych dla rekonstrukcji obrazów pomiędzy tomografią CT a NMR są ważne, gdyż pozwalają na pojęciowe przejście do nowej generacji programów rekonstrukcji opartej o tzw. dwuwymiarową transformację Fouriera /2 DFT/. Ten sposób rekonstrukcji obrazów jest obecnie stosowany najczęściej, gdyż jest bardzo zbliżony do natury zjawiska rezonansu magnetycznego. Zrozumienie istoty algorytmów typu 2 DFT w naszym

cewki główne  
pole cewki cewki  
magnetyczne gradientu gradientów  
z x,y



Rys. 18. Inny układ cewek gradientów x, y o łatwej interpretacji pojęciowej przełączenia gradientów

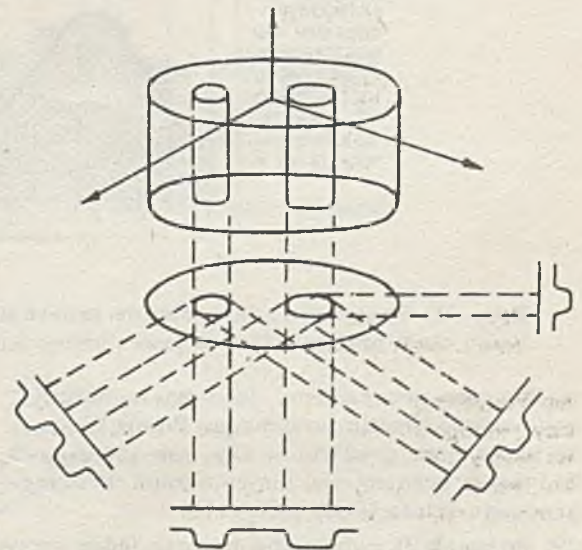


Rys. 19. Schemat ideowy tomografu NMR

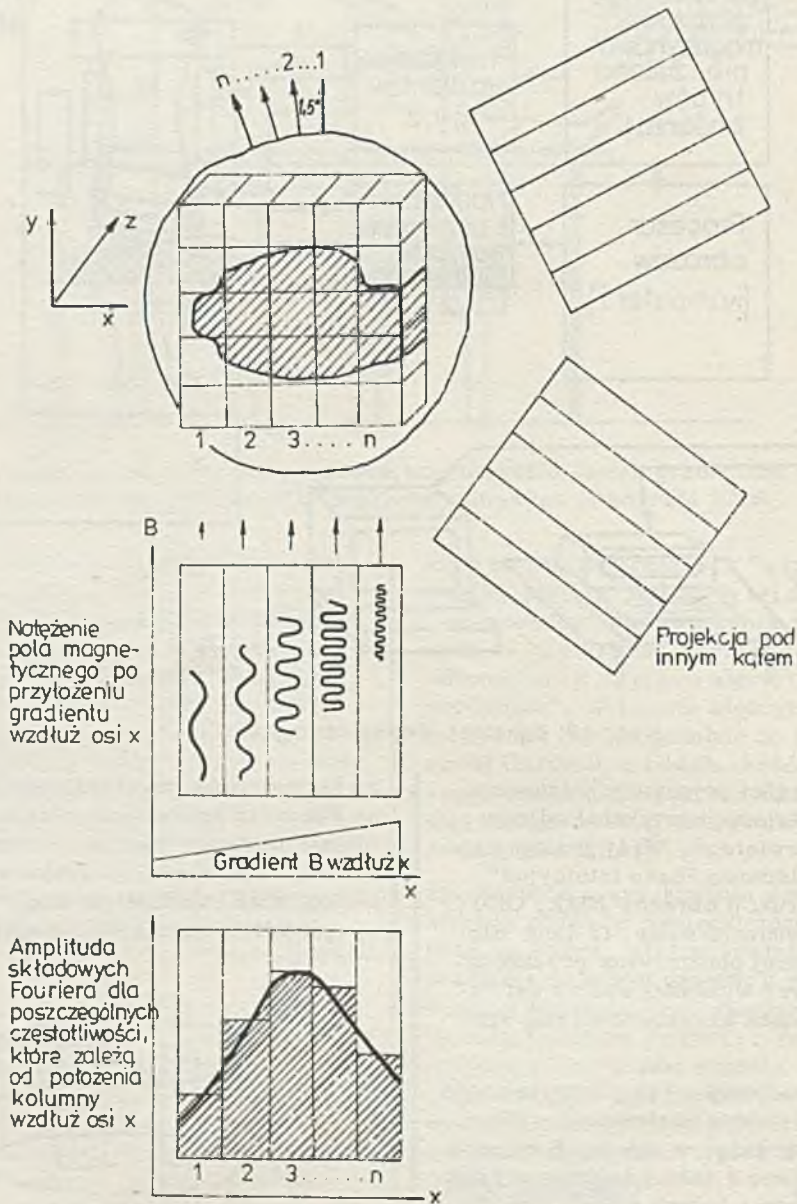
stopniowaniu trudności pojęciowych /zamieszczonej w I cz. niniejszego artykułu/ odłożyliśmy do etapu dziewiątego. Niżej podamy więc tylko nieliczne dodatkowe "dane intuicyjne" dotyczące rekonstrukcji obrazów NMR. Otóż ważne jest uświadomienie sobie, iż dane dla jednego profilu jednej płaszczyzny przekrojowej /rys. 21 - góra/ wybranej wzdłuż osi "z" /gradientu "z"/ można uzyskiwać dwoma sposobami.

Po włączeniu gradientu  $x$  /co ilustruje część środkowa rys. 21/ można zastosować różne częstotliwości, uzyskując w kolejnych etapach za każdym razem dane z jednej kolumny tej płaszczyzny. Praktycznie jednak stosuje się bodziec radiowy stanowiący mieszaninę fal o zbliżonych lecz różnych częstotliwościach i potem odbiera się sygnał będący także "mieszaniną" fal o różnych częstotliwościach. Amplituda fal każdej z tych częstotliwości, wobec istnienia gradientu  $x$ , odpowiada stężeniu badanego pierwiastka w jednej z kolumn wybranej płaszczyzny. Istnieje od dawna w matematyce metoda umożliwiająca przedstawienie pewnej funkcji /dla przykładu owego odbieranego sygnału radiowego/ poprzez kilka składowych harmonicznych /okresowych/ o różnych częstotliwościach. Metodę tą nazwano rozkładem funkcji na szeregi Fouriera lub inaczej anali-

zę harmoniczną Fouriera. Analiza harmoniczna Fouriera zobrazowana intuicyjnie na rys. 21 jest pierwszą operacją matematyczną dokonywaną współcześnie w trakcie rekonstrukcji obrazu NMR. Oddaje się nawet jej realizację wyspecjalizowanemu minikomputerowi zwane-



Rys. 20. Rysunek P. C. Lauterbura wyjaśniający intuicyjnie zasadę działania algorytmów rekonstrukcji obrazów typu "back projection"



Rys. 21: Poglądowe zobrazowanie tworzenia jednego profilu brzeżnego danych o przekroju ciała przetwarzanych przez komputer tomografu magnetyczno-rezonansowego

mu Fourier-procesorem. Jego działanie dotyczy jednego profilu brzeżnego. Potem konieczna jest zmiana gradientów x-y, tak aby uzyskać profil brzeżny pod innym kątem. Fourier-procesor działa wtedy ponownie.

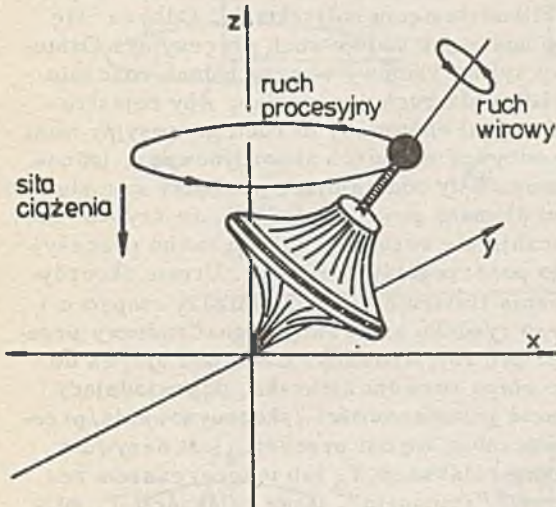
20. Rysunek 21 uwidacznia jeszcze jeden szczegół, który przydatny będzie w następnej części artykułu. Otóż wybrana gradientem "z" płaszczyzna przekroju przez ciało /badany obiekt/ podzielona jest przez kierunek  $0^\circ$  i kierunek  $90^\circ$  na małe sześciangi, które nazwane są voxelami /od ang. "volume element"/. Po działa-

niu programu rekonstrukcji, który działa na profilach, czyli całych zestawach kolumn voxelów uzyskuje się tablice pixeli /od ang. picture element/, które umożliwia wyświetlanie obrazu na ekranie monitora komputera zwanego w tym zastosowaniu często grafoskopem. Każdy pixel zapamiętuje stężenie wodoru lub innego badanego pierwiastka, które ostatecznie jest odwzorowane na ekranie pewnym stopniem szarości. Macierz pixeli ma na ogół rozmiary  $256 \times 256$ , a stopień szarości zapamiętywany jest przez jedną z kombinacji 8 bitów.

# MEDYCYNA MAGNETYCZNO-REZONANSOWA

## CZASY RELAKSACJI $T_1$ /SPIN-SIATKA/ i $T_2$ /SPIN-SPIN/ ORAZ METODY ICH POMIARÓW

Zjawiska magnetyczno-rezonansowe pozwalają wyznaczyć nie tylko stężenie pierwiastków w małych próbkach lub w każdym voxelu pewnej płaszczyzny przekrojowej ciała, lecz także ustalić pewne właściwości fizyczne. Ogólnie można stwierdzić, iż owe własności



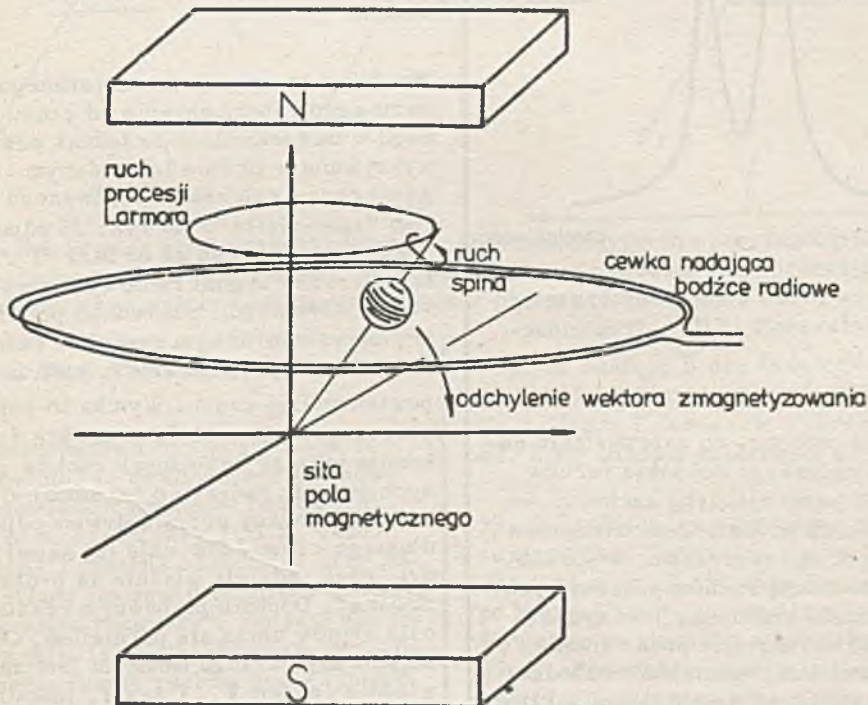
Rys. 22. Bąk - zabawka lub bąk żyroskopu wytrącony z równowagi dokonuje ruchu procesyjnego

fizyczne dotyczą konsystencji próbki. Obecnie oznacza się dwie wielkości fizyczne zwane czasami relaksacji  $T_1$  i  $T_2$ , które w przybliżeniu i intuicyjnie można odnosić do płynności /ilości wolnej wody/ i stopnia krystalizacji próbki lub danego miejsca ciała.

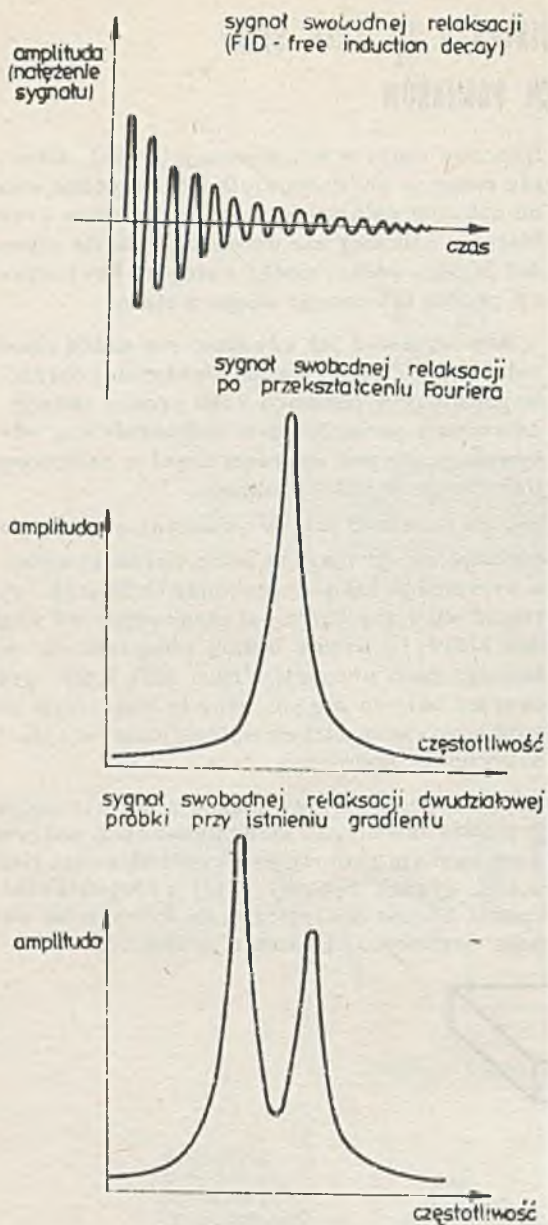
Aby wyjaśnić jak uzyskuje się miarę czasów relaksacji  $T_1$  i  $T_2$  należy dokładniej opisać wspomniany w punktach 7-10 proces zmiany ustawienia paralelnego w antyparalelne, odbywający się pod wpływem impulsu radiowego. Uczynię to w kilku punktach.

21. Zwyczajowo już, wspomniany proces porównuje się do zjawisk, jakie można wywołać u wirującego bąka-żyroskopu. Otóż jeśli wytrącić wirujący bąk z osi pionowej, to oś względem której on wiruje będzie zmieniała się wykonując ruch precesji /rys. 22/. Ruch precesyjny odbywa się po coraz to mniejszym kłble, a oś wirowania ruchem spiralnym wraca do ustawienia pionowego.

22. Podobne zjawisko zachodzi dla wirujących protonów lub innych jąder atomowych pod wpływem sygnału radiowego o częstotliwości Larmora. Sygnał radiowy o tej częstotliwości /punkt 9/ jest analogiczny do wytrącenia osi bąka żyroskopu. Ilustruje to rys. 23.



Rys. 23: Ruch precesyjny osi spinu protonu wywołany przez nadanie impulsu radiowego o częstotliwości Larmora.



Rys. 24. Odbierany przez antenę odbiorczą sygnał swobodnej relaksacji /FID - free induction decay/

23. Oś wirowania protonu, po zaprzestaniu nadawania sygnału radiowego dokonuje ruchów precesyjnych. To samo zjawisko zachodzi we wszystkich protonach próbki. Osie wirowania odchylają się i początkowo razem, w sposób skoordynowany, dokonują ruchów precesyjnych. W tym właśnie czasie emitowany jest sygnał radiowy, który odbierany jest przez antenę odbiorczą. Jest on zwany sygnałem swobodnej relaksacji /free induction decay signal - FID/. Odpowiadają mu jego wykresy przedstawione na rys. 24.

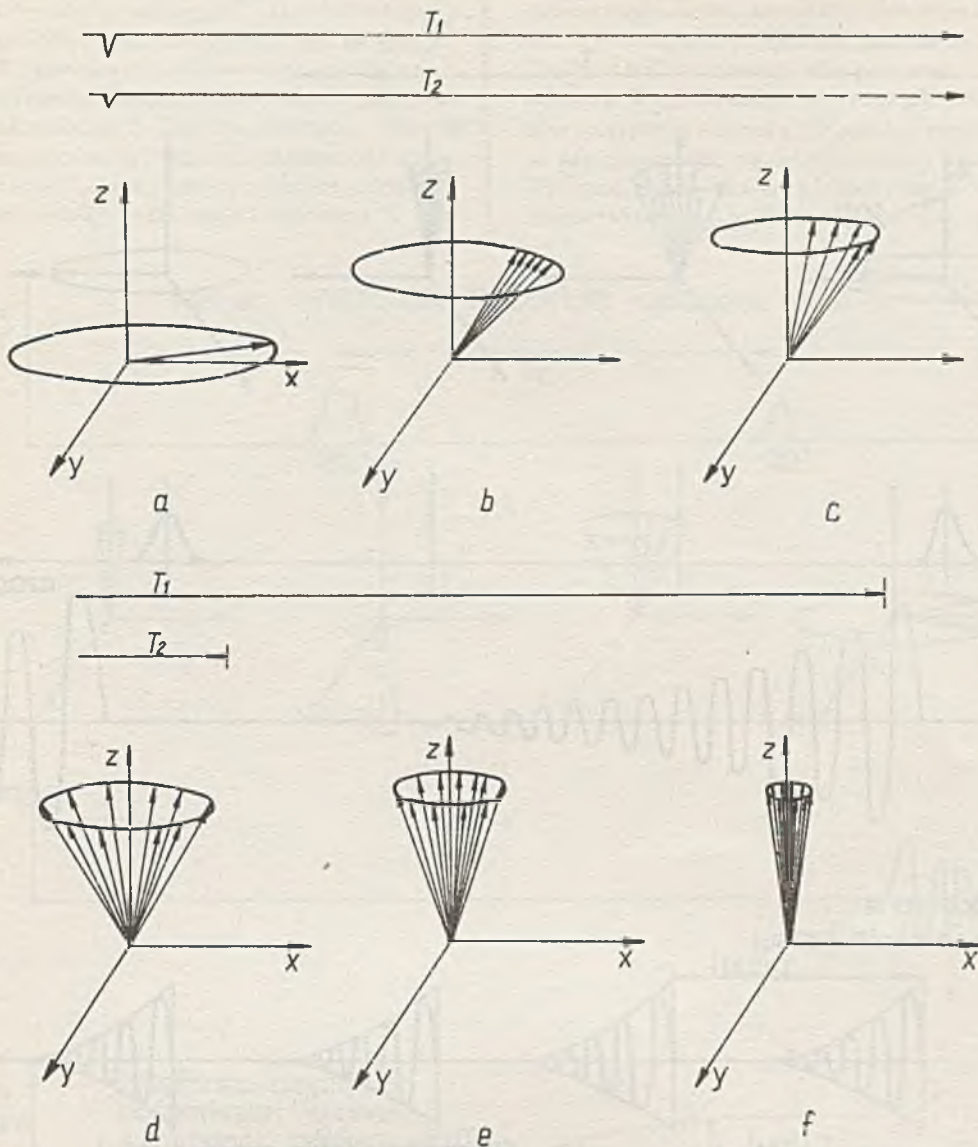
24. Nadawany sygnał radiowy o częstotliwości Larmora jeśli trwa dostatecznie długo i ma od-

powiednią siłę może sprawić, że wszystkie osie spinów wirować będą całkowicie w płaszczyźnie  $\langle x, y \rangle$ . Jest to tzw. impuls  $90^\circ$ . Abstrakcyjny makroskopowy wektor zmagnty-zowania próbki materiału biologicznego /pkt. 4/, także wiruje wtedy w płaszczyźnie  $\langle x, y \rangle$ . Analogiczny, dwukrotnie dłuższy sygnał radiowy jest w stanie zmienić ustawienie wszystkich osi spinów z pozycji paralelnej w anty-paralelną. Jest to tzw. impuls  $180^\circ$ .

25. Rys. 24 obrazuje fakt, iż sygnał swobodnej relaksacji dość szybko wygasa /czas rzędu kilkudziesięciu milisekund/. Odbiera się to w miarę jak maleje ruch precesyjny. Odbierany sygnał radiowy wygasa jednak znacznie szybciej niż ruch precesyjny. Aby rejestrować sygnał emitowany to ruch precesyjny musi się odbywać w sposób skoordynowany, jednofazowy. Siły oddziałujące pomiędzy sąsiadującymi atomami powodują jednak, że szybko zaznaczają się różnice w fazach ruchu precesyjnego poszczególnych atomów. Utratę skoordynowania ilustruje rys. 25. Między etapem c i d tego rysunku emitowany sygnał radiowy przestaje być rejestrowany. Czas, jaki upływa do tego etapu rozwoju zjawiska, odpowiadający utracie jednofazowości /skoordynowania/przemieszczania się osi precesji, jest nazywany czasem relaksacji  $T_2$  lub inaczej czasem relaksacji "spin-spin". Czas relaksacji  $T_2$  mierzy najsilniejsze powiązania pomiędzy sąsiadującymi atomami. Odpowiada on intuicyjnie biorąc, stopniowi krystalizacji /powiązań pomiędzy atomami/ materii danej próbki danego voxelu.

26. Mimo iż wygasanie odbieranego sygnału radiowego zależy głównie od czasu  $T_2$  mierzonego w milisekundach, to jednak pewne zjawiska wykrywane w próbce lub w danym voxelu zależą od czasu relaksacji  $T_1$  zwanego inaczej czasem "spin-siatka". Na rys. 25 odpowiada on rozwojowi procesu aż do fazy "f". Otóż mimo iż emitowany sygnał radiowy już wygasł, to próba szybkiego, ponownego pobudzenia próbki /lub voxelu/nowym sygnałem radiowym daje często mniejszą odpowiedź, jeśli nie minął pewien odstęp czasu. Wynika to stąd, iż osie poszczególnych atomów w próbce /voxelu/ dokonują jeszcze bezładnych ruchów precesyjnych. Impuls radiowy o tej samej sile i czasie trwania, podany przed upływem odpowiednio długiego czasu, nie daje tej samej odpowiedzi, gdyż zadziała właśnie na próbkę "zdefazowaną". Dopiero po pewnym czasie wszystkie osie spinów ułczą się paralelnie. Odstęp czasu, jaki mija do tego momentu jest mierzony właśnie czasem  $T_1$ . Czas  $T_1$  jest dłuższy dla płynów, krótszy dla ciał stałych i jest zależny od temperatury. Jest to czas rzędu ułamka sekundy, sekundy lub kilku sekund. Sądzi się, że odzwierciedla on w próbce "ilość wolnej wody". Płyny jednolite /jednorodne/ mają przy





Rys. 25. Proces utraty synchronizacji ruchów precesyjnych poszczególnych osi spinów po nadaniu impulsu  $90^\circ$ , który początkowo powoduje ruch precesji makroskopowego wektora zmagnetyzowania w płaszczyźnie  $\langle x, y \rangle$

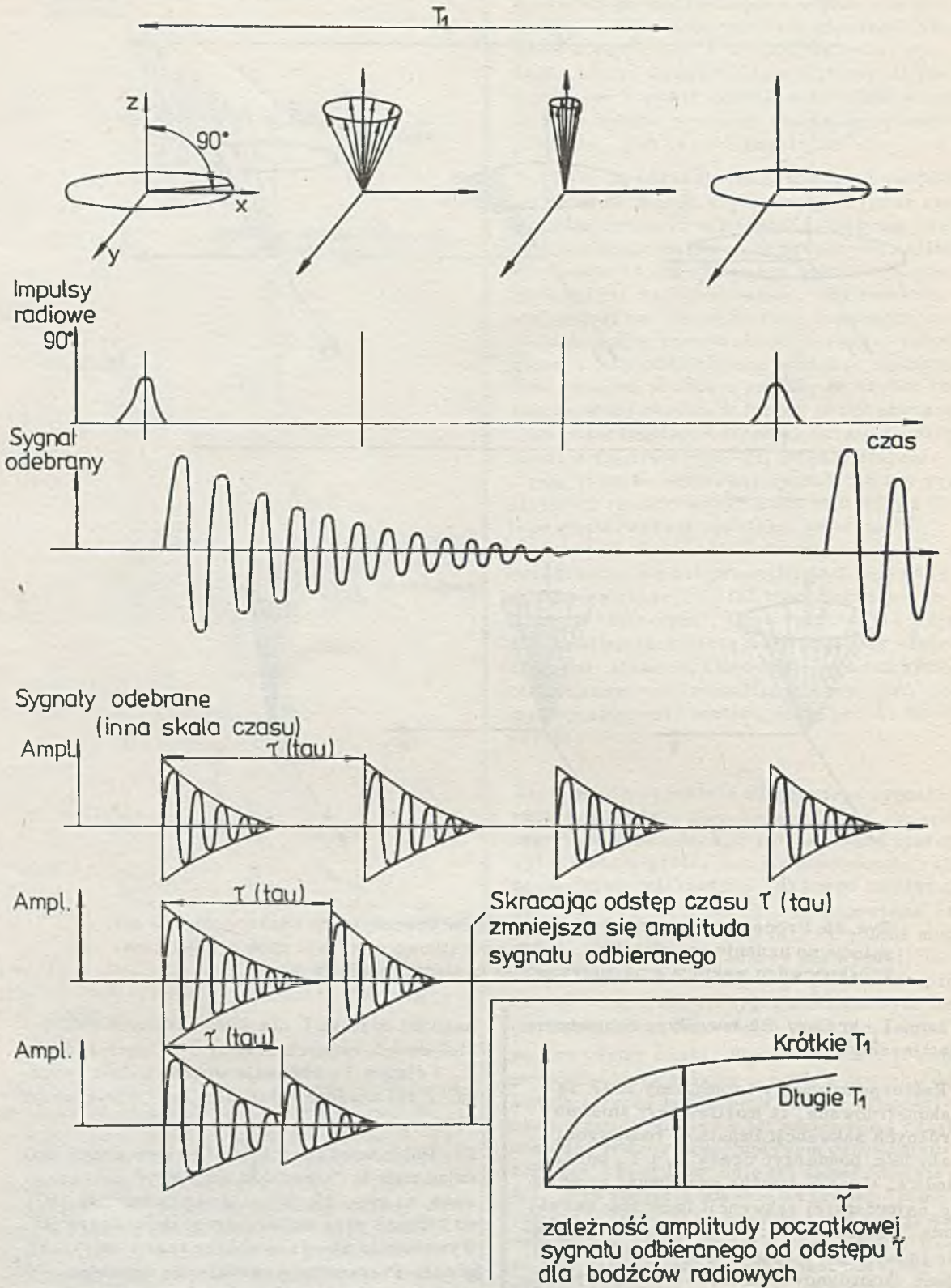
tym czas  $T_1$  krótszy niż tzw. płyny zabrudzone /z domieszką/.

27. Radiospektrometry i tomografy NMR są tak skonstruowane, iż możliwe jest stosowanie różnych sekwencji impulsów radiowych, tak aby móc pomierzyć czasy  $T_1$  i  $T_2$  bardzo dokładnie. Czas  $T_1$  można oszacować przy pomocy najprostszej sekwencji impulsów zwanej metodą "Saturation recovery". Stosuje ona jedynie impulsy  $90^\circ$ . Istotę jej ilustruje rys. 26. Stopień skoordynowania ruchów precesyjnych osi spinów w poszczególnych fazach procesu ilustruje górna partia rysunku. Jeśli odstęp pomiędzy impulsami /tau  $\tau$ / skracać tak, iż krótszy jest on od czasu  $T_1$ , to amplituda początkowa kolejnego impulsu będzie mniejsza. Zależność amplitudy początkowej sygnału odbiera-

nego od odstępu  $\tau$  dla dwóch różnych próbek /lub dwóch różnych voxelów/ o różnych krótkim  $T_1$  i długim  $T_2$ , obrazuje wykres u dołu rysunku. Z tej właśnie zależności da się wyznaczyć czas  $T_1$ .

28. Dokładniej czas  $T_1$  można wymierzyć stosując metodę "Inversion recovery" zobrażowaną na rys. 27. Stosuje się tu impulsy  $180^\circ$  po których pada zawsze drugi impuls typu  $90^\circ$ . Wywołuje to zjawisko zobrażowane na rys. 26. /góra/. Pierwotnie wywołuje się impulsem  $180^\circ$  ustawienie antyparalelne. Ostrza precesji wracają do ustawienia paralelnego. Zanim nastąpi całkowity powrót, po czasie  $\tau_2$  pada następny impuls typu  $90^\circ$ , który ponownie zmienia ustawienie osi spinów. Tym razem jednak tylko do płaszczyzny  $\langle x, y \rangle$ . Rejestruje się po tym

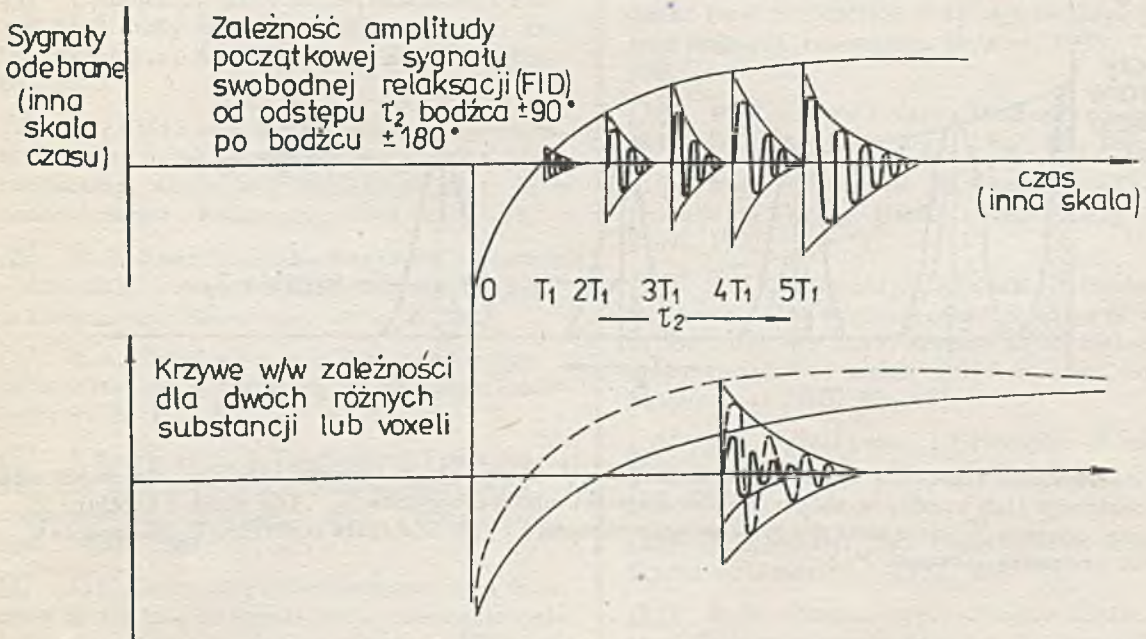
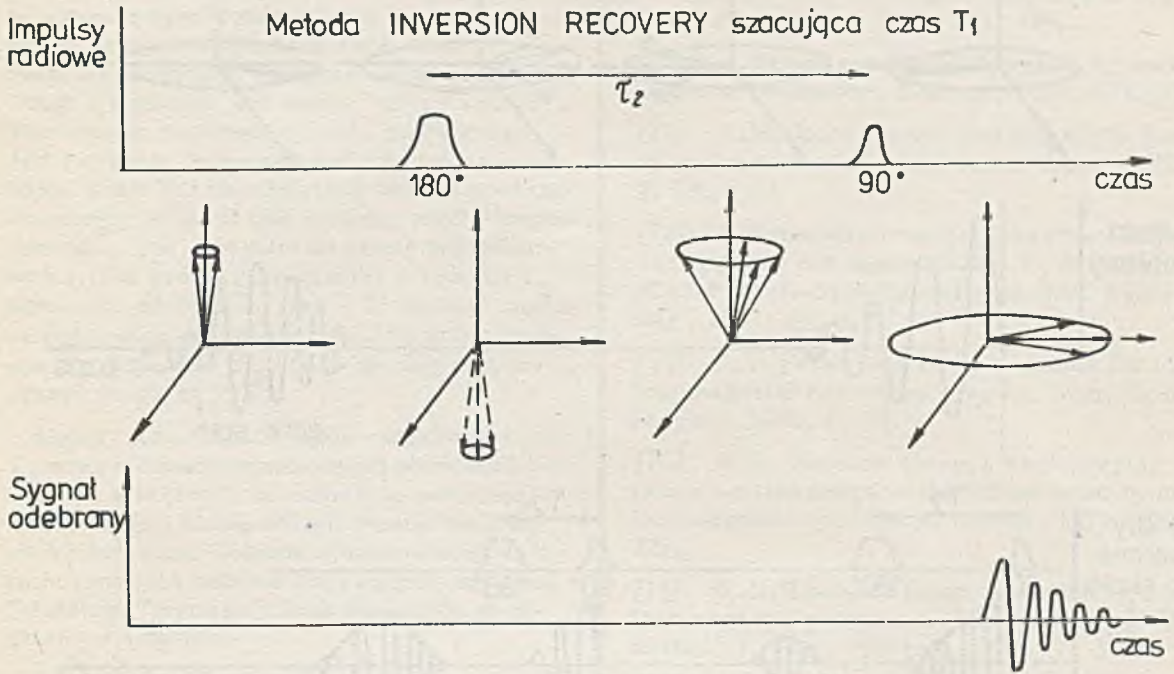
Metoda SATURATION RECOVERY szacująca czas relaksacji  $T_1$



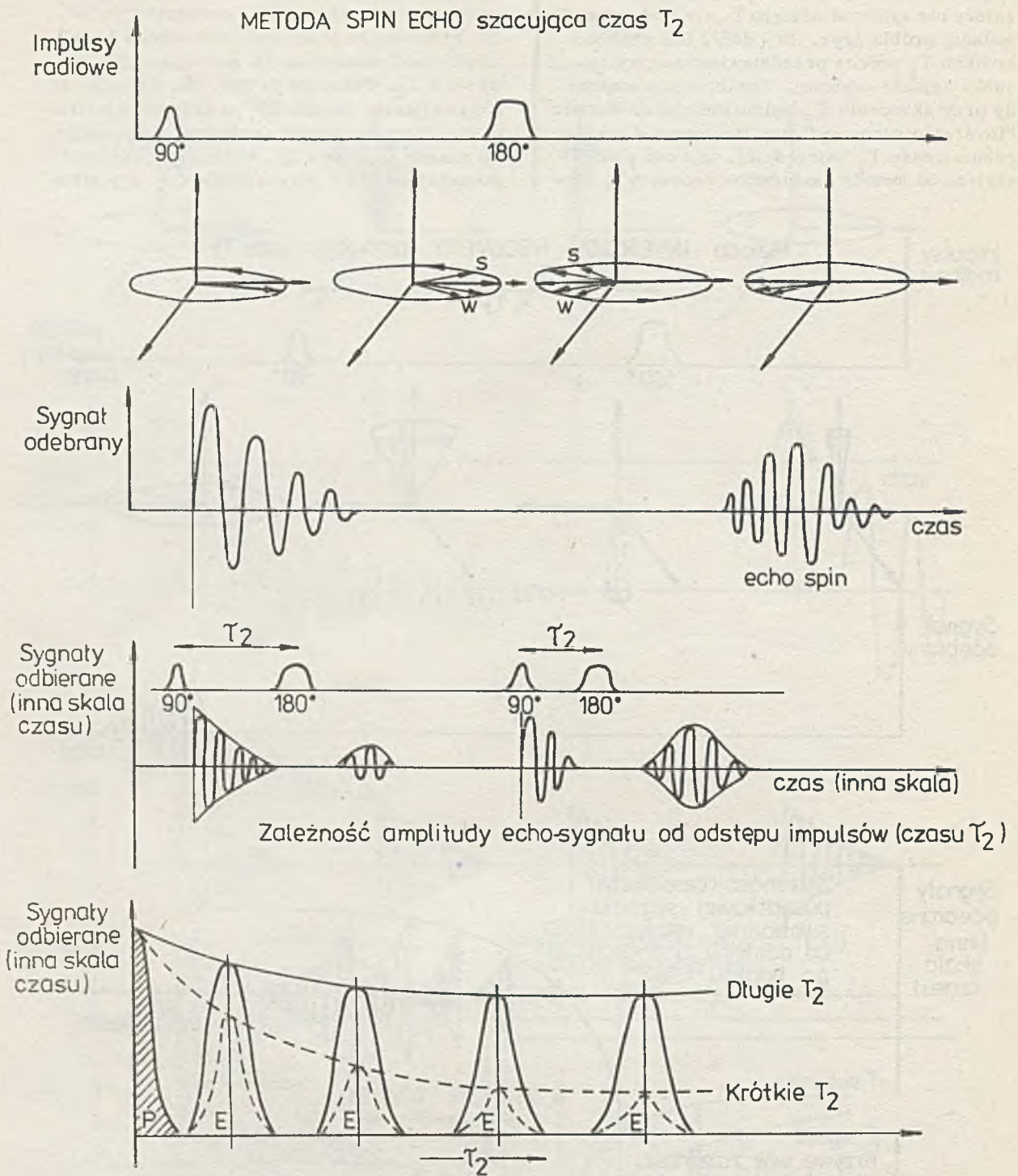
Rys. 26. Poglądowa ilustracja metody "saturation recovery" wyznaczającej precyzyjnie czas  $T_1$ . Należy zauważyć, iż u dołu rysunku zjawisko jest przedstawione w innej skali czasowej. Utrzymano symbole  $T$  i  $\tau$  /tau/ mimo mylącego podobieństwa, gdyż jest to już przyjęty zwyczaj międzynarodowy

sygnał swobodnej relaksacji. Jego amplituda zależy nie tylko od odstępu  $\tau_2$ , ale i od czasu  $T_1$  badanej próbki / rys. 26 - dół/. Dla próbki o krótkim  $T_1$  proces przedstawiony u góry rysunku zajdzie szybciej. Zmniejszenie amplitudy przy skróceniu  $T_2$  będzie mniejsze. Metoda "Inversion recovery" jest stosowana dla oznaczania czasu  $T_1$  najczęściej. Jest ona dokładniejsza od metody "saturation recovery". Do-

kładniej kolejność impulsów i zmian gradientów stosowanych w tej metodzie obrazuje rys. 27. Trudniejsza pojęciowo jest metoda zwana "spin echo" stosowana dla pomiaru czasu relaksacji  $T_2$ . Obrazuje to rys. 28. Stosuje się tutaj najpierw impuls  $90^\circ$ , po którym rejestruje się pierwszy sygnał swobodnej relaksacji/. Po czasie  $\tau_2 / \tau - 2/$ , kiedy osie precesji poruszające się w płaszczyźnie  $\langle x, y \rangle$  utra-



Rys. 27. Poglądowa ilustracja metody "inversion recovery". Metoda daje największą precyzję oszacowania czasu  $T_1$ . Odstęp /tau/ w metodzie tej ma oznaczenie  $\tau_2$ , gdyż mierzy on tutaj odstęp pomiędzy dwoma stosowanymi impulsami.



Zależność stosunku amplitudy sygnału pierwotnego /P/ do amplitudy sygnału echa /E/ dla dwóch różnych substancji /lub voxel/ w zależności od długości odstępu bodźców  $\tau_2$ . Dla ciała o krótkim  $T_2$  skracanie odstępu  $\tau_2$  daje znaczne poprawienie stosunku P/E. Dla ciała o długim  $T_2$  skracanie  $\tau_2$  nie wiele poprawia stosunek P/E

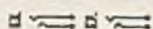
Rys. 28. Sekwencja włączania impulsów radiowych, gradientów i faz odbioru sygnałów dla metody "inversion recovery"

cily już koordynację i niektóre przemieszczają się szybciej /na rysunku S/, a niektóre wolniej /na rysunku W/, pada impuls  $180^\circ$ . Dokonuje on zmiany ustawienia o  $180^\circ$  i zmianę kierunku przemieszczania się osi precesji. Osie precesji poruszają się wprawdzie nadal w płaszczyźnie  $\langle x, y \rangle$ , ale kierunek ruchu jest odwrotny. Powoduje to, iż po pewnym czasie osie, które przemieszczają się szybciej doganiają te, które przemieszczają się wolniej. Powoduje to ponowną synchronizację osi precesji. Ponowne uzyskanie synchronizacji stwarza warunki do ponownego zarejestrowania sygnału. Drugi z sygnałów jest zwany "echem spinów". Porównując amplitudę sygnału pierwotnego /P/ i sygnału "echa spinów" /E/ można oszacować czas  $T_2$ . Im silniejsze bowiem powiązania między atomami tym szybciej między impulsami  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , dojdzie do utraty jednofazowości. Dla próbki /lub voxelu/ o krótkim  $T_2$  skracanie odstępów  $\tau_2$  /tau - 2/ da więc znaczne poprawienie stosunku P/E. Dla próbki o długim  $T_2$  skracanie  $\tau_2$  /tau - 2/ niewiele poprawia stosunek P/E.

Metody oznaczania czasów relaksacji  $T_1$  i  $T_2$  wraz z oznaczeniami stężeń pierwiastków i stężeń niektórych substancji są podstawą nieinwazyjnej histopatologii tkanek zwierzęcych i ludzkich. Dokładniejsze omówienie dotychczasowych ustaleń dotyczących tej nowej "histologii" wymaga jednak omówienia w oddzielnym artykule.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] J. Adamski, J. Bućko, N. Piślewski: Pulsed NMR study of human tissues and their nuclear fractions. Acta Physica Polonica, 1983, 63, 287.
- [2] R. Alfidi i wsp.: Preliminary experimental results in humans and animals with a superconducting, whole-body nuclear magnetic resonance scanner. Radiology, 1982, 143, 175.
- [3] W. P. Aue: Topische Kernspin - Resonanz - eine nicht - invasive Sonde für Messungen in Lebewesen. Radiologie, 1983, 23, 357.
- [4] R. A. Brooks i wsp.: Theory of image reconstruction in computed tomography. Radiology, 1975, 117, 561.
- [5] J. Butkiewicz, J. Pancewicz: Podstawy fizyczne medycznych zastosowań jądrowego rezonansu magnetycznego. Pol. Przegl. Rad. Med. Nukl. 1981, 45, 119.
- [6] A. M. Cormack: Representation of a function by its line integrals with some radiological applications. II. J. Appl. Physics 1964, 35, 2908.
- [7] A. M. Cormack: Representation of a function by its line integrals, with some radiological applications. J. Appl. Physics 1963, 34, 2722.
- [8] L. E. Crocke i wsp.: Tomography of hydrogen with nuclear magnetic resonance. Radiology, 1980, 136, 701.
- [9] L. Crooks i wsp.: Nuclear magnetic resonance whole-body imager operating at 3,5 K Gauss. Radiology, 1982, 143, 169.
- [10] R. Damadian: Tumor detection by nuclear magnetic resonance. Science, 1971, 171, 1151.
- [11] F. M. Dogle i wsp.: Imaging of the brain by nuclear magnetic resonance. Lancet 1981, 2, 53.
- [12] H. Friedburg i wsp.: Klinische NMR - Tomographie mit segmentierten  $T_2$  Bildern /Car-Purcell-Spin-Echosegwenzen/. Radiologie, 1983, 23, 352.
- [13] G. D. Fullerton: Basic concepts for nuclear magnetic resonance imaging. Mgn. Reson. Imaging. 1982, 1, 39.
- [14] W. S. Hinshaw i wsp.: Radiographic thin - section image of the human wrist by nuclear magnetic resonance. Nature. 1977, 270, 722.
- [15] W. S. Hinshaw: Image formation by nuclear magnetic resonance. The sensitive point method. J. Appl. Physics. 1976, 47, 3709.
- [16] A. Kumar i wsp.: NMR Fourier zeugmagraphy. J. Magn. Res, 1975, 18, 69.
- [17] P. C. Lauterbur: Image formation by induced local interaction examples employing nuclear magnetic resonance. Nature. 1973, 242, 190.
- [18] P. Mansfield i wsp.: Medical imaging by NMR. British J. Radiology, 1977, 50, 188.
- [19] NMR In medicine /R. Damadian - "red"/. Springer - Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1981.
- [20] K. J. Olszewski, J. Adamski, J. Bućko, N. Piślewski: The problem of correlation of relaxation rates and water content in normal and tumor samples of human uteris muscles. Studia Biophysica. 1983, 95, 161.
- [21] J. L. Pykatt i wsp.: Principles of nuclear magnetic resonance imaging. Radiology, 1982, 142, 157.
- [22] J. L. Pykatt: NMR imaging in medicine. Scientific American. 1982, 246, 78.
- [23] F. W. Smith i wsp.: Clinical application of nuclear magnetic resonance. Lancet, 1981, 1, 78.



mgr inż. JERZY BRACH  
KRZYSZTOF BARGIKOWSKI  
mgr inż. ANDRZEJ ZAWOJSKI  
Pracownia Informatyki  
Państwowy Szpital Kliniczny  
Katowice

## INFORMATYCZNY SYSTEM ZBIERANIA I PRZETWARZANIA

### DANYCH MEDYCZNYCH "UNISYS"

System UNISYS jest uniwersalnym systemem zbierania i przetwarzania danych, przeznaczonym do zastosowań medycznych. System charakteryzuje się dużą elastycznością w zakresie konstrukcji bazy danych /typy danych, struktura danych, ilość danych/ oraz w zakresie realizowanych funkcji /zestaw funkcji standardowych oraz niestandardowych spełniających indywidualne wymagania użytkownika/.

#### Obszary zastosowań systemu

System daje następujące możliwości:

- tworzenie zbiorów danych medycznych o wybranych jednostkach chorobowych i grupach pacjentów,
- opracowanie dokumentacji /historie choroby, zestawienia wyników leczenia, wydruki graficzne itd. /,
- wspomaganie wybranych badań, opracowanie wyników,
- wspomaganie diagnozowania wybranych jednostek chorobowych,
- analiza danych metodami statystyki opisowej i matematycznej.

#### Sprzęt i środowisko programowe

System UNISYS wykorzystuje następujący zestaw sprzętu:

- minikomputer MERA 400 /64 k PAO/,
- 2 jednostki pamięci dyskowej MERA 9425 /5 MB każda/,
- system monitorów ekranowych MERA 7900 /monitor 7910 z klawiaturą 7940/,
- drukarka DZM-180.

Środowisko programowe stanowi:

- system operacyjny SOM-3,
- handler systemu monitorowego.

#### Ogólny opis systemu UNISYS

Zasadniczym elementem systemu UNISYS /wersji bazowej/ jest zespół współpracujących z sobą programów, stanowiących "jądro programowe" każdego eksploatowanego systemu /wersji eksploatacyjnej/. W celu wygenerowania wersji eksploatacyjnej, spełniającej indywidualne wymagania użytkownika /w ramach możliwości systemu/, należy dołączyć do wersji bazowej odpowiednio przygotowany Opis Zestawu Danych /OZD/. Zawiera on wszelkie niezbędne dla systemu informacje o strukturze zestawu danych, typach danych, używanych nazwach, jednostkach itd. Opis danych przygoto-

wany jest w wersji źródłowej przy pomocy Języka Opisu Danych /JOD/, w oparciu o założenia dostarczone przez użytkownika.

W skład systemu UNISYS wchodzi zestaw programów pomocniczych zawierających m. in. następujące programy:

- TOD - translator źródłowego opisu danych na postać binarną, wykorzystywaną przez system,
- KOD - korektor binarnego opisu danych, umożliwiający dokonywanie zmian zawartości tablic binarnego opisu danych w trakcie eksploatacji systemu /dodanie danej, skasowanie danej, zmiana nazwy itd. /,
- WOD - program wydruku zawartości tablic binarnego opisu danych, z uwzględnieniem powiązań między danymi,
- TBD - test bazy danych, sprawdzający poprawność fizycznych powiązań w bazie danych, na podstawie umieszczonych w niej dodatkowych informacji,
- RBD - rekonstruktor bazy danych odtwarzający fizyczną strukturę bazy danych po awarii sprzętu lub oprogramowania, powodującej przekłamanie w obrębie tej struktury,
- ABD - program archiwizacji zawartości bazy danych.

#### Funkcje systemu UNISYS

Funkcje podstawowe:

- INPUT - wprowadzanie danych,
- OUTPUT - wyprowadzanie danych,
- FIND - selektywne wyprowadzanie danych spełniających zadane kryterium,
- DELETE - kasowanie danych,
- PRINT - wydruk zawartości zbiorów danych wg specjalnego formatu.

Funkcje specjalne zawierają bogaty zbiór procedur statystycznej oceny danych:

- obliczanie wartości średnich, odchylenia standardowego, mediany, współczynnika korelacji, wartości minimalnych i maksymalnych,
- badanie regresji liniowej,
- testowanie hipotez statystycznych /test zgodności średnich, odchylenia standardowych/,
- wyznaczanie krzywych przeżycia i porównywanie rozkładów przeżycia /metodą tablic przeżycia i metodą wskaźników indywidualnych/.

Funkcje niestandardowe opracowywane są indywidualnie dla każdego systemu użytkowego.

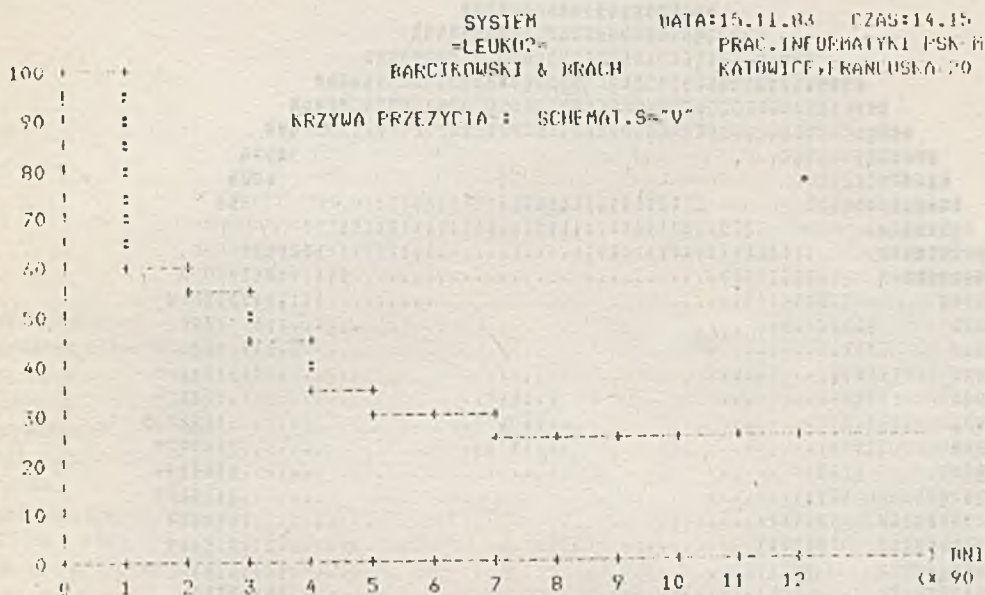
SYSTEM  
=LEUKOS=  
BARCIEKOWSKI & BRACH

DATA: 15.11.83 CZAS: 14.15  
PRAC. INFORMATYKI PSK-4  
KATOWICE, FRANCUSKA 20

SCHEMAT.S="V"

TABELCA TRWANIA ZYCIA OD ROZPOCZECIA LECZENIA

PRZEZYCIA OD Y 00 X+1	W DANYM ZMARTY	OBSERWACJA CENZURA	ZYJACY NA OKRES	POPRAWIONA LICZBA NARAŻONYCH	PROBOP. ZGONU	PROBOP. PRZEZYCIA	PROBOP. ODZYWIENIA CICH
0 - 1	29	0	70	70.0	0.4000	0.7000	100.0
1 - 2	5	0	40	42.0	0.1190	0.8810	60.0
2 - 3	7	1	37	36.5	0.1710	--	--
3 - 4	4	4	29	27.0	0.1481	0.8519	47.7
4 - 5	3	1	21	20.5	0.1463	0.8537	36.4
5 - 6	1	1	17	16.5	0.0606	0.9394	31.1
6 - 7	3	3	15	13.5	0.2222	0.7778	27.2
7 - 8	0	3	9	7.5	0.0000	1.0000	27.7
8 - 9	0	2	6	5.0	0.0000	1.0000	27.7
9 - 10	0	2	4	2.0	0.0000	1.0000	27.7
10 - 11	0	0	2	2.0	0.0000	1.0000	27.7
11 - 12	0	1	2	1.5	0.0000	1.0000	27.7
12	0	1	1				27.7



Rys. 1. Tabela trwania życia od rozpoczęcia leczenia oraz krzywa przeżycia. System Leukos

#### Systemy użytkowe

Oprogramowanie systemu UNISYS umożliwia realizację systemów użytkowych przeznaczonych dla różnych specjalności medycznych. Każdy system użytkowy posiada specyficzną bazę danych oraz dodatkowy zestaw funkcji realizujących nietypowe wymagania użytkownika /nie uwzględnione przez system UNISYS/. Eksploatowane są następujące systemy użytkowe:

1. System PERS - realizuje nowoczesną, szybką analizę wyników statycznego badania pola widzenia metodą Goldmanna. Użytkownikiem systemu od 1982 roku jest I Katedra i Klinika Okulistyki SIAM w Katowicach. Praca związana z zastosowaniem tego systemu do diagnozowania jaskry była zakwalifikowana do finału Konkursu Chibret 1984 w czasie Kongresu Europejskiego Towarzystwa Okulistycznego w Helsinkach.

2. System LEUKOS stosowany jest do statystycznej analizy polichemioterapii i leczenia wspomagającego ostrych białaczek u dorosłych /temat rządowy nr 6/. Użytkownikiem systemu jest Oddział Hematologii i Kliniki Chorób Wewnętrznych SIAM-Katowice /koordynator tematu/ od kwietnia 1983 roku.

3. System NEFROS stosowany jest do gromadzenia i statystycznego przetwarzania danych dotyczących przeszczepów nerek. Użytkownikiem jest Klinika Nefrologii SIAM w Katowicach. System eksploatowany jest od 1982 roku.

4. System VENTOS przeznaczony jest do gromadzenia i statystycznego przetwarzania danych dotyczących raka żołądka. Użytkownikiem tego systemu od 1984 roku jest Klinika Chirurgii SIAM w Katowicach.

LEITURAS SUCESIVAS (SISTEMA DE CONTAGEM)

OP-20

DIAGNOSTICO DE ERROS

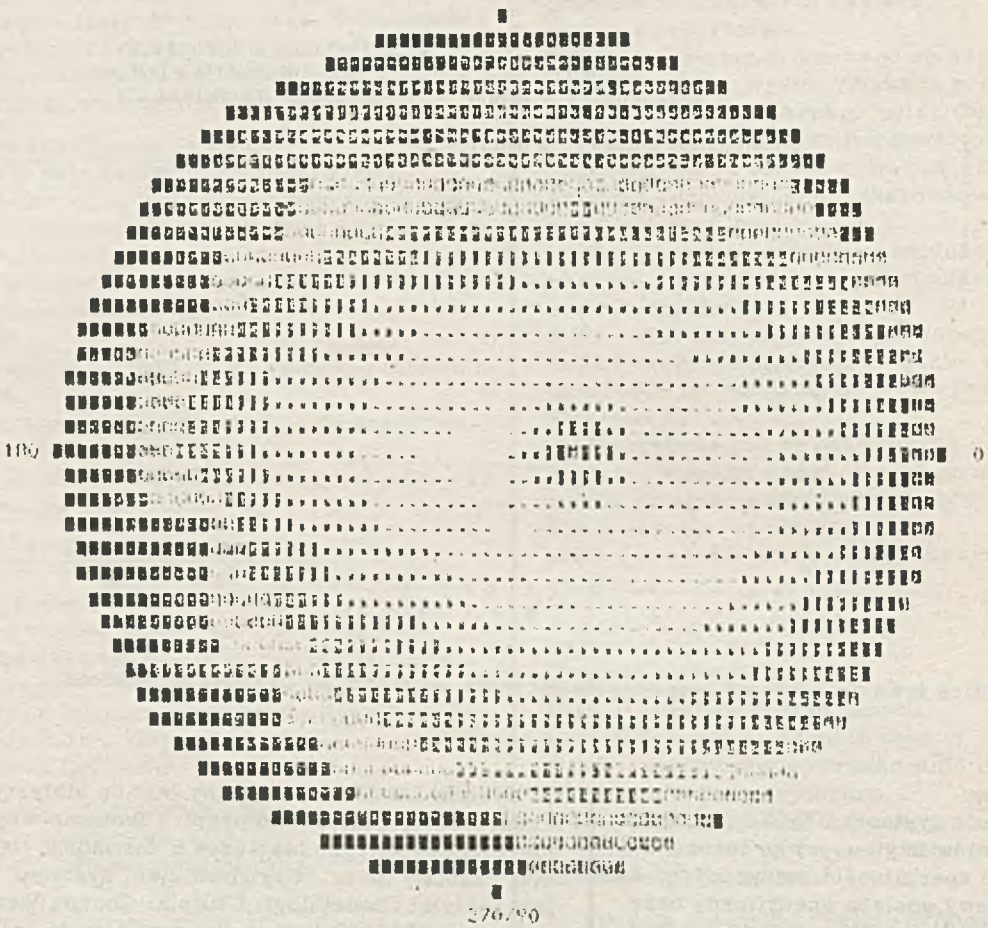
WIFI : 32 LIT

QZAS : 17 MIN

SRE DE LIAZ. 26/11/77 : 4.05 min

WITARYS(OBRAS) : 15 x 1.0

26/90



---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

---



				0	0	0			
				0.0	0.0	0.9			
		4	5	5	7	6	5	1	
		3.9	4.5	3.8	4.1	5.3	4.9	1.9	
	7	11	16	16	16	16	13	10	5
	4.5	2.8	2.2	3.7	3.6	2.4	2.7	4.4	4.2
5	14	15	13	20	19	19	17	14	8
4.6	2.5	3.3	2.7	1.3	1.4	1.4	2.4	1.3	2.1
7	14	16	21	20	3	20	18	16	
5.2	3.1	2.8	1.3	1.3	3.5	0.9	1.9	1.0	
	11	16	17	21	20	19	19	16	11
	3.6	2.7	3.7	1.0	1.2	1.0	1.3	1.2	4.2
	5	13	14	18	19		17	13	8
	5.8	3.3	4.2	1.5	1.3	0.8	1.5	2.1	2.2
	8	10	14	15	14	14	14	10	8
	4.8	3.2	2.6	4.2	2.6	2.2	1.6	3.3	
		5	9	11	10	8	4		
		3.7	3.6	2.4	1.8	2.1	3.3		
				0	4	3	0		
				0.0	3.3	3.2	0.0		

Rys. 2. Matryca wyników i graficzny wydruk pola widzenia w systemie PERS

Z punktu widzenia użytkownika system UNISYS charakteryzuje się następującymi cechami:

- system może być wykorzystywany przez wielu użytkowników /z kontrolą dostępu/, nie jest jednak systemem wielodostępnym i może w danej chwili realizować polecenia tylko jednego użytkownika,

- końcówką użytkownika jest monitor ekranowy MERA 7910 z klawiaturą MERA 7940 /system zapewnia programową realizację trwałej kopii ekranu na drukarce/,

- użytkownik pracuje w trybie konwersacyjnym,
- wielkość bazy danych /zbiór danych i zbiory systemowe/ tworzonej przez użytkownika nie jest uzależniona od systemu i zależy od potrzeb użytkownika, obecna wersja systemu ogranicza jednak maksymalną wielkość zbioru danych do jednego talerza dyskowego /2.5 MB/, gdyż zbiór stanowi tzw. sekcję dyskową w nomenklaturze systemu SOM-3; użytkownik ma możliwość zmiany wielkości zbioru w trakcie eksploatacji systemu,

- system UNISYS został zaprojektowany jako system nakładkowy, co powoduje niewielką zajętość PAO /ok. 8 k słów plus tablice systemowe/ i daje możliwość równoczesnej eksploatacji kilku systemów,

- system może być eksploatowany przy użyciu podstawowej konfiguracji sprzętowej MERA 400; z oczywistych względów pożądane jest wykorzystanie monitora ekranowego jako końcówki WE/WY oraz arytmetru MAZ 400 w przypadku wykonywania złożonych obliczeń na dużej ilości danych,

- w systemie zastosowano wiele rozwiązań umożliwiających minimalizację zajętości pamięci dyskowej /dynamiczne zajmowanie pamięci, dane wariantowe itd./ oraz zmniejszających czas reakcji systemu; konstrukcja fizycznej bazy danych oraz algorytm dostępu do bazy danych zostały tak zaprojektowane, że liczba czytań dysku jest niewielka, nawet przy dużej ilości przetwarzanych danych.

Na rys. 1. przedstawiono przykładowo realizację funkcji standardowej /krzywa przeżycia dla wybranego schematu leczenia wyznaczona metodą tablic trwania życia/ w systemie Leukos, a rys. 2. przedstawia przykładowo realizację funkcji niestandardowej /wydruk normalnego pola widzenia/ w systemie PERS.

W pracowni informatyki Państwowego Szpitala Klinicznego powstały również programy służące do wyliczania mocy łąiącej implantowanych soczewek wewnątrzgałkowych lub szkieł kontaktowych oraz uproszczona wersja systemu dla perymetrii statycznej pod nazwą MINIPERS. Programy te zrealizowano na mikrokomputerze ZX-81 przy pomocy "Nowatech" - Katowice.

#### L i t e r a t u r a :

J. Brach, K. Barcikowski, A. Zawojski - Informatyczny system zbierania i przetwarzania danych medycznych UNISYS. Informacje i Komunikaty ZETO, Wrocław, nr 3-4/61/62, str. 63-79 /Pierwsza Ogólnokrajowa Konferencja Informatyki Medycznej - 15-16 maja 1984/.

dr inż. PIOTR J. JASIŃSKI  
 Politechnika Poznańska  
 Środowiskowy Ośrodek Informatyki  
 Poznań  
 dr MARIA SZYMAŃSKA  
 Instytut Kardiologii AM w Poznaniu

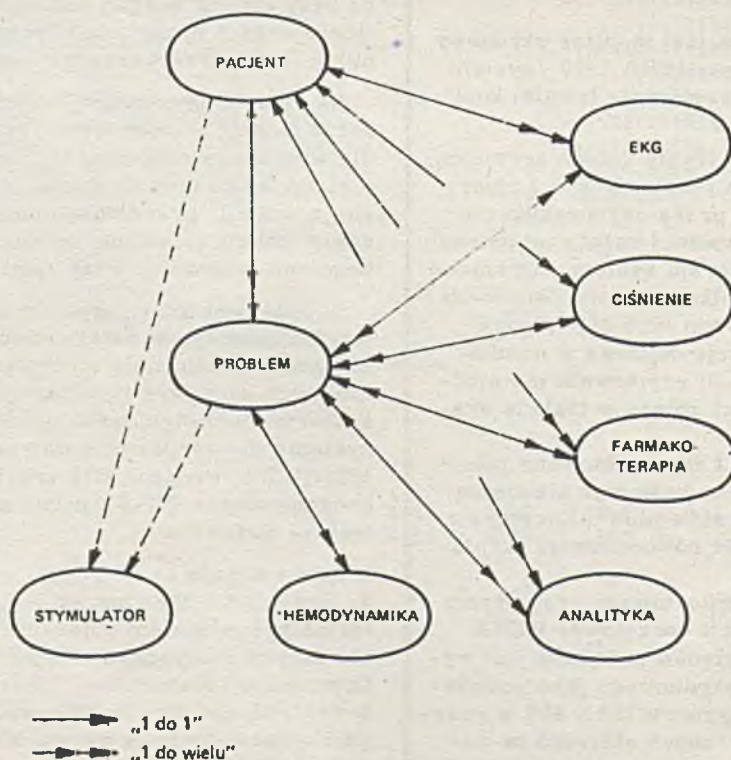
## "KARDIOKOD" – KOMPUTEROWY SYSTEM BAZ DANYCH O PACJENTACH Z CHOROZAMI UKŁADU KRĄŻENIA

Metody komputerowego wspomaganie procesów gromadzenia, wyszukiwania i analizowania danych stanowiących kliniczną dokumentację pacjentów /tzw. historie chorób/ zaliczane są do podstawowych problemów informatyki medycznej. W roku 1976 zespół pracowników Instytutu Kardiologii w Poznaniu oraz Ośrodka Informatyki Politechniki Poznańskiej podjął to zagadnienie w odniesieniu do pacjentów z chorobami układu krążenia.

Prace te prowadzone były w latach 1976-80 w ramach problemu węzłowego PAN 10.4, a od roku 1981 są kontynuowane jako temat problemu węzłowego PAN 10.8 "Zapobieganie i zwalczanie chorób układu krążenia". W latach 1978-80 powstała prototypowa wersja komputerowego systemu bazy danych KARDIOKOD

/KARDIOlogiczna KOmputerowa Dokumentacja/ [1]. Następnie, w latach 1981-82, wykorzystując wstępne doświadczenia eksploatacyjne, opracowano udoskonaloną wersję oprogramowania systemu KARDIOKOD, zakładając m.in. utrzymywanie wielu baz danych, charakteryzujących się stosownym podobieństwem /homogenizmem/ klinicznym zgromadzonych przypadków.

Od roku 1983 system KARDIOKOD jest rutynowo wykorzystywany do komputerowego gromadzenia danych o pacjentach z wybranymi schorzeniami układu krążenia. Jednocześnie obserwujemy rosnące zainteresowanie klinicystów zasobami danych systemu KARDIOKOD /obejmuje on pacjentów począwszy od listopada 1978 roku/. Dowodzi tego coraz większa licz-



Rys. 1. Diagram relacji logicznego schematu danych o pacjentach z chorobami układu krążenia

ba przetwarzanych komputerowo zapytań, a także istotne novum, polegające na projektowaniu retrospektywnych badań klinicznych i badań typu follow-up, z góry zakładających wykorzystywanie systemu KARDIOKOD.

Celem niniejszego artykułu jest syntetyczne przedstawienie głównych założeń i rozwiązań informatycznych zastosowanych w systemie KARDIOKOD. Z uwagi na adres publikacji artykuł wyraźnie eksponuje informatyczny punkt widzenia na zagadnienia gromadzenia i analizowania sformatowanych danych klinicznych o pacjentach.

### Model strukturalizacji danych klinicznych

Rozważając na początku naszej pracy problem strukturalizacji danych klinicznych zakładano z góry celowość wykorzystania - wówczas jeszcze niezbyt popularnej - metodologii baz danych. Jednocześnie, analizując klasyczne formy dokumentowania i organizowania danych klinicznych dostrzeżono, że zdecydowana większość danych o pacjentach jest, lub może być, w sposób całkiem naturalny ujęta w formie dwuwymiarowych tabel. Cechą charakterystyczną ww. tabel jest to, że wiersze reprezentują tzw. obiekty /np. indywidualne zlecenia farmakologiczne/, a kolumny odpowiednie atrybuty tych obiektów /np. nazwa leku/.

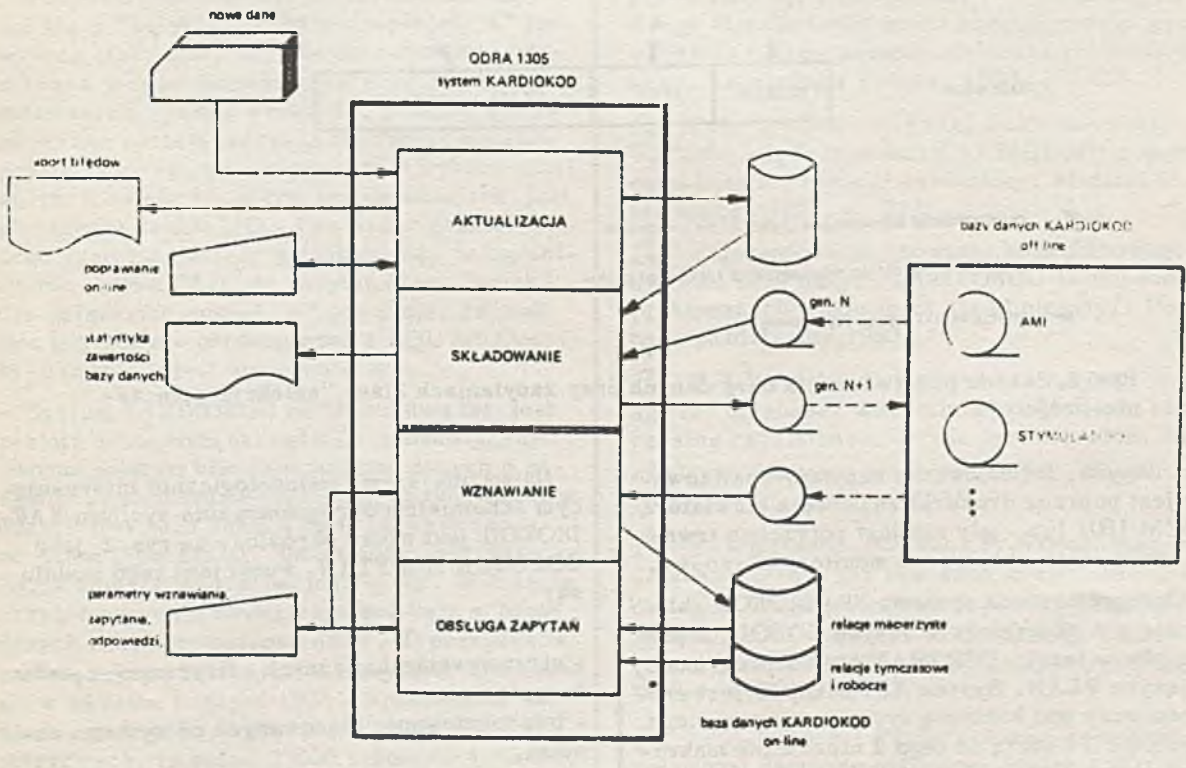
Tak wyraźna i naturalna tabelaryczność danych klinicznych skłoniła zespół do wykorzy-

stania koncepcji relacyjnego modelu danych Codd'a. Ostatecznie, skierowany do realizacji projekt struktury danych objął 8 relacji /rys. 1/, a wewnątrz nich 80 atrybutów. Łącznie z logiczną relacyjną strukturą danych klinicznych o pacjentach z chorobami układu krążenia opracowany został ściśle jej odpowiadający wzór historii choroby. Komputerowo-zorientowany wzór historii choroby, poprzez swą redakcję i formę graficzną, utrwala tabelaryczny sposób widzenia danych. Ponadto, dane rejestrowane są w postaciach umożliwiających ich bezpośrednie przenoszenie na maszynowy nośnik informacji /karty perforowane/. Wzór historii choroby systemu KARDIOKOD został wprowadzony w klinice u schyłku 1978 roku i jest stosowany rutynowo do chwili obecnej.

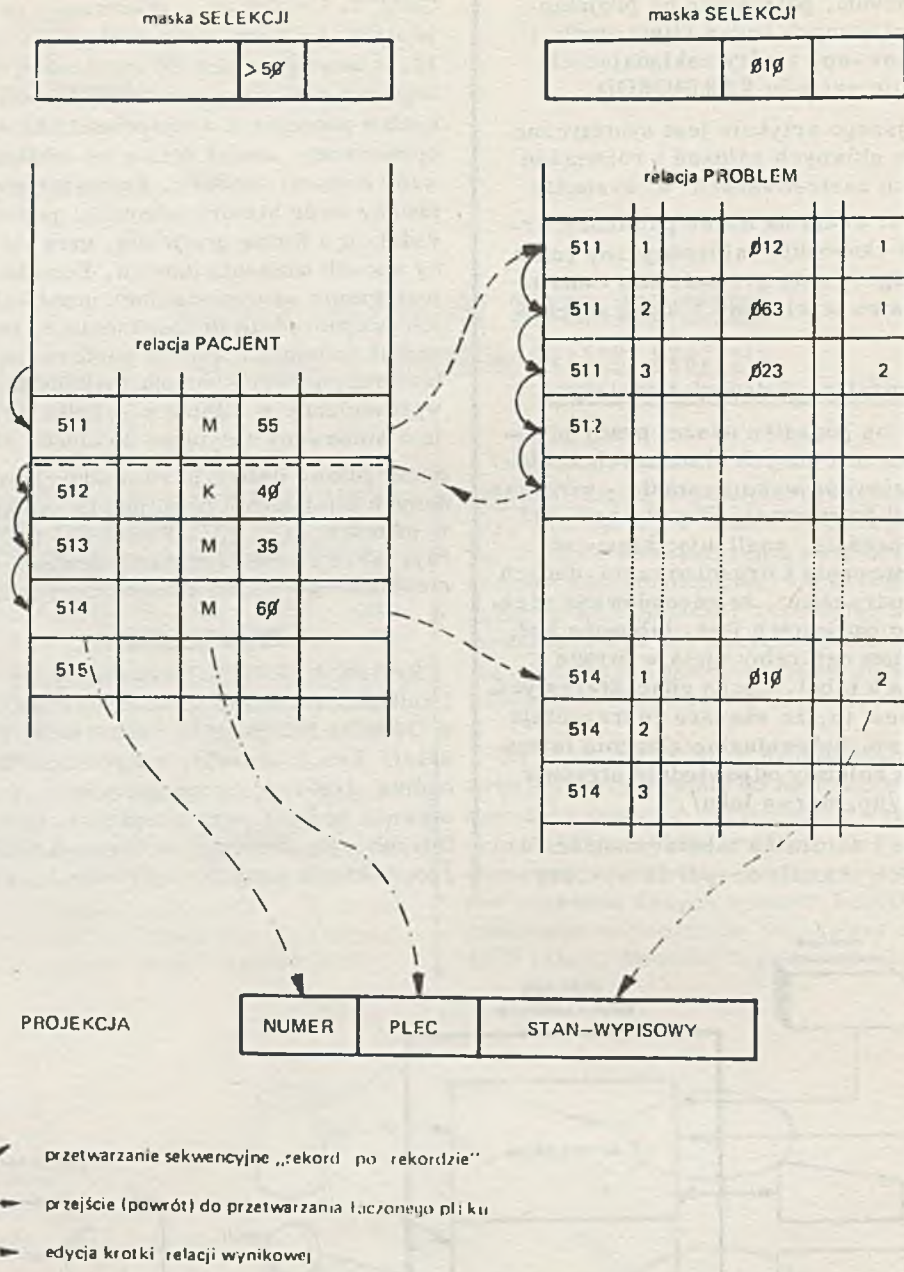
Szczegółowe definicje relacyjnych struktur danych klinicznych o pacjencie zostały podane w pracach [1] i [3]. Prace [1] i [2] zawierają także istotne fragmenty komputerowo-zorientowanego wzoru historii choroby.

### Oprogramowanie

System KARDIOKOD został oprogramowany i zaimplementowany na komputerze ODRA 1305, w Ośrodku Informatyki Politechniki Poznańskiej. Rys.2 ukazuje, w uproszczonej formie, ogólną strukturę oprogramowania, wykorzystywane nośniki oraz urządzenia peryferyjne. Interakcyjny dostęp do systemu KARDIOKOD /poprawianie danych wejściowych, wznawianie



Rys. 2. Architektura systemu KARDIOKOD



Rys. 3. Zasada przetwarzania bazy danych przy zapytaniach klasy "selekcja-połączenie-projekcja"

baz danych, formułowanie zapytań/ realizowane jest poprzez drukarki znakowe z klawiaturą /DZM 180/ lub - gdy nie jest potrzebna trwała kopia sesji - klasyczne monitory ekranowe.

Oprogramowanie systemu KARDIOKOD składa się z 4 programów w języku COBOL, 2 programów w języku FORTRAN oraz 1 programu w języku PLAN. System KARDIOKOD jest eksploatowany pod kontrolą systemu operacyjnego GEORGE 3 i służą do tego 2 niezależne makro-procedury /odrębnie dla fazy aktualizacji i składowania oraz fazy wznawiania i obsługi zapytań/.

Najważniejszym, metodologicznie interesującym składnikiem oprogramowania systemu KARDIOKOD jest moduł określony na rys.2 jako OBSŁUGA ZAPYTAŃ. Funkcjami tego modułu są:

- utrzymywanie logicznych i fizycznych opisów bazy danych,
- interpretowanie kierowanych do systemu zapytań,
- realizacja operacji algebraicznych /SELEKCJA, POŁĄCZENIE-NATURALNE, PROJEKCJA/ na bazie danych,

- edycja odpowiedzi dla zapytań typu WYPROWADŹ, ZLICZ i ZACHOWAJ
- wykonywanie przetworzeń danych dla zadań typu statystycznego /dyrektywa WYKONAJ, funkcje: MINIMAX, HISTOGRAM, KORELOGRAM/.

Moduł OBSŁUGA ZAPYTAŃ został zaprojektowany z myślą o możliwie najefektywniejszej obsłudze zapytań klasy "selekcja-połączenie-projekcja". Dla zilustrowania tego zagadnienia posłużymy się następującym przykładem: należy opracować zestawienie obejmujące numery historii chorób, płeć i stan wypisowy pacjentów w wieku ponad 50 lat, u których stwierdzono zawał serca. W języku zapytań QL/C [4,5] zadanie takie wyrażamy następująco:

WYPROWADŹ numer, płeć, stan-wypisowy Z  
PACJENT GDY wiek > 50 \*  
PROBLEM GDY kod-problemu  
 = 010.

Rys.3 przedstawia przyjętą zasadę przetwarzania tej klasy zapytań. Istotą naszego podejścia jest to, że wyprowadzenie krotki wynikowej /pojedynczego zestawu danych: numer, płeć, stan wypisowy/ odbywa się natychmiast po jej uzyskaniu. Jest to możliwe dzięki temu, że operacje algebraiczne wykonywane są w sposób wzajemnie się przeplatający. Dla przykładu, po odnalezieniu w relacji PACJENT krotki spełniającej kryterium: wiek > 50, zawieszane jest wykonywanie operacji selekcji, a podejmowane wykonywanie operacji połączenia z odpowiednimi krotkami w relacji PROBLEM.

Przedstawiona zasada przetwarzania zapytań klasy "selekcja-połączenie-projekcja" jest wysoce efektywna, gdyż każda odpowiedź uzyskiwana jest po jednokrotnym przejściu zaangażowanych plików /relacji/, ponadto wyeliminowana została potrzeba tworzenia wyników pośrednich /np. po autonomicznie wykonywanej operacji selekcji/, a tym samym mniejsze jest obciążenie kanału I/O - "wąskiego gardła" każdego systemu. Należy jednak dodać, że ograniczenie języka QL/C do zapytań klasy "selekcja-połączenie-projekcja" powoduje, że jego moc użytkowa - porównywana z SQL lub Query-by-Example - jest nieco mniejsza.

System KARDIOKOD od blisko dwu lat jest realnie dostępnym narzędziem informatycznym, wspomagającym kliniczne analizy danych o pacjentach. Najbardziej zaawansowanym zasobem danych jest baza danych AMI /zawały serca, od Acute Myocardial Infarction/. obejmująca 13,5% całej populacji pacjentów [6]. W trakcie przygotowywania niniejszego artykułu w bazie danych AMI zgromadzono dane 750 przypadków zawału serca, leczonych w Instytucie Kardiologii w okresie listopad 1978 - lipiec 1984. Rozmiar tego zasobu, wyrażany w pojęciach komputerowych, to ponad 35400 rekordów i ponad 128500 danych elementarnych.

Prostota języka zapytań QL/C sprawia, że lekarz może w krótkim czasie nabyć umiejęt-

ności wystarczające do samodzielnego użytkowania systemu KARDIOKOD. Obserwujemy, że szybkość i precyzja, z jaką system udziela odpowiedzi wzmacniają pozytywne motywacje do samodzielnosci w jego użytkowaniu.

Nasze obecne prace koncentrują się na budowie nowej generacji relacyjnego systemu baz danych klinicznych, implementowanego na minikomputerze MERA 60. Budowane oprogramowanie [7] zawierać będzie szereg nowych elementów i rozwiązań, m.in.:

- wyodrębniony programowy opis bazy danych /tzw. katalog/ wykorzystujący koncepcje rozszerzonego relacyjnego modelu danych RM/T,
- rozszerzoną wersję języka QL/C, obejmującą operacje teoriomnościowe /suma, różnica i przecięcie zbiorów/, operacje arytmetyczne na atrybutach, porównywanie wartości atrybutów opisujących czas i ujętych w różnych relacjach,
- alternatywny język zapytań JL /join-less/, o mocy wyszukiwania danych porównywalnej z językiem QL/C, lecz uwalniający użytkownika od konieczności jawnego deklarowania relacji i operacji połączeń.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] P.J.Jasiński, H.Krug, F.Zerbe, Z.Kierzkowski, K.Jasiński: Kardiologiczna Komputerowa Dokumentacja /KARDIOKOD/. Kardiologia Polska, 1979, 6, 695.
- [2] F.Zerbe, R.Dziamski, P.J.Jasiński, H.Krug: Metoda kodowania i komputerowego gromadzenia opisów badania elektrokardiograficznego. Kardiologia Polska, 1980, 10, 873.
- [3] P.J. Jasiński, H.Krug, S.Paradowski, F.Zerbe, B.Talkowska: CARDIOKOD: a query data-base for clinical cardiology. Medical Informatics, 1981, 4, 239.
- [4] Zapytaniowe użytkowanie komputerowego systemu bazy danych KARDIOKOD /Kompendium praktycznych wiadomości dla klinicyisty/. Poznań, październik, 1980.
- [5] P.J.Jasiński, B.Talkowska: A query language for databases with minimal relational processing capabilities. Praca przedstawiona na II międzynarodowej konferencji baz danych /ICOD-2, Cambridge, 1983/.
- [6] P.J.Jasiński, H.Krug, M.Szymańska: A database system for research in clinical cardiology: development retrospection and application. 10th Computers in Cardiology Conference /Aachen 1983/. IEEE Computer Society Press, 1984 /w druku/.
- [7] P.J.Jasiński: Project of self-contained relational database software: design and clinical applications outline. Lecture Notes in Medical Informatics, Springer-Verlag Berlin, 1984 /w druku/.

dr med. DANUTA PAJEWSKA  
Wojewódzka Stacja  
Krwiodawstwa – Katowice  
mgr inż. ANDRZEJ GOLEŃ  
inż. ANDRZEJ MUSIOŁ  
Centrum Informatyki i Badań  
Ekonomicznych Hutnictwa  
Katowice

## REGIONALNY BANK KRWI

### Charakterystyka funkcjonalna systemu

Racjonalna gospodarka posiadanymi zapasami krwi jest sprawą ogromnej wagi, ze względu na ograniczoną trwałość pobranej krwi, a tym samym możliwość jej zniszczenia. Dlatego też wszelkie działania służące usprawnieniu gospodarki krwią, mają nie tylko znaczenie ekonomiczne, ale i humanitarne. Zespoły specjalistów z Wojewódzkiej Stacji Krwiodawstwa w Katowicach oraz Centrum Informatyki i Badań Ekonomicznych Hutnictwa w Katowicach podjęły problem usprawnienia i zoptymalizowania gospodarki krwią, opracowały i wdrożyły dla regionu śląskiego teleinformatyczny system BANK KRWI.

O ważności i skali problemu świadczy fakt, że systemem objęto gospodarkę zasobami krwi dla regionu, w którym znajduje się 120 szpitali i klinik, a łączna ilość opakowań krwi i jej pochodnych wydawanych z Wojewódzkiej Stacji Krwiodawstwa sięga 200 tys. rocznie, przy występujących 60 grupach asortymentowych.

Podstawowym celem systemu informatycznego BANK KRWI jest usprawnienie gospodarki krwią w stacji krwiodawstwa, a przede wszystkim:

- usprawnienie procesu uzyskiwania informacji o dawcach krwi,
- zmniejszenie strat krwi spowodowanych jej przeterminowaniem,
- skrócenie czasu oczekiwania chorego na odpowiednio dobraną krew,
- usprawnienie ewidencji i sprawozdawczości w stacji krwiodawstwa.

### Charakterystyka systemu

● Struktura oraz zakres informacyjny systemu  
System BANK KRWI składa się z dwóch podsystemów:

- "Ewidencja dawców",
- "Gospodarka krwią i środkami krwiopochodnymi".

Podsystemy te pracują na wspólnych zbiorach informacyjnych. Umożliwia to wykorzystanie informacji o dawcach krwi w podsystemie gospodarki krwią oraz informacji o zgromadzonych zapasach krwi /lub ich brakach/ w podsystemie ewidencji i kontroli dawców.

Podsystem ewidencji dawców. Celem tego podsystemu jest gromadzenie, przechowywanie, wyszukiwanie i udostępnianie aktualnych danych o dawcach krwi, współpracujących ze stacją krwiodawstwa oraz jej agendami. Wszelkie informacje dotyczące dawców wprowadzane są do komputera za pomocą monitorów ekranowych. Wprowadzanie to ułatwione jest poprzez stosowanie specjalnych, sformatowanych procedur obsługujących proces wprowadzania danych. Informacje o dawcach obejmują dane:

- identyfikacyjno-osobowe /nazwisko i imię, adres zamieszkania, numer ewidencyjny, płeć, zawód, itp. /,
- charakteryzujące dawcę /typ dawcy, data rejestracji, data ostatniego oddania krwi, ilość oddanej krwi, itp. /,
- charakteryzujące krew dawcy /grupa krwi, cechy serologiczne krwi, itp. /,
- charakteryzujące pobranie krwi /data pobrania, ilość pobranej krwi, poziom hemoglobiny, opad, ciśnienie, stan zdrowia dawcy, itp. /.

Podsystem ewidencji dawców obsługuje swym zasięgiem następujące komórki organizacyjne Stacji Krwiodawstwa: dyrekcję, kartotekę, pracownię analiz lekarskich, gabinet lekarski, boks operacyjny, pracownię serologiczną, dział metodyczno-organizacyjny. Z części informacji należących do podsystemu będzie korzystał również dział ekspedycji.

Podsystem gospodarki krwią. Celem podsystemu gospodarki krwią jest gromadzenie, przechowywanie i udostępnianie aktualnych danych o stanie magazynu krwi, z uwzględnieniem rodzaju i ilości posiadanej krwi oraz miejsca jej

przechowywania, jak również prowadzenie przedmiotowej sprawozdawczości. Dane związane z gospodarką /obrotem/ krwią wprowadzane są do systemu również przy pomocy monitorów ekranowych, umieszczonych we właściwych komórkach organizacyjnych stacji krwiodawstwa.

Informacje o zapasach krwi i preparatów krwiopochodnych obejmują dane:

- charakteryzujące obrót krwią i jej preparatami /przychód, rozchód, depozyt itp. /,
- charakteryzujące rodzaj krwi /numer identyfikacyjny dawców, pozwalający na określenie grupy krwi oraz wszystkich innych parametrów przechowywanych w systemie, data pobrania /produkcji, numer ampułki, ilość itp. /.

Informacje udostępniane przez system mogą zawierać wszystkie wyżej wymienione informacje w różnych układach, a ponadto dane statystyczne obejmujące zadeklarowany przez użytkownika okres czasu.

#### ● Funkcje realizowane przez system

System BANK KRWI jest systemem wielo-dostępnym pracującym konwersacyjnie. Systemem informatycznym objęto podstawowe funkcje realizowane przez stacje krwiodawstwa:

#### W dziedzinie obsługi kartoteki dawców:

- rejestrację dawców płatnych i honorowych,
- prowadzenie historii oddawania krwi,
- prowadzenie historii stanu zdrowia dawcy,
- prowadzenie archiwum dawców,
- kontrole prawidłowości oddawania krwi /terminy, przeciwwskazania lekarskie, choroby zakaźne itp. /,
- obsługę grupy dawców o rzadkich układach antygenowych,
- wyszukiwanie dawców do planowych wezwań.

#### W dziedzinie gospodarki krwią i preparatami krwiopochodnymi!:

- rejestrację przychodów i rozchodów krwi i preparatów krwiopochodnych,
- prowadzenie kontroli stanów magazynowych krwi i preparatów krwiopochodnych,
- obsługę magazynów rotacyjnych,
- kontrolę stanów i zapasów materiałowych,
- obsługę zamówień działów produkcyjnych,
- prowadzenie sprawozdawczości z podstawowej działalności stacji krwiodawstwa.

System informatyczny zasilany jest informacjami powstającymi w komórkach organizacyjnych użytkownika i bezpośrednio wprowadzanymi w miejscu ich powstania, przy użyciu monitorów ekranowych.

Żądane informacje uzyskiwane są w ramach systemu informatycznego w wyniku realizacji wybranej przez użytkownika funkcji i są prezentowane na ekranie monitora u użytkownika. W razie potrzeby istnieje możliwość uzyskania trwałej kopii ekranu, wykorzystując do tego celu drukarkę sprzężoną z monitorem, która znajduje się w stacji krwiodawstwa lub drukarkę w ośrodku obliczeniowym /w tym ostatnim

przypadku tabulogram wyników dostarczany jest użytkownikowi w ustalonym terminie/.

#### ● Baza indeksowa systemu

Dla zapewnienia prawidłowej pracy systemu niezbędne jest utworzenie bazy indeksowej mającej na celu nadanie symboli informacjom opisowym. System wymagał opracowania i wprowadzenia następujących indeksów:

- indeks materiałowy,
- indeks placówek służby zdrowia,
- indeks punktów krwiodawstwa,
- indeks klubów krwiodawców,
- indeks symboli dyskwalifikacyjnych,
- indeks grup zawodowych.

#### ● Ochrona informacji w systemie

System BANK KRWI, ze względu na swoją specyfikę, spełnia warunki poufności danych, a mianowicie:

- uniemożliwia dostęp do systemu osobom niepowołanym,
- ogranicza dostęp do informacji w zależności od kompetencji danego użytkownika,
- zabezpiecza dane objęte tajemnicą lekarską,
- zapewnia nienaruszalność danych.

#### ● Rodzaj i formy uzyskiwanych zestawień wyników

Dzięki monitorom ekranowym zainstalowanym w stacji krwiodawstwa możliwe jest szybkie uzyskiwanie informacji w zakresie:

- wyszukiwania dawców,
- pobrania skróconych informacji o dawcach,
- pobrania kompletnych informacji o dawcach,
- uzyskania danych o dawcach za wskazany okres.

Możliwe jest także realizowanie:

- obsługi zamówienia,
- wprowadzenie zawartości magazynu,
- raportu magazynowego dla ekspedycji,
- raportu magazynowego dla dyrekcji,
- raportu depozytowego,
- korekty magazynowej.

Ponadto w systemie emitowane są zestawienia syntetyczne, które można podzielić na dwie grupy:

1. Zestawienia wyświetlane na ekranie monitora, z możliwością sporządzania trwałej kopii na drukarce mozaikowej sprzężonej z monitorem. Zestawienia te zawierają informacje o dawcach aktywnych oraz wszelkie informacje dotyczące aktualnych stanów magazynu i bieżących obrotów krwią.

2. Zestawienia drukowane w ośrodku obliczeniowym na uprzednie zamówienie upoważnionych służb użytkownika. W tej grupie 10 zestawień znajdują się:

a/ Wydruk zaktualizowanych kart dawców, realizowany cotygodniowo i obejmujący te karty, w których nastąpiły jakiegokolwiek zmiany. Informacje uporządkowane są wg grup krwi, a w ich ramach alfabetycznie wg nazwiska i imienia.

b/ Raport przebiegu sesji pracy użytkownika z systemem, który przeznaczony jest do kierownika stacji i służy do celów wewnętrznej

kontroli pracy stacji. Realizowany jest cotygodniowo i zawiera informacje o:

- zmianach danych personalnych dawcy,
- zmianach danych dotyczących liczby oddań oraz ilości oddanej krwi,
- usunięciu dawcy z kartoteki,
- przeniesieniu dawcy do innej stacji.

c/ Zestawienie analityczne z kartoteki dawców w dowolnych układach określonych zamówieniem użytkownika.

d/ Zestawienie analityczne przychodów.

e/ Zestawienie analityczne rozchodów.

f/ Zbiornice rozliczenie wyrobów gotowych.

g/ Kartoteki szpitalne.

h/ Wydruk zawartości kartoteki stanów magazynowych.

i/ Histogramy przychodów, rozchodów oraz stanów magazynowych.

j/ Zestawienia inne, uwzględniające indywidualne potrzeby użytkownika.

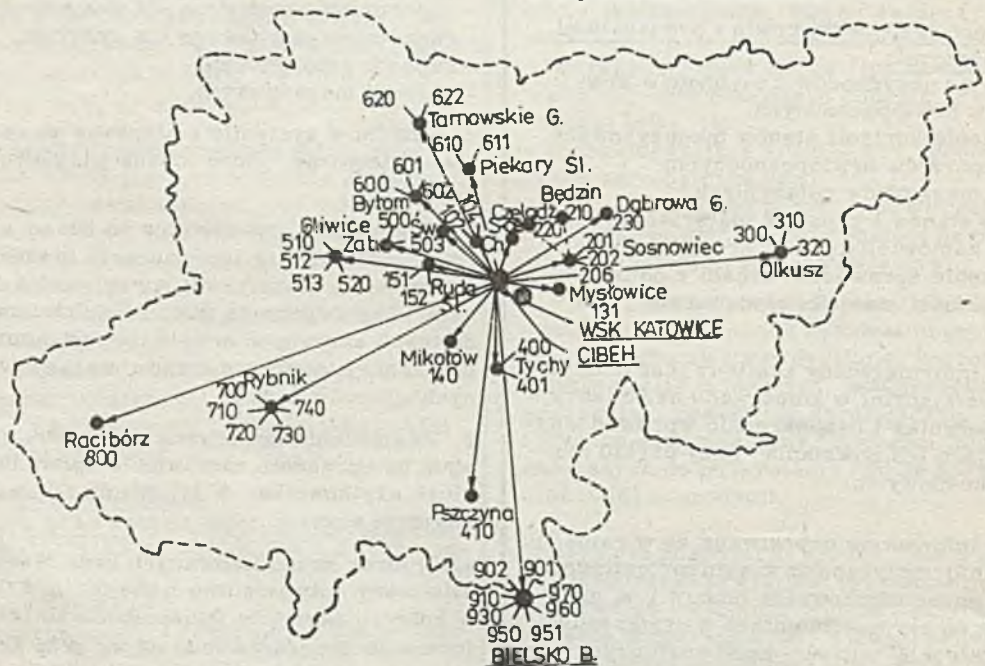
Dyrekcja stacji oraz komórka metodyczno-organizacyjna otrzymują zestawienia i sprawozdania na podstawie danych wprowadzanych w komórce ekspedycji. Cała sprawozdawczość ekspedycji wykonywana jest automatycznie przez system komputerowy.

#### Wymagania techniczno-organizacyjne Wymagania techniczne systemu

Opracowany przez specjalistów z WSK Katowice i CIBEH system BANK KRWI jest systemem typu regionalnego. Przeznaczony jest bowiem do wspierania pracy regionalnej służby krwi rozproszonej w kilkunastu, względnie kilkudziesięciu stacjach krwiodawstwa, nadzorowanych i koordynowanych przez Wojewódzką Stację Krwiodawstwa. Obecnie działa w Polsce 19 Wojewódzkich Stacji Krwiodawstwa /WSK/, z których każda jest jednostką wiodącą w skali regionu.

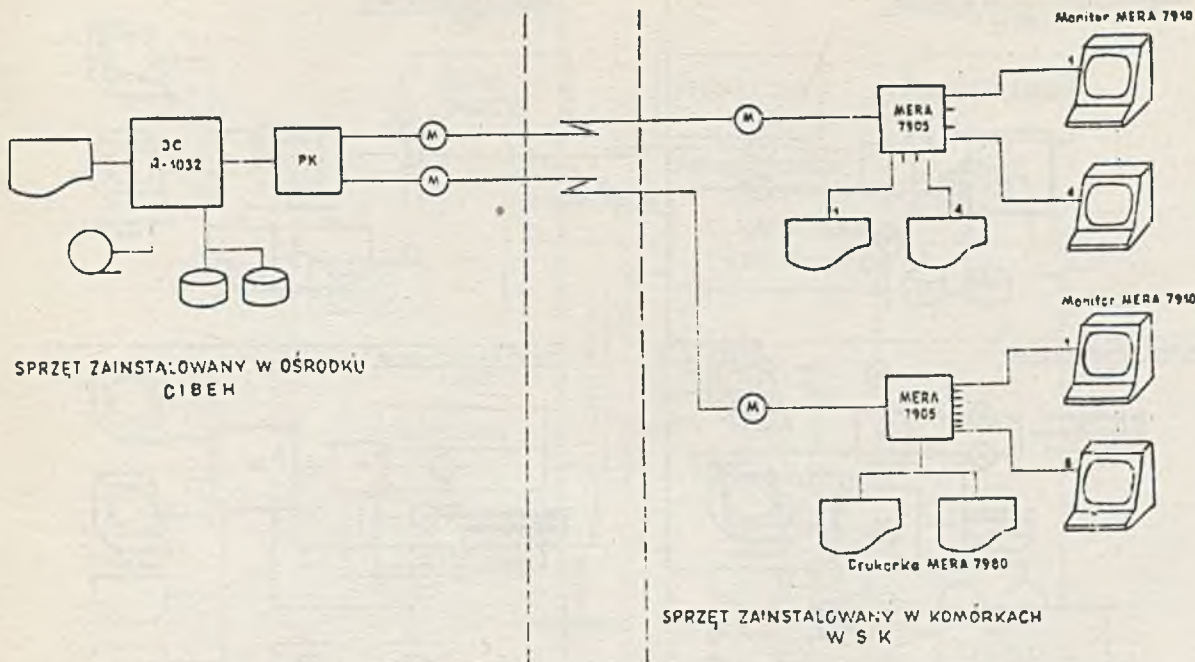
Niezależnie od działalności podstawowej jednostka typu WSK, jako stacja autonomiczna, powinna dysponować informacjami o zgromadzonych zasobach krwi w podległych stacjach oraz informacjami dotyczącymi dawców krwi /przede wszystkim o dawcach z rzadkimi układami antygenowymi/. Posiadanie tych informacji jest niezbędne dla racjonalnej gospodarki krwią w skali regionu, szybkiego wyszukiwania potrzebnej krwi, względnie dawcy mogącego oddać krew w celu ratowania życia chorego. Organizacja służby krwi w regionie narzuca więc potrzebę stworzenia systemu mogącego obsługiwać poszczególne stacje krwiodawstwa, jako obiekty autonomiczne oraz wiążącego zbiory danych poszczególnych stacji w zbiory centralne dla potrzeb WSK.

System powinien być systemem otwartym pozwalającym na sukcesywne, etapowe objęcie nim kolejnych stacji krwiodawstwa. W miarę dostępności sprzętu informatycznego procesem wdrażania powinno być objętych coraz więcej stacji w skali regionu. Należy podkreślić, że komputeryzacja autonomiczna poszczególnych stacji krwiodawstwa, bez powiązania ich z jednostką wiodącą w skali regionu, nie może zapewnić pełnych efektów i wielokrotnie, w przypadku małych stacji krwiodawstwa, traci sens. Zebrane bowiem informacje o lokalnych dawcach oraz posiadanych zasobach krwi będą najczęściej niedostępne dla innych stacji i mogą pozwalać na usprawnienia gospodarki krwią jedynie w ramach działalności danej stacji. Efekty zastosowania systemu informatycznego będą znacznie większe, jeśli zapewniony zostanie dopływ informacji do Centrum dyspozycyjnego, tj. WSK. Umożliwione bowiem będzie racjonalne przemieszczanie krwi między punktami krwiodawstwa, a szpitalami i klinikami.



Rys. 1.





Rys. 2. Konfiguracja urządzeń komputerowych wykorzystanych do eksploatacji systemu BANK KRWI dla potrzeb WSK - Katowice

Regionalny system informatyczny BANK KRWI, poprzez komputeryzację procesu zbierania danych, umożliwi osiągnięcie podstawowego celu istnienia WSK, jakim jest centralne gospodarowanie zasobami krwi w regionie. Struktura organizacyjna służby krwi określa jednoznacznie potrzebę istnienia jednego centralnego ośrodka przetwarzania danych oraz powiązanych z nim, rozproszonych ośrodków obsługujących stacje lokalne. Skuteczność i efekty uzyskane z systemu będą w znacznym stopniu zależać od sprawności przesyłania danych z ośrodków lokalnych do ośrodka centralnego. Konieczne jest zastosowanie do tego celu teletransmisji danych.

Możliwe drogi przesyłania danych dla służby krwi regionu katowickiego i bielskiego przedstawiono na rys. 1. Wdrożenie pełnej komputeryzacji tego regionu przekracza obecne możliwości finansowe, realizacja takiego przedsięwzięcia powinna zostać ujęta w planach na lata 1985-90. Podobne plany komputeryzacji powinny zostać opracowane dla pozostałych regionów obsługiwanych przez poszczególne stacje WSK.

#### Środki techniczne umożliwiające wdrożenie systemu

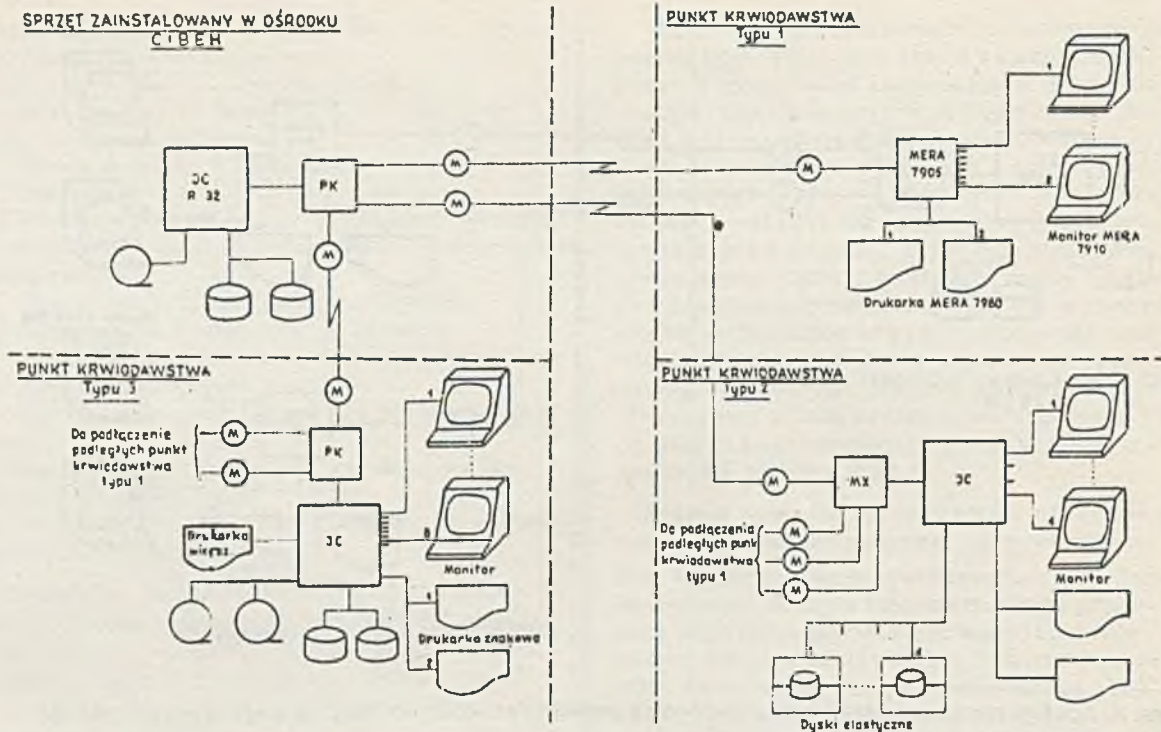
Biorąc pod uwagę czynniki warunkujące możliwości rozpowszechniania oraz uzyskania wysokich efektów z wdrażania systemu oparto się na dostępnym w kraju sprzęcie informatycznym. System zorientowano na komputer Riad 32. Komputer ten spełnia rolę komputera głównego, obsługującego służby WSK. Komputer może obsługiwać dodatkowo wybrane stacje krwiodawstwa w danym regionie w zakresie ich autonomicznej działalności. Powinien ponadto umożliwić zebranie wszystkich niezbędnych informacji ze stacji posiadających własne, au-

tonomiczne, niezależne systemy typu obiektowy BANK KRWI.

System komputerowy Riad 32 powinien być wyposażony w pamięć operacyjną powyżej 512 KB, pamięć dyskową oraz procesor komunikacyjny typu EC 8371-01. Dla obsługi służb krwiodawstwa przewidziano zestawy monitorów ekranowych oraz drukarek mozaikowych. Konfigurację sprzętu informatycznego, zastosowanego obecnie dla obsługi WSK w Katowicach, przedstawiono na rys. 2. Stacje krwiodawstwa wyposażone jedynie w zestawy monitorów i drukarek określono jako typ 1.

Przewiduje się dalszy rozwój systemu poprzez opracowanie dodatkowych jego wersji zorientowanych na minikomputery SM EMC dla obsługi większych autonomicznych stacji krwiodawstwa. Przewidziano dwie wersje sprzętu dla wdrożenia autonomicznych systemów obiektowych w zależności od wielkości stacji. Architekturę sieci komputerowej dla obsługi regionu, powiązania między poszczególnymi węzłami sieci przedstawiono na rys. 3.

Należy przyjąć, że włączanie poszczególnych punktów krwiodawstwa do sieci Regionalny BANK KRWI będzie odbywało się sukcesywnie w miarę wyposażania stacji w niezbędny sprzęt. Dla zapewnienia elastyczności sterowania siecią komputerową z dużą ilością różnych terminali oparto się na systemie operacyjnym OS MVT wraz z pakietem sterującym teleprzetwarzaniem - SKOT. Zastosowane w regionie katowickim środki techniczne oraz oprogramowanie powinny również w pełni zaspokoić potrzeby innych regionów. Ponad półroczny okres codziennej realizacji systemu pozwolił na weryfikację rozwiązań sprzętowych i programowych.



Rys. 3. Konfiguracja urządzeń komputerowych dla poszczególnych typów punktów krwiodawstwa

### Obsługa eksploatacyjna systemu

Regionalny system informatyczny BANK KRWI jest systemem działającym w czasie rzeczywistym. Wszystkie dane wprowadzane są bezpośrednio z monitorów zainstalowanych w stacji krwiodawstwa i aktualizują natychmiast zbiory danych na komputerze głównym. Obecnie system jest eksploatowany dla potrzeb WSK-Katowice codziennie przez 8 godzin od 7<sup>00</sup> - 15<sup>00</sup>. Niezależnie od tego, w miarę potrzeb, istnieje możliwość uruchomienia działania systemu w innych godzinach.

Podstawowym założeniem przy projektowaniu systemu było ukierunkowanie obsługi eksploatacyjnej na podstawowych pracowników służby krwi w zakresie wprowadzania danych i pobierania wyników. Natomiast cała obsługa związana z zabezpieczeniem zbiorów danych, obsługą techniczną sprzętu, utrzymaniem sprawnego oprogramowania pozostaje w gestii służb informatycznych Ośrodka Obliczeniowego CIBEH. Rozwiązanie takie pozwala na wdrożenie systemu i uzyskanie efektów bez zatrudnienia w WSK służb informatycznych. Cały sprzęt do teleprzetwarzania, zainstalowany w WSK-Katowice jest własnością Ośrodka Obliczeniowego i udostępniony został na zasadzie dzierżawy. Eliminuje to uciążliwe dla służby zdrowia prowadzenie własnego serwisu technicznego, zabezpieczenia części zamiennych itd. Ośrodek specjalistyczny, świadczący usługi informatyczne zobowiązuje się do zapewnienia odpowiedniego wyposażenia technicznego i utrzymania wymaganego stopnia niezawodności udostępnionych urządzeń.

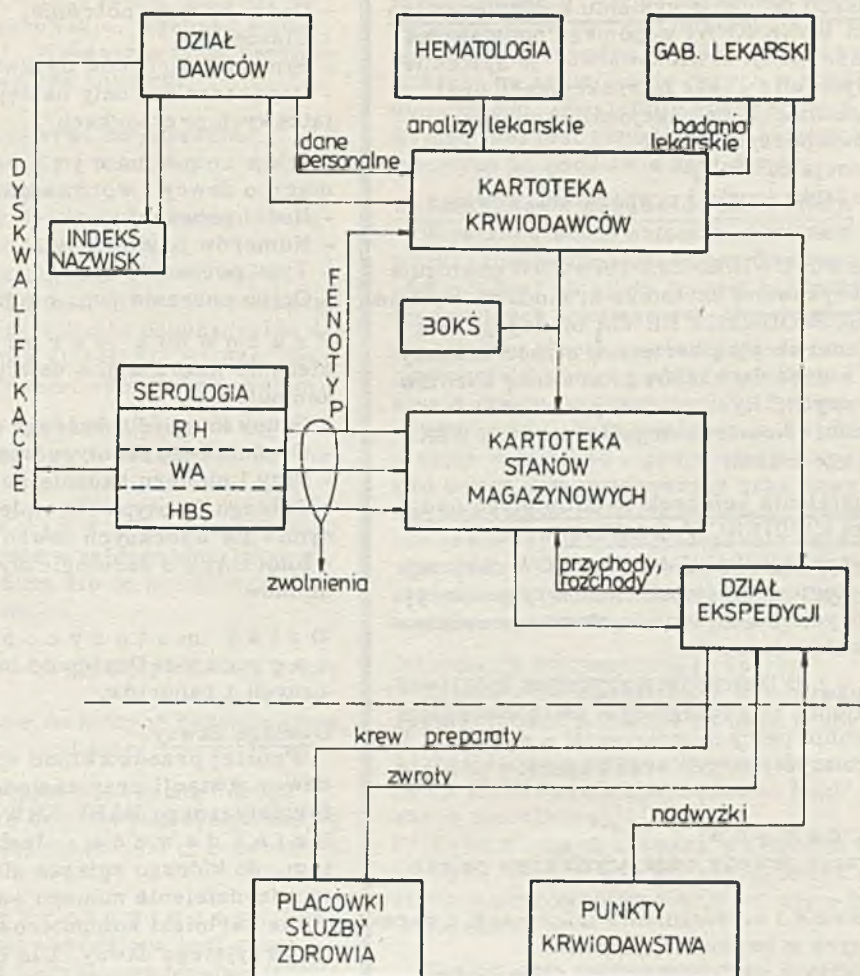
Opracowany system informatyczny BANK KRWI jest typowym systemem powielarnym, który może być udostępniony każdej krajowej

stacji krwiodawstwa i eksploatowany dla jej potrzeb w wybranym ośrodku świadczącym usługi informatyczne. W każdym bowiem województwie, w którym działa regionalna stacja WSK istnieje ośrodek obliczeniowy dysponujący już obecnie /ewentualnie w najbliższej przyszłości/ odpowiednimi środkami technicznymi i kadrą informatyków. Szczególna rola w upowszechnianiu systemu powinna przyspaść sieci ośrodków ZETO, które znajdują się we wszystkich miastach wojewódzkich i są najlepiej przystosowane do świadczenia kompleksowych usług informatycznych.

Jednym z czynników mających istotne znaczenie dla niezawodności systemu są łącza telekomunikacyjne. Dla zapewnienia wymaganej niezawodności pracy konieczna jest dzierżawa łącza telefonicznego między stacją krwiodawstwa, a ośrodkiem informatycznym obsługującym daną stację.

### Planowane prace projektowe

Wychodząc naprzeciw zgłoszonym postulatom CIBEH rozpocznie prace związane z oprogramowaniem systemu w wersji modułu autonomicznego, zorientowanego na minikomputer typu SM 4. Opracowane oprogramowanie zostanie przeznaczone dla wdrożenia systemu w stacjach krwiodawstwa, które będą dysponowały własnym minikomputerem. Stacje krwiodawstwa dysponujące własnym minikomputerem /typu 2 i 3 - rys. 3/ będą eksploatowały system dla swoich potrzeb w wersji lokalnej autonomicznej. Natomiast dla potrzeb centralnej dyspozycji krwi system ten będzie powiązany z komputerem centralnym obsługującym regionalną WSK. Regionalny system BANK KRWI wszystkie sy-



Rys. 4.

stemy autonomiczne, lokalne będzie łączył w całość, traktując każdy z podłączonych mini-komputerów jako terminal.

Planuje się budowę sieci regionalnej dla potrzeb służby krwi charakteryzującej się następującymi komponentami:

- komputer centralny - typu Riad 32,
- terminal 1 - typu MERA 7900,
- terminal 2 - typu MERA 60, względnie SM4.

Wszystkie elementy Regionalnego Systemu BANK KRWI powinny stworzyć zwartą całość, spójną poprzez stosowanie tej samej bazy indeksowej oraz procedury aktualizacji danych w centralnej kartotece dawców i zasobów krwi, dla potrzeb regionalnej WSK. Ze zgromadzonych w regionalnych zbiorach danych informacji będą mogli również korzystać pracownicy Instytutu Hematologii w Warszawie, wykorzystując je do prac badawczo-naukowych i koordynacyjnych.

#### Warunki udostępnienia systemu BANK KRWI

CIBEH i WSK w Katowicach oferują wszystkim zainteresowanym jednostkom organizacyj-

nym, a przede wszystkim stacjom typu WSK System Regionalny BANK KRWI, jako powielarny pakiet oprogramowania zorientowany na komputer Riad 32. Pakiet może być udostępniony na zasadzie dzierżawy. W ramach umowy dzierżawy specjaliści z CIBEH i WSK świadczą usługi w zakresie:

- uruchomienia systemu na wybranym komputerze [np. w lokalnym ośrodku ZETO/,
- przeszkolenia kadry ze stacji krwiodawstwa oraz ośrodka obliczeniowego,
- nadzoru autorskiego.

Biorąc pod uwagę brak odpowiednich kadr informatyków w stacjach krwiodawstwa specjaliści z CIBEH dokonać mogą rozpoznania możliwości ulokowania eksploatacji systemu BANK KRWI w ośrodkach obliczeniowych dla poszczególnych WSK. Oddzielnym zagadnieniem jest zapewnienie przez lekarzy wojewódzkich środków finansowych na uruchomienie i bieżącą eksploatację systemu. Społeczne aspekty zastosowania informatyki w służbie krwi uzasadniają celowość wydatkowania tych kwot, których stacje krwiodawstwa same nie są w stanie wygospodarować. Natomiast ośrodki informatyki nie mogą na obecnym etapie świadczyć usług nieodpłatnych lub poniżej kosztu wytwarzania.

### Działalność stacji

w warunkach istnienia systemu komputerowego

System BANK KRWI wspomaga podstawową działalność stacji krwiodawstwa. W systemie można wydzielić część interakcyjną<sup>x/</sup> oraz część wsadową<sup>xx/</sup>. Funkcjonalnie można wydzielić dwa podsystemy:

- 1/ Ewidencja dawców,
- 2/ Gospodarka krwią i preparatami krwiopochodnymi.

Podsystem EWIDENCJA DAWCÓW obsługuje skomputeryzowaną kartotekę krwiodawców. Podsystem GOSPODARKA KRWIĄ obsługuje swą częścią interakcyjną kartotekę stanów magazynowych, a częścią wsadową kartotekę obrotów materiałowych. Rys. 4 obrazuje współdziałanie systemu i komórek organizacyjnych WSK objętych systemem.

### Zasady działania komórek WSK objętych podsystemem EWIDENCJA DAWCÓW

Podsystem EWIDENCJA DAWCÓW obejmuje swym zasięgiem siedem komórek organizacyjnych, których udział w podsystemie przedstawia się następująco:

**D y r e k c j a:** Dostęp do wszystkich możliwości podsystemu ze szczególnym uwzględnieniem otrzymywania pełnych informacji o dawcach, informacji statystycznych oraz raportów przebiegu sesji.

**D z i a ł d a w c ó w:**

- Rejestracja dawców oddających krew po raz pierwszy,
- Uzupełnienie i uaktualnianie informacji o zarejestrowanych w kartotece dawcach,
- Przydzielanie numerów ewidencyjnych dla dawców oddających krew w czasie wyjazdu "EKIP",
- Przygotowanie list dawców o pewnych określonych cechach /grupa krwi, typ dawcy, data możliwego pobrania/,
- Przygotowanie dziennego zestawienia dawców zdyskwalifikowanych.

**P r a c o w n i a a n a l i z l e k a r s k i c h:** Pobieranie informacji o dawcy i wprowadzenie do komputera:

- Wyników badań hematologicznych "HB, OB", dla każdego dawcy, przy każdym pobraniu,
- Wyników kompletnych badań /liczba i skład procentowy krwinek, analiza moczu/ dla każdego dawcy dwa razy w roku.

**G a b i n e t l e k a r s k i:** Pobieranie informacji o dawcy i wprowadzenie do komputera:

- Opisu pobrania /zalecenia/.

<sup>x/</sup> Część interakcyjna obsługiwana jest przez pracowników stacji przy pomocy monitorów ekranowych.

<sup>xx/</sup> Część wsadowa obejmuje gospodarkę zbiorami i emisje wydawnictw - obsługiwana jest przez pracowników ośrodka obliczeniowego.

- Opisu stanu zdrowia,
- Ilości krwi do pobrania,
- Ciśnienia,
- Symbolu warunków dyskwalifikujących,
- Dopuszczalnej daty następnego oddania /w wyjątkowych przypadkach/.

**B o k s o p e r a c y j n y:** Pobieranie informacji o dawcy i wprowadzanie do komputera:

- Ilości pobranej krwi,
- Numerów pojemników,
- Typu pobrania,
- Opisu pobrania /np. omdlenie/.

**P r a c o w n i a s e r o l o g i c z n a:** Pobieranie informacji o dawcy i wprowadzanie do komputera:

- Grupy krwi /dla każdego nowego dawcy/,
- Częściowego fenotypu w układzie CDE,
- Daty i numeru badania serologicznego,
- Pełnego fenotypu /komplet cech serologicznych/ dla wybranych dawców,
- Informacji o serologicznym zwolnieniu pojemników.

**D z i a ł m e t o d y c z n o - o r g a n i z a c y j n y:** Dostęp do informacji statystycznych i raportów.

### Obsługa dawcy

Poniżej przedstawiono sposób obsługi krwiodawcy w stacji przy zastosowaniu systemu informatycznego BANK KRWI.

**D z i a ł d a w c ó w:** Jest pierwszym punktem, do którego zgłasza się dawca. Następuje tu przydzielenie numeru ewidencyjnego i założenie kartoteki komputerowej dla każdego nowego przyjętego dawcy. Dla dawców już zarejestrowanych dokonuje się w koniecznych przypadkach aktualizacji danych:

- personalnych,
- ilość oddań i oddanej krwi /w przypadku, gdy dawca posiada wiarygodne potwierdzenie oddania krwi w stacji nie objętej systemem/.

**P r a c o w n i a a n a l i z l e k a r s k i c h:** Jest punktem, do którego dawca przechodzi bezpośrednio z pomieszczenia kartoteki. W zwykłym przypadku wykonywane są tylko badania hematologiczne /hemoglobina i opad/, których wyniki wprowadzić należy do komputera. W przypadku skierowania dawcy przez lekarza do kompletnego badania /trzeba sprawdzić czy nie ma takiej uwagi w segmencie "Opis stanu zdrowia", należy po wykonaniu tego badania wprowadzić do komputera:

- datę badania,
- ilość krwinek czerwonych,
- ilość krwinek białych,
- skład procentowy białych krwinek,
- wyniki badań moczu.

**G a b i n e t l e k a r s k i:** Jest kolejną komórką WSK, do której przechodzi dawca. Dokonywane są tam badania kwalifikacyjne, a ich wyniki wprowadza się do komputera. Są to:

- opis stanu zdrowia, gdzie lekarz wprowadza

swoje uwagi na temat stanu zdrowia pacjenta oraz wskazania dla innych komórek, /np. wykonać zdjęcie rentgenowskie, wykonać kompletne badania itp. / . Wskazania te są realizowane przez poszczególne komórki,

- ciśnienie.
- kwalifikowana ilość krwi do pobrania,
- opis pobrania /uwagi na temat stanu zdrowia pacjenta w dniu pobrania/,
- symbol warunków dyskwalifikujących /w razie stałej dyskwalifikacji dawcy/,
- w specjalnych przypadkach, jeżeli okres między pobraniem ma być różny od ustalonego w przepisach, lekarz wpisuje dopuszczalną datę następnego oddania /jeżeli nie wpisze, jest ona automatycznie generowana przez system/.

Jeżeli lekarz nie zdyskwalifikuje dawcy tymczasowo lub na stałe dawca przechodzi do boksu operacyjnego.

**B o k s o p e r a c y j n y :** Pobiera się tu krew od dawcy zgodnie z zaleceniami lekarza. Po pobraniu wprowadza się do komputera:

- ilość pobranej krwi,
- typ pobrania,
- oznaczoną przez kontrolę przyboksową grupę krwi,
- numery pojemników, do których pobrano krew,
- opis pobrania /np. omdlenie/.

W boksie operacyjnym kończy się "droga" dawcy. Informacje o dawcy wykorzystywane są w następnym punkcie, jakim jest pracownia serologiczna.

**P r a c o w n i a s e r o l o g i c z n a :** Dla każdego nowego dawcy określona jest grupa krwi w układzie AB i częściowy fenotyp /CDE/ do określenia Rh. Dla dawców zarejestrowanych badania serologiczne wykonywane są zawsze, dla dawców nie posiadających jeszcze dwóch badań, lub wybranych przez pracowników Działu Serologii. Poza tym zarówno wśród dawców nowych jak i wcześniej zarejestrowanych wybierani są dawcy, dla których określa się pełny fenotyp. Do komputera wprowadzane są wyniki wszystkich przeprowadzonych badań oraz informacje dotyczące zwolnień pojemników z krwią i preparatami pod względem WRD, HBS i serologicznym.

#### Wyszukiwanie dawców

Na zadanie Działu Ekspedycji, Dział Dawców ma możliwość sporządzenia listy dawców o z góry zadanych cechach. Służy do tego funkcja "Wyszukiwanie dawców". Umożliwia ona wyszukanie według grupy krwi lub typu dawcy lub obu cech razem. Można zażądać wyprowadzenia określonej liczby dawców, którzy mogą oddać określoną ilość krwi. Podając parametr "Data możliwego pobrania" uzyska się listę dawców, którzy w podanym dniu mogą oddać krew. Lista ma postać: "Wyszukano dawców" - nazwisko i imię, nr ewidencyjny, adres. Istnieje możliwość wydrukowania takiej listy na drukarce mozaikowej dołączonej do monitora.

#### Obsługa wyjazdów ekipowych

Przed wyjazdem ekipy należy wydrukować /w ośrodku obliczeniowym/ karty dawców od-

dających krew "Na danej ekipie" oraz zarezerwować pewną liczbę numerów dla dawców oddających krew po raz pierwszy. Karty dawców zawierają niezbędne informacje o dawcy oraz miejsce na aktualizację danych. w czasie trwania wyjazdu. Ostatnim etapem obsługi ekipy wyjazdowej jest aktualizacja kartotek komputerowych na podstawie kart dawcy.

#### Przekazywanie dawców do innej stacji

W ramach stacji objętych systemem BANK KRWI istnieje możliwość przekazywania dawców z jednej stacji do drugiej bez przesyłania tradycyjnych dokumentów. Przekazywać dawcę może tylko stacja macierzysta do innej, nigdy odwrotnie. Z pomocą służy tu funkcja "Przeniesienia dawcy do innej stacji". System nadaje dawcy nowy, odpowiedni numer ewidencyjny zapisując w nim kod - grupa stacji, stacja, dokąd dawca jest przenoszony oraz nowy numer ewidencyjny w ramach tej stacji. Jednocześnie kasowany jest automatycznie poprzedni numer dawcy. Przenoszenie dawców jest operacją zapamiętywaną przez system i sygnalizowaną w raportach przebiegu sesji.

#### Informacja statystyczna i raporty

Zestawienie statystyczne wykonywane przez system można podzielić na dwie grupy:

- 1/ Zestawienie wyświetlane na ekranie monitora /z możliwością sporządzania kopii na drukarce mozaikowej/.
- 2/ Zestawienia drukowane w Ośrodku Obliczeniowym. Zamawiane wcześniej przez upoważnionych pracowników stacji lub ujęte w harmonogramie.

Zestawienia pierwszego typu dostępne są w każdej chwili dla upoważnionych pracowników stacji. Drugi typ zestawień otrzymują wytypowane komórki WSK. Dodatkowo raz w tygodniu drukowany jest raport z przebiegu sesji zawierający informacje dotyczące: zmiany ogólnej ilości pobranej krwi, usunięcia dawcy, zmiany ważnych danych personalnych itp.

#### Zasada działania komórek WSK objętych podsystemem GOSPODARKA KRWIĄ

Dane wejściowe dla tego podsystemu wprowadza się w Dziale Ekspedycji oraz Boksie Operacyjnym. Dyrekcja WSK oraz Dział Metodyczno-Organizacyjny otrzymują zestawienia i sprawozdania na podstawie danych wprowadzonych w tych komórkach. Cała sprawozdawczość Działu Ekspedycji wykonywana jest automatycznie przez system. Należy podkreślić, że poprawna praca tej jednostki jest uzależniona od prawidłowego i rzetelnego wprowadzania danych do komputera.

Podstawową rolę w podsystemie spełnia Dział Ekspedycji, który obsługuje wszystkie zadania i zamówienia dotyczące obrotów krwią i środkami krwłopochnymi. Integralną częścią Ekspedycji jest magazyn. Ekspedycja przyjmuje krew z Boksu Operacyjnego, szpitali i Punktów Krwiodawstwa. Krew jest ewidencjonowana na kwitach przychodu /Punkty, Szpitale/ oraz w dzienniku pobrań /Boks, Ekipy/. Ewidencję kwitów prowadzą pracownicy ekspedycji. Infor-

macje z kwitów wprowadzane są na bieżąco do komputera przy użyciu monitorów ekranowych. Obsługa zamówień odbywa się według zeszytu zamówień, w którym ewidencjonowane są wszystkie telefoniczne zamówienia placówek służby zdrowia. System wspomaga te funkcje Działu Ekspedycji przez udostępnienie numerów pojemników z określonym materiałem /krwią lub preparatem/ w odpowiedzi na zadane przez obsługę żądanie. Wydawanie krwi i preparatów krwiopochodnych jest ewidencjonowane na kwitach rozchodu. Zasilanie systemu informacjami zawartymi na kwitach rozchodu, odbywa się podobnie jak z kwitami przychodu. System obsługuje protokoły zniszczeń i kwity przekazania na krew odpadową. Wprowadzenie przez obsługę tych informacji powoduje zdjęcie ze stanu magazynu pojemników o podanych numerach.

Każda ilość krwi przekazana do produkcji traktowana jest jako depozyt. Pojemniki z krwią cały czas są na stanie magazynu z zaznaczeniem, że wykorzystuje się je w określonej pracowni. Butelki po wykorzystaniu określonych składników krwi są zwracane z depozytu do magazynu, co zostaje odnotowane w kartotece stanów. Polega to na określeniu nowego symbolu materiału i ilości dla danego pojemnika. Wyprodukowane z krwi preparaty krwiopochodne ewidencjonowane są na kwitach przychodu.

Sprawozdawczość Działu Ekspedycji przyjęta jest przez system informatyczny, który emituje następujące zestawienia:

- rozliczenie poszczególnych pracowni z pobranej krwi i wyprodukowanych preparatów,
- pełna dokumentacja zniszczeń i stłuczek krwi,
- kartoteki szpitalne.

Zestawienia te wykonywane są okresowo na komputerze zainstalowanym w CIBEH.

W Dziale Ekspedycji można w dowolnym momencie przejrzeć zawartość kartoteki stanów. Przeglądanie może odbywać się według różnych kryteriów.

Wprowadzanie danych w podsystemie odbywa się w następujący sposób:

- rozchody wprowadza się sukcesywnie w ciągu dnia,
- rozchody i przychody popołudniowej i nocnej zmiany wprowadza się następnego dnia rano,
- przychody z innych punktów oraz zwroty ze szpitali są wprowadzane na bieżąco w ciągu ранней zmiany,
- przychód Stacyjny wprowadzany jest na bieżąco, natomiast z ekip wyjazdowych podczas sesji na końcu ранней zmiany; sesja ta następuje po zaktualizowaniu kartoteki dawców w Dziale Dawców.

Na zakończenie sesji możliwe jest natychmiastowe otrzymanie raportu o przychodach

i rozchodach za poprzedni dzień oraz raportu o aktualnym stanie magazynu. Aktualizacja kartoteki stanów jest dokonywana równocześnie z operacją przychodu i rozchodu. Pozwala to na natychmiastowe otrzymywanie informacji o stanie magazynowym. Krew przekazywana do innych pracowni traktowana jest jako depozyt. Obsługę depozytu na bieżąco prowadzi ekspedycja. Na okres popołudniowej i nocnej zmiany przechowuje się w lodówkach Ekspedycji rezerwę krwi do wydania w pozostałej części doby. System jako zadanie dla magazyniera wyznaczy numery pojemników, które mają być przeniesione do lodówek.

#### Korzyści i efekty wdrożenia

Leczenie krwią we współczesnej medycynie klinicznej jest bardzo szeroko rozpowszechnione. Stale postępujący rozwój w dziedzinie preparatyki krwi, metod badań i wzrost zużycia krwi przez szpitale, stwarza konieczność prawidłowego i ekonomicznego wykorzystania krwi. Wojewódzka Stacja Krwiodawstwa w Katowicach w ciągu roku rozprowadza 250 tys. opakowań krwi i hemopreparatów. Każda butelka wymaga szczegółowego opracowania serologicznego, bakteriologicznego oraz szczegółowej dokumentacji pobrania krwi i wydania. Krew i preparaty krwiopochodne mają różne okresy ważności: np. krew pełna konserwowana 21 dni, a osocze liofilizowane 4 lata. Wojewódzka Stacja Krwiodawstwa kontroluje 120 szpitali i klinik i 52 punkty krwiodawstwa pod względem prawidłowej gospodarki krwią i właściwego jej stosowania. Ilość pobieranej krwi systematycznie rośnie, rozszerza się asortyment produkowanych preparatów krwi i zwiększa się ilość badań. Wszystkie te czynniki powodują nadmierne obciążenie pracowników dokumentacją, co często bardzo utrudnia przeprowadzenie analizy gospodarki krwią. Ciągłe poprawianie systemu dokumentacji przez zwiększanie ilości personelu, doprowadza do sytuacji, że dokumentacja staje się coraz mniej czytelna, a sprawozdania dotyczące gospodarki krwią spełniają jedynie wymogi formalne.

Komputerowy system BANK KRWI umożliwia szybkie uzyskiwanie informacji o każdej butelce krwi z podaniem pełnego fenotypu oraz pozwala na szybkie rozdysponowanie krwi z odpowiednim terminem ważności. Wprowadzenie do systemu danych o cechach serologicznych dawców, znacznie zmniejsza ilość wykonywanych badań serologicznych /kilkakrotne oznaczanie u dawców krwi tych samych antygenów/, zmniejsza zużycie surowic wzorcowych oraz eliminuje dawców po przebytej żółtaczce zakaźnej i chorobach wenerycznych. Dzięki temu skraca się czas oczekiwania chorego na przygotowanie /dobranie/ odpowiedniej krwi czy preparatu.

mgr inż. ANDRZEJ KUPIEC  
 mgr inż. MACIEJ KULISIEWICZ  
 Katedra i Klinika Anestezjologii  
 i Intensywnej Terapii  
 Akademii Medycznej - Wrocław

## PROGRAMY UŻYTKOWE DLA POTRZEB ANESTEZJOLOGII I INTENSYWNEJ TERAPII NA BAZIE MIKROKOMPUTERÓW "ZX 81" ORAZ "TELEPUTER 3"

W roku 1983 Katedra i Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii AM we Wrocławiu zakupiła mikrokomputer ZX 81 wyposażony w pamięć 64 KB. Było to podyktowane potrzebą przyspieszenia wielu dość żmudnych obliczeń koniecznych w trakcie prowadzenia ciężkich przypadków chorobowych na oddziale intensywnej terapii.

Pierwszymi programami, jakie powstały na bazie mikrokomputera ZX 81 były:

1. Badania hemodynamiczne,
2. Przepięk płucny na podstawie pomiarów gazometrycznych.

Badania hemodynamiczne to program, który umożliwia szybkie obliczanie parametrów hemodynamicznych pacjenta na podstawie zmierzonych wartości:

- ciśnienie w tętnicy promieniowej,
- ciśnienie w tętnicy płucnej,
- ciśnienie żylnego,
- akcji serca,
- rzutu minutowego serca.

Pomiar ciśnienia w tętnicy płucnej oraz pomiar rzutu serca jest wykonywany przy użyciu cewnika SWAN-GANZ i mierników firmy Hewlett-Packard. Rzut minutowy serca jest mierzony metodą termodilucji. Wyliczone parametry hemodynamiczne to:

```

CISN. TETNICZE 120/80 (93)
CISN. W PŁUCNEJ 20/8 (16)
PCUP=6 OCZ=5 HR=72 CO=6.1
UAGR=75 WZROST=180
SSA=1.94
-----
WSK. SERCOWY (CI) = 3.14 3.0-3.4
OBJ. WYRZUTOWA (SU) = 84.7 80.2-76.8
WSK. WYRZUTOWY (SI) = 43.6 39.4-46.6
PRACA WYRZUTOWA:
L. KOMORY (LVSU) = 55.1 45.0-55.0
P. KOMORY (RVSU) = 9.4 7.9-9.7
PRACA L. KOM. (LCU) = 3.9 3.4-4.2
PRACA P. KOM. (RCU) = 0.68 0.54-0.66
OPOR NACZYŃ:
SYSTEMOWY (SUR) = 2275 1978-2202
PŁUCNY (PVR) = 254 227-313
  
```

Rys. 1. Przykładowy wydruk obliczeń hemodynamicznych

- wskaźnik sercowy /CI/,
- objętość wyrzutowa /SV/,
- wskaźnik wyrzutowy /SI/,
- praca wyrzutowa lewej komory /L.VSW/,
- praca wyrzutowa prawej komory /RVSW/,
- praca lewej komory serca /LCW/,
- praca prawej komory serca /RCW/,
- opór naczyń systemowych /SVR/,
- opór naczyń płucnych /PVR/ /rys. 1/.

Przepięk płucny na podstawie gazometrii to program, który w oparciu o wyniki wykonanej gazometrii krwi żyłnej i tętniczej oblicza przepięk płucny /Qs/Qt/ oraz inne parametry funkcji płuc. Jest szczególnie przydatny w przypadkach chorych sztucznie wentylowanych. Wprowadzane wartości to:

1. FiO<sub>2</sub>, Hb - stężenie wdychanego tlenu, zawartość hemoglobiny.
2. SaO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, SvO<sub>2</sub>, PvO<sub>2</sub>, PvCO<sub>2</sub> - wyniki gazometrii,
3. CO, CI, PCWP - rzut serca, wskaźnik sercowy, ciśnienie zaklinowania,
4. EP - poziom białka.

Nie wszystkie wartości przedstawione wyżej muszą być podane, aby wyliczyć przepięk. Wy-

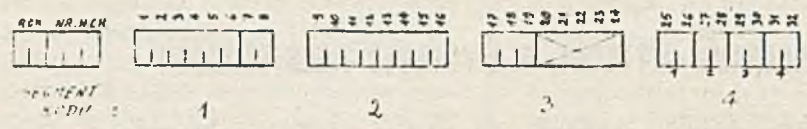
```

PRCG. ODDECHOWY (GAZOMETRIA)
-----
P (A) O2 = 412 S (A) O2 = 99.9
P (I) O2 = 100 P (A) CO2 = 38
P (V) O2 = 72 Hb = 14
P (V) CO2 = 46 S (SVC) O2 = 94
ED=6.4 S (V) O2 = 92.46
-----
WYNIK OBLICZEN
-----
1. P (AL-AR) O2 = 253.5
P (AL-AR) O2
-----*100=38 10- 20
2. P (AL) O2
3. C (AR-V) O2 = 2.5 4.2-5.0
C (AR-V) O2
-----*100=10 20- 25
4. C (AR) O2
5. SHUNT = 24.3 3.0-8.0
6. O2 DOSTĘPNE = 1263 550-650
7. O2 ZUŻYCIE = 78 134-150
8. COP = 22.3 20 - 25
9. COP-PCUP = 16.3 10
  
```

Rys. 2. Przykładowy wydruk przepięku płucnego.

INNE LUB INNEGO CZYNNIKA:  
 .....  
 .....

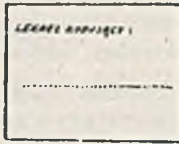
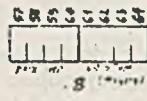
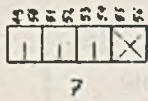
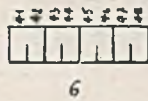
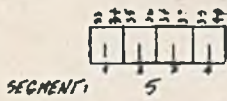
TABELA KODOWANIA INFORMACJI O PACJENTACH  
 KLINIKI ANESTEZIOLOGII I INTENSYWNEJ TERAPII A.M. WE WROCŁAWIU



POZYC WARTOŚĆ	KOD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	WIEK		0-1	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	> 60	
2.	TRZYCIĘTYM KRYTERIUM	CHOROBY CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR	CIĘŻAR CIĘŻAR
3.	WRAZY	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
4.	ZATRUCIA	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
5.	CIĘŻAR WIEKOWY	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
6.	WRAŻA WIEKOWA	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
7./8.	TECHNIKI SPECJALNE (inne cyfry)	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
9.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
10.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
11.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
12.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
13.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
14.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
15.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
16.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
17.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
18.	WRAŻA KRYTERIUM	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK
19.											
20.											
21.											
22.											
23.											
24.											
25/32.	BADANIA LABORATORYJNE	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK	BRAK

Rys. 3.





33/44	LECZENIE	SKRĘŚL KWADRATY DLA WYBRANYCH LEKÓW I DLA KAŻDEJ CZYŃKÓWKI WPISZ DWUCYFROWY KOD N/6 SCHEMATU TAK W POPRZEDNIM PUNKCIE																																																												
41/42	KLINICZNE WSKAZANIA DO STYMULACJI	PRZYKŁAD KODOWANIA: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>																																	33	34	35	36	37	38	39	1	2	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1	0	0
33	34	35	36	37	38	39																																																								
1	2	0	0	1	0	0																																																								
1	2	0	0	1	0	0																																																								
1	2	0	0	1	0	0																																																								
43/44	ECG - WSKAZANIA DO STYMULACJI	<p>ANIMY KATECHOLAMINE KAFEM I PLAZMA NORMONY H<sub>2</sub> BLOKERY</p> <p>SÓDNY KRWIOWOSTĘPCE SHANTOPAFBI WAZODILATORY BETA-BLOKERY</p> <p>LEKI NACIOPADNE HEMIFINIA I IMAE ANTYDOPAMINOWY SÓDNY ZWIĄZKI LEK. PODK.: PAKSITAZOLOLOD</p> <p>MALLETYKI GLUKOCYDY AMERKANE I PAŁ ANTYPARKINZNE PSYCHOTROPNE I POKWADRO</p>																																																												
45/46	ETIOLOGIA ZABURZEN RYTMU	00 - BRAK	01 - RYTM NIEKREŚLONY	02 - RYTM NIEZAPŁODNIANY	03 - NIEKREŚLONY	04 - BLOK SIEDZ. 1. ST.	05 - BLOK SIEDZ. 2. ST.	06 - BLOK SIEDZ. 3. ST.	07 - BLOK SIEDZ. 4. ST.	08 - BLOK SIEDZ. 5. ST.	09 - BLOK SIEDZ. 6. ST.	10 - BLOK SIEDZ. 7. ST.	11 - BLOK SIEDZ. 8. ST.	12 - BLOK SIEDZ. 9. ST.	13 - BLOK SIEDZ. 10. ST.	14 - BLOK SIEDZ. 11. ST.	15 - BLOK SIEDZ. 12. ST.	16 - BLOK SIEDZ. 13. ST.	17 - BLOK SIEDZ. 14. ST.	18 - BLOK SIEDZ. 15. ST.	19 - BLOK SIEDZ. 16. ST.	20 - BLOK SIEDZ. 17. ST.	21 - BLOK SIEDZ. 18. ST.	22 - BLOK SIEDZ. 19. ST.	23 - BLOK SIEDZ. 20. ST.	24 - BLOK SIEDZ. 21. ST.	25 - BLOK SIEDZ. 22. ST.	26 - BLOK SIEDZ. 23. ST.	27 - BLOK SIEDZ. 24. ST.	28 - BLOK SIEDZ. 25. ST.	29 - BLOK SIEDZ. 26. ST.	30 - BLOK SIEDZ. 27. ST.	31 - BLOK SIEDZ. 28. ST.	32 - BLOK SIEDZ. 29. ST.	33 - BLOK SIEDZ. 30. ST.																											
47/48	STYMULATOR	01 - BRAK	02 - ZAPŁON	03 - ZAPŁON	04 - ZAPŁON	05 - ZAPŁON	06 - ZAPŁON	07 - ZAPŁON	08 - ZAPŁON	09 - ZAPŁON	10 - ZAPŁON	11 - ZAPŁON	12 - ZAPŁON	13 - ZAPŁON	14 - ZAPŁON	15 - ZAPŁON	16 - ZAPŁON	17 - ZAPŁON	18 - ZAPŁON	19 - ZAPŁON	20 - ZAPŁON	21 - ZAPŁON	22 - ZAPŁON	23 - ZAPŁON	24 - ZAPŁON	25 - ZAPŁON	26 - ZAPŁON	27 - ZAPŁON	28 - ZAPŁON	29 - ZAPŁON	30 - ZAPŁON	31 - ZAPŁON	32 - ZAPŁON	33 - ZAPŁON																												
49/50	ELEKTRODA	01 - BRAK	02 - WYKŁADKOWA	03 - WYKŁADKOWA	04 - WYKŁADKOWA	05 - WYKŁADKOWA	06 - WYKŁADKOWA	07 - WYKŁADKOWA	08 - WYKŁADKOWA	09 - WYKŁADKOWA	10 - WYKŁADKOWA	11 - WYKŁADKOWA	12 - WYKŁADKOWA	13 - WYKŁADKOWA	14 - WYKŁADKOWA	15 - WYKŁADKOWA	16 - WYKŁADKOWA	17 - WYKŁADKOWA	18 - WYKŁADKOWA	19 - WYKŁADKOWA	20 - WYKŁADKOWA	21 - WYKŁADKOWA	22 - WYKŁADKOWA	23 - WYKŁADKOWA	24 - WYKŁADKOWA	25 - WYKŁADKOWA	26 - WYKŁADKOWA	27 - WYKŁADKOWA	28 - WYKŁADKOWA	29 - WYKŁADKOWA	30 - WYKŁADKOWA	31 - WYKŁADKOWA	32 - WYKŁADKOWA	33 - WYKŁADKOWA																												
51/52	WSKAZANIA DO WYMIANY STYMULATORA	01 - WYMIANA	02 - WYMIANA	03 - WYMIANA	04 - WYMIANA	05 - WYMIANA	06 - WYMIANA	07 - WYMIANA	08 - WYMIANA	09 - WYMIANA	10 - WYMIANA	11 - WYMIANA	12 - WYMIANA	13 - WYMIANA	14 - WYMIANA	15 - WYMIANA	16 - WYMIANA	17 - WYMIANA	18 - WYMIANA	19 - WYMIANA	20 - WYMIANA	21 - WYMIANA	22 - WYMIANA	23 - WYMIANA	24 - WYMIANA	25 - WYMIANA	26 - WYMIANA	27 - WYMIANA	28 - WYMIANA	29 - WYMIANA	30 - WYMIANA	31 - WYMIANA	32 - WYMIANA	33 - WYMIANA																												
53/54	WSKAZANIA DO ZMIANY ELEKTRODY	01 - WYMIANA	02 - WYMIANA	03 - WYMIANA	04 - WYMIANA	05 - WYMIANA	06 - WYMIANA	07 - WYMIANA	08 - WYMIANA	09 - WYMIANA	10 - WYMIANA	11 - WYMIANA	12 - WYMIANA	13 - WYMIANA	14 - WYMIANA	15 - WYMIANA	16 - WYMIANA	17 - WYMIANA	18 - WYMIANA	19 - WYMIANA	20 - WYMIANA	21 - WYMIANA	22 - WYMIANA	23 - WYMIANA	24 - WYMIANA	25 - WYMIANA	26 - WYMIANA	27 - WYMIANA	28 - WYMIANA	29 - WYMIANA	30 - WYMIANA	31 - WYMIANA	32 - WYMIANA	33 - WYMIANA																												

Rys. 3 / cd. /

starczy podać wartość 1 i 2. Do wyliczenia ilości zużytego tlenu i tlenu dostępnego /odpowiednio O2-zużyte, O2-dostępne/ należy dodatkowo podać wartości /3/ zmierzone i wyliczone w programie obliczeń hemodynamicznych /rys. 2/. Ponadto uruchomiono krótkie procedury obliczeniowe wykorzystywane w postępowaniu klinicznym np. : obliczanie klirensu kreatyniny, obliczanie osmolalności.

Opracowano również program o nazwie INFO zbierający i analizujący odpowiednio zakodowane informacje o wszystkich pacjentach leczonych na Oddziale Intensywnej Terapii. Dla każdego pacjenta wychodzącego z kliniki wypełniana jest KARTA KODOWANIA INFORMACJI /rys. 3/. Zawiera ona wszystkie istotne dane umożliwiające analizę statystyczną przypadków chorobowych, metod leczenia, rodzajów schorzeń itp. oraz wyszukiwania ściśle określonych grup pacjentów. W związku z tym że KIKAIIT AM we Wrocławiu jest jednym z większych ośrodków wszczepiania kardiostymulatorów w Polsce, część KARTY KODOWANIA stanowią informacje odnoszące się do tych pacjentów u których dokonano wszczepienia stymulatora serca. Na uwagę zasługuje fakt, że użyty sposób kodowania tych informacji jest zgodny z przyjętą powszechnie tzw. KARTĄ EUROPEJSKĄ kodowania informacji o pacjentach ze stymulatorami serca.

Do pamięci ZXB1 dane są wprowadzane na bieżąco od początku 1983 roku. Informacje o wszystkich pacjentach leczonych w ciągu roku w klinice zapisywane są na kasecie magnetofonowej /nagranie pełnego zbioru wraz z programem zajmuje 15 minut/.

Bardzo interesujące wyniki dała statystyka za rok 1983. Okazało się między innymi, że hasło "inne", które występuje jako podtemat we wszystkich punktach karty, a obejmuje podtematy niezdefiniowane, było wykorzystane zaledwie kilkakrotnie. Świadczy to o bardzo trafnym doborze tematów dla potrzeb Intensywnej Terapii. Na rys. 4 przedstawiony jest wydruk statystyki połowy roku 1984 w temacie nr 41: kliniczne wskazania do stymulacji.

Na początku roku 1984 KIKAIIT AM we Wrocławiu wyposażona została w mikrokomputer "TELEPUTER 3" firmy REDIFFUSION. Mikrokomputer posiada pamięć operacyjną 128 KB, kartę grafiki z oddzielną pamięcią 16 KB, dodatkową pamięć ekranu 4 KB dwie stacje dysków elastycznych po 320KB, kolorowy 14" monitor /7 dostępnych kolorów/ oraz kolorową drukarkę. Mikrokomputer jest wyposażony w kilka programów standardowych. Posiada dwa systemy operacyjne: CP/M, CP/\* . Wykorzystywany jest głównie system CP/\* i pracujący pod tym systemem mocno rozbudowany język BASIC samokompilujący z grafiką o dużej rozdzielczości z możliwością miksowania na

PROGRAM "INFO" -		STATYSTYKA	
		TEMAT NR.41	
*KOD 0	==	84	(38)
*KOD 1	==	8	(3)
*KOD 2	==	8	(3)
*KOD 3	==	63	(28)
*KOD 4	==	3	(1)
*KOD 5	==	49	(22)
*KOD 6	==	5	(2)
*KOD 7	==	5	(2)
*KOD 8	==	1	(0)
*KOD 9	==	5	(2)
SUMA (0)		218	BLEDY = 0 **
PROGRAM "INFO" -		STATYSTYKA	
		TEMAT NR.41	
*KOD 0	==	84	
*KOD 1	==	8	(6)
*KOD 2	==	8	(47)
*KOD 3	==	63	(2)
*KOD 4	==	3	(36)
*KOD 5	==	49	(3)
*KOD 6	==	5	(0)
*KOD 7	==	5	(3)
*KOD 8	==	1	(0)
*KOD 9	==	5	(3)
SUMA (1)		134	BLEDY = 0 **

Rys. 4. Przykładowy wydruk statystyki

ekranie grafiki, tekstu o rozdzielczości 40 kolumn i tekstu o rozdzielczości 80 kolumn.

Ten nowy mikrokomputer umożliwił uruchomienie zmodyfikowanych wersji programów: badania hemodynamiczne i przeciek płucny. Program badań hemodynamicznych rozbudowany został o możliwość gromadzenia i przechowywania wszystkich wyników pomiarów. Dodatkowo wszystkie zebrane dane można przedstawiać w formie zbiorczej tabeli lub wykresów dowolnego typu /liniowych, schodkowych, punktowych, słupkowych itp. /. Wykresy są realizowane przy użyciu programu aplikacyjnego STARGRAPH. Ponadto komputer analizuje wszystkie wyniki obliczeń zaznaczając odpowiednim kolorem przekroczenie dopuszczalnych norm fizjologicznych. Takie zestawienie wyników obliczeń hemodynamicznych daje możliwość łatwego zaobserwowania tendencji zmian poszczególnych parametrów układu krążenia pod wpływem stosowanej terapii /środki farmakologiczne, sztuczna wentylacja, elektrostymulacja serca itp. /. Dane pomiarowe i wyniki obliczeń są przechowywane na oddzielnym dysku elastycznym. Analiza zbioru danych wszystkich chorých, u których przeprowadzono badania hemodynamiczne, pozwala na dobranie optymalnego toku postępowania w określonych przypadkach chorobowych.

Lekarze KIKAIIT AM we Wrocławiu przeprowadzają około sześciu tysięcy znieczuleń

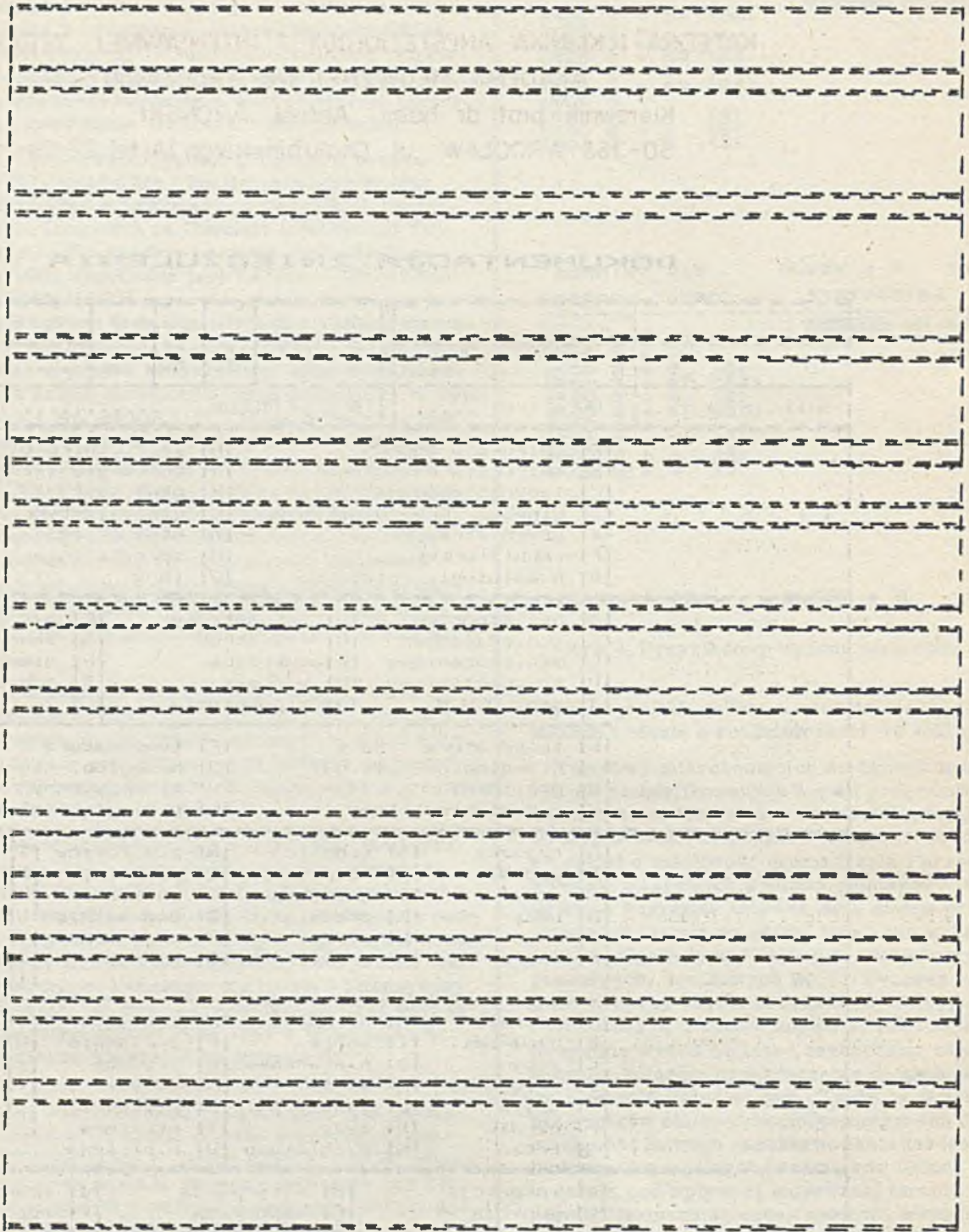
**KATEDRA I KLINIKA ANESTEZJOLOGII I INTENSYWNEJ TERAPII  
AKADEMII MEDYCZNEJ WE WROCŁAWIU**

Kierownik prof. dr habil. Antoni ARONSKI

50-368 WROCŁAW ul. Chatubińskiego 1A; tel 22-09-23

**DOKUMENTACJA ZNIECZULENIA**

		DATA ZABIEGU	DZ.	MC	ROK	NR. HIST. CHOROBY
WZNIK (199) .....	Wzrost (cm) .....	ANESTEZJOLOG .....				
I L I K I A	IA)	chirurgia ogólna	[H]	chirurgia dziecięca	[J]	chirurgia szczękowa
	IB)	chirurgia dziecięca	[I]	laryngologiczna	[K]	okulistyka
	IC)	laryngologiczna	[L]	ginekol. -Działubińskiego	[L]	ginekol. -Dyrekcyjna
	ID)	ginekol. -Działubińskiego	[M]	psychiatria	[M]	stomatologia
	IE)	psychiatria	[N]	ambulatorium	[N]	dermatologia
	IF)	ambulatorium	[O]	hematologia dziecięca	[O]	inne
	IG)	hematologia dziecięca				
N Y A D W S P C U D	IA)	bez schorzeń	[GI]	sch. wątroby	[F]	nadciśnienie
	IB)	sch. oddechowe	[H]	sch. nerek	[G]	inne
	IC)	sch. krążeniowe	[IK]	ciężcyca	[R]	nieokreślone
	ID)	sch. naczyniowe	[II]	wstrząs	[S]	sch. psychiczne
	IE)	sch. D.U.N.	[IO]	hipowolemia		
T E M P E R A T U R A	IF)	temperatura > 38°C	[FI]	temperatura < 36°C		
	IG)	hemoglobina < 10 g%	[U]	hemoglob. nieokreślona		
	IH)	przytomny	[NI]	nieprzytomny		
	II)	zab. elektrolitowe	[WI]	niez. elektrolity		
C I C I E I N E	IA)	czaszka	[IG]	tchawica	[NI]	p. brzuszne
	IB)	D.U.N.	[IH]	kl. piers.	[OI]	pachwiny
	IC)	oczy	[JI]	gr. piers.	[PI]	żołądek
	ID)	uszy	[IK]	środk. pier.	[QI]	dwunastnic
	IE)	nos	[IL]	pluca	[RI]	śledziona
	IF)	twarz	[IM]	przełyk	[SI]	wątroba
T E L E C I S T W O	IA)	szczeki	[IH]	przepona	[OI]	trzustka
	IB)	jama ust.	[II]	serce	[PI]	J. cienkie
	IC)	zęby	[JI]	n. wieńcowe	[CI]	śro. grube
	ID)	kręgosłup	[KI]	aorta	[RI]	odbyt.
	IE)	szyja	[LI]	inne tetn.	[SI]	pośladki
	IF)	gardło	[MI]	żyły	[TI]	otrzewna
C I C I E I N E	IA)	brzośnica	[MI]	d. żółciowe	[UI]	n. płciowe
	IB)	brzośnica				
	IC)	brzośnica				
	ID)	brzośnica				
	IE)	brzośnica				
	IF)	brzośnica				
C I C I E I N E	IA)	inspekcja	[E]	ektymacja	[J]	transplantacja
	IB)	punkcja	[F]	amputacja	[K]	reprozycja
	IC)	nacięcie	[G]	rekonstrukcja	[L]	zab. poleśniczy
	ID)	resekcja	[H]	cięcie	[N]	pozostałe
	IE)	zab. trwałienia	[F]	reoperacja	[Q]	prob. odczarcie
	IF)	inne	[R]	banacja t.a.u.	[S]	dręgni
C I C I E I N E	IA)	angiografia	[OI]	ezofagoskopia	[G]	rektoskopia
	IB)	encef./myelogr	[E]	laparoscopia	[H]	bronchoskopia
	IC)	cystoskopia	[F]	biopsja	[J]	inne



Rys. 5. Kodowa karta znieczulenia

głównie operacyjnych w wielu klinikach. Znieczulenia te są wykonywane przy użyciu wielu technik oraz różnych środków znieczulających. Dlatego istniała potrzeba stworzenia komputerowego zbioru do naukowych opracowań sposobów znieczuleń pod kątem ich skuteczności i ewentualnych komplikacji. Klinika jest również jednym z większych w Polsce ośrodków implantacji sztucznych stymulatorów serca wszczepiających rocznie ok. 300 rozruszników.

Pamięć zewnętrzna w postaci stacji dysków elastycznych umożliwiła uruchomienie programów, które operują na dużych zbiorach danych. Powstały więc programy:

1. Dokumentacja znieczulenia - program zbierający informacje o wszystkich znieczuleniach wykonywanych w klinikach Akademii Medycznej we Wrocławiu;
2. Stymulatory serca - ewidencja stymulatorów implantowanych w KIKAIIT.

Program "Dokumentacja znieczulenia" umożliwia wszelkie analizy statystyczne oraz wyszukiwanie dokumentów określonych przypadków znieczuleń. Możliwe jest również przeglądanie i drukowanie dokumentów według ustalonego wcześniej uporządkowania z pominięciem tych, które nie spełniają podanych warunków.

Na karcie znieczulenia /rys. 5/ uwzględnione są następujące tematy:

- nazwisko, imię, wiek, waga, wzrost pacjenta
- data zabiegu, nr historii choroby,
- operująca klinika,
- anestezjolog /nazwisko/,
- miejsce operacji,
- diagnostyka,
- środki znieczulające,
- sposób oddychania,
- układ anestetyczny,
- diureza,
- czas stosowania halotanu,
- przeniesienie chorego,
- stan przedoperacyjny,
- rodzaj zabiegu,
- technika znieczulenia,
- środki zwiadcujące,
- techniki specjalne,

- infuzja,
- czas znieczulenia,
- komplikacje,
- stan w sali budzeń.

Program "Stymulatory serca" zbudowany jest na bazie programu aplikacyjnego "STAR-FILE". Program prowadzi ewidencję wszystkich stymulatorów wszczepionych w klinice, nie dopuszcza do powstania błędów, umożliwia ponadto szybkie wyszukiwanie, porządkowanie i drukowanie informacji.

Informacje wprowadzane do komputera można podzielić na trzy grupy:

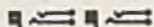
- dane stymulatora /przychodzą z Banku Stymulatorów/ - firma, typ /model, numer stymulatora, dopuszczalny termin użycia,
- dane pacjenta /wprowadzane w dniu implantacji/ - nazwisko, imię, wiek, data implantacji, typ elektrody,
- data wyłączenia i stan stymulatora /po wyłączeniu/ - data wyłączenia, częstość /częstość z mag., amplituda, czas impulsu, - decyzja.

Program składa się z czterech pól danych. Pole pierwsze zawiera informacje o stymulatorach według wyżej podanego formatu. Pole drugie, podobne do pierwszego, dotyczy stymulatorów resterylizowanych i zawiera w miejscu daty ważności czas przepracowany przez stymulator. Pole trzecie to parametry podstawowe wszystkich do tej pory używanych w Klinice stymulatorów. Zawiera takie informacje jak:

- firma, typ/model,
- parametry wyjściowe /amplituda, częstość, test, czas imp. /,
- wskazania do wymiany /amplituda, częstość, test, czas imp. /,
- dodatkowe parametry czas refrakcji, czułość, teoretyczny czas życia baterii, waga i inne.

Pole czwarte to skrócona informacja o parametrach z uwzględnieniem ilości stymulatorów danego typu.

Wymienione wyżej zastosowania mikrokomputerów to pierwsze z tematów jakie udało się rozwiązać podczas dotychczasowej eksploatacji. Na bieżąco są prowadzone prace nad modyfikacją już istniejących programów i uruchamianiem nowych.



## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA TECHNIKI KOMPUTEROWEJ W BADANIACH ELEKTRONYSTAGMOGRAFICZNYCH

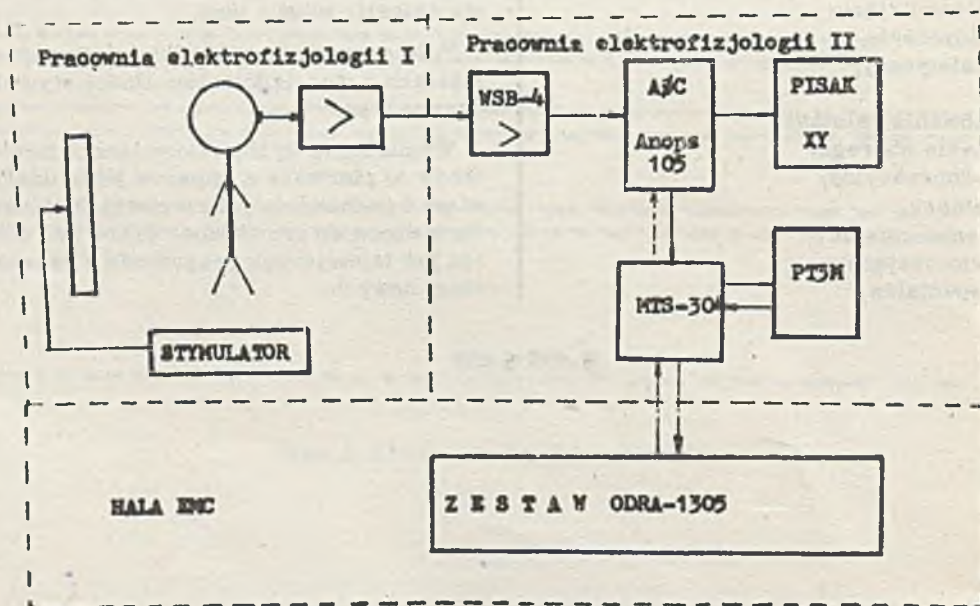
W ostatnich latach obserwuje się stały wzrost liczby pacjentów, u których zawroty głowy i zaburzenia równowagi są jedynymi lub jednymi z głównych dolegliwości. Ponieważ zachowanie równowagi człowieka i prawidłowej orientacji w przestrzeni zależne jest od sprawnego współdziałania narządu przedsionkowego, narządu wzroku i czucia głębokiego, a informacje płynące z tych trzech narządów integrowane są w centralnym układzie nerwowym, staje się oczywiste, że problem zawrotów głowy i zaburzeń równowagi dotyczy wielu specjalności medycznych.

Pacjenci z zawrotami głowy leczeni są, w zależności od przyczyny choroby, przez neurologów, internistów lub laryngologów. Pacjentami tymi zajmuje się również medycyna przemysłowa, ponieważ u części chorych dolegliwości

spowodowane są szkodliwymi warunkami pracy. Sporą grupę osób kierowanych do badania otoneurologicznego stanowią pracownicy, u których zgodnie z wymogami przepisów bezpieczeństwa pracy, niezbędna jest pełna sprawność narządu równowagi.

Analiza elektronystagmograficzna reakcji oczopląsowych samoistnych i indukowanych stanowi część diagnostyki otoneurologicznej, mającej na celu ocenę sprawności narządu przedsionkowego oraz ustalanie przyczyn i lokalizacji zmian prowadzących do zawrotów głowy.

Rozwój badań nystagmograficznych prowadził od prostych metod wizualnej oceny poprzez zastosowanie specjalistycznych urządzeń elektronicznych aż do maszyn cyfrowych włącz-



Rys. 1. System rejestracji elektrofizjologicznych CYFROMED

nie. Stosunkowo wcześniej zaczęto wykorzystywać komputer w takich badaniach przebiegów fizjologicznych jak: EKG, EEG, WPM czy ENG. Próby rejestracji i analizy badań ENG przy pomocy komputera zaczęto przeprowadzać na przełomie lat 1960/70. [1, 3]. Ze względu na złożoność techniki badania oraz duży stopień trudności związanych z analizą przebiegu elektrycznego, automatyzacja i obiektywizacja tych badań w kraju nie jest podjęta na szerszą skalę. Duża ilość danych pomiarowych, konieczność rejestracji ich w nadmiarze, klasyfikacji i eliminacji zakłóceń sprawia, że obliczenie wielu parametrów rejestrowanego przebiegu może odbywać się tylko przy pomocy komputera.

Na rynku krajowym brak łatwodostępnych systemów komputerowych z wejściami analogowymi wyposażonymi w konwerter A/C z multiplekserem. Istniejące rozwiązania w oparciu o CAMAC czy inne systemy pomiarowe są drogie i ze względu na swoją specyfikę trudne w adaptacji. W elektrofizjologicznych badaniach medycznych mamy do czynienia z równoczesną rejestracją w wielu kanałach. Poziom sygnał elektryczny jest w przedziale od pojedynczych mikrowoltów /np. WPM/ do kilkudziesięciu miliwoltów /np. EKG/ przy częstotliwości od pojedynczych Hz do kilkudziesięciu.

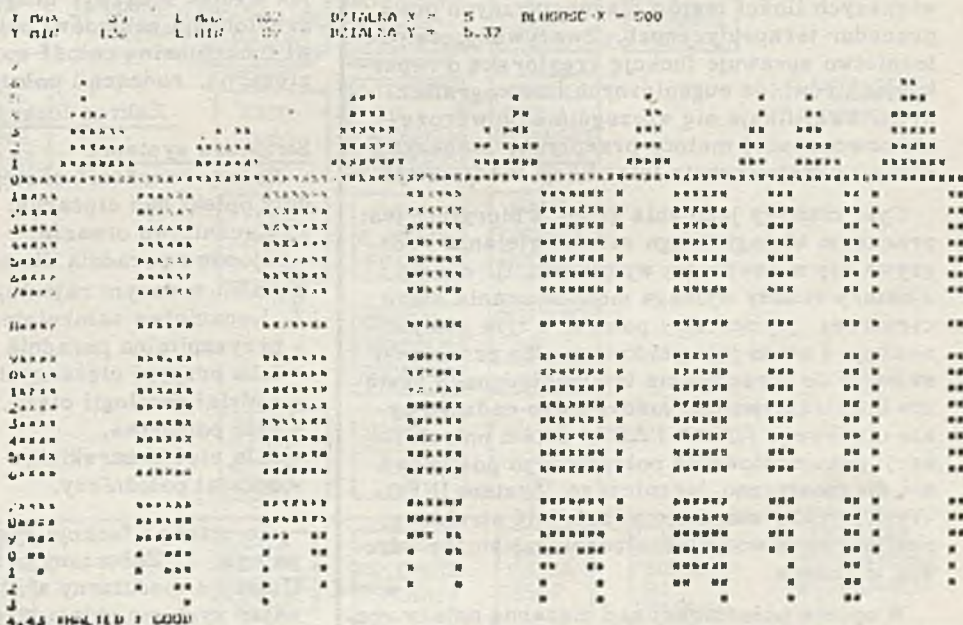
Próby komputerowego wspomaganie badań podjęto w Pracowni Elektrofizjologii Katedry i Zakładu Patofizjologii AM we Wrocławiu kierowanej przez prof. dr hab. med. Józefa Jagielskiego. Rys. 1 przedstawia schemat systemu rejestracji elektrofizjologicznej

CYFROMED, którym dysponuje Pracownia Elektrofizjologii AM we Wrocławiu.

System CYFROMED składa się z przedwzmacniacza i wzmacniacza biologicznego 4-kanałowego, konwertera A/C - tu wykorzystano ANOPS-105 oraz jednostkę sterującą MTS-304. Poprzez zaadaptowanie ANOPSa i MTS-304 można rejestrować przebiegi elektrofizjologiczne na TM, a następnie przetwarzać przy pomocy komputera ODRA 1305. Jest to rozwiązanie unikalne w skali krajowej, ale ze względu na koszt i stopień niezbędnych modyfikacji trudne do szerszego rozpowszechnienia.

Przeprowadzono rejestracje ruchów gałek ocznych podczas wykonywania próby wahadła "eye - tracking test" oraz próby kalorycznej metodą Fitzgeralda - Hallpike'a. Rejestrowano odcinki czasowe 5 i 10 s z częstotliwością próbkowania gwarantującą wystarczającą jakość odtwarzania cyfrowego /rys. 2/. Podczas jednej próby rejestrowano 10 do 20 bloków /rekordów/ po 500 wartości dyskretnej. Dane poddano filtracji cyfrowej i przystąpiono do prac nad algorytmami oceny wybranych parametrów przebiegu ENG.

Wyniki pierwszych badań ENG są obiecujące i stnieje potrzeba ich dalszego rozwijania. Należy dodać, że automatyzacja stymuluje wiele korzystnych zmian, zmusza do usystematyzowania wiedzy z danej dziedziny, sprecyzowania norm, kryteriów klasyfikacji itp. Nowy aparat analizy dostarcza nowych informacji diagnostycznych [2]. Istnieje zatem potrzeba o-



Rys. 2. Zapis cyfrowy próby wahadła "eye-tracking test"

pracowania takiej wersji mikrokomputera lub minikomputera, która charakteryzowałaby się możliwością bezpośredniego wprowadzania i analizowania wybranych przebiegów elektrofizjologicznych. Prace w tym kierunku są niezbędne, a zapotrzebowanie na takie systemy komputerowe duże.

Artykuł niniejszy jest próbą zainteresowania producentów systemów komputerowych tą niezwykle ważną w medycynie klinicznej dziedziną badań elektrofizjologicznych.

mgr inż. ELŻBIETA GASEK  
dr med. KAZIMIERZ GWÓDZ  
mgr LESŁAW WOLAŃSKI  
Zakład Elektronicznej Techniki  
Obliczeniowej — Wrocław

## INFORMATYCZNY SYSTEM DOKUMENTOWANIA OPIEKI POŁOŻNICZEJ NAD CIĘŻARNĄ INFO-PART/S.I.P./

Medycyna, podobnie jak inne gałęzie nauki, znajduje się pod naporem narastającego strumienia informacji. Odnosi się to również do dosyć hermetycznej dyscypliny medycznej, jaką jest położnictwo, które korzysta z coraz większych ilości testów diagnostycznych oraz procedur terapeutycznych. Zważywszy, że położnictwo sprawuje funkcję kreatorską o reperkusjach również eugenicznych i demograficznych, kwalifikuje się szczególnie do wdrożenia nowoczesnej metody przepływu, magazynowania i przetwarzania informacji medycznej.

Cykl ciążowy jako *suis generis* biorytm, jest procesem biologicznego samopowieliania i rozgrywa się w czwartym wymiarze, tj. czasie i z natury rzeczy wymaga monitorowania stanu ciężarnej, jej porodu i położu, a tym samym rozwoju i stanu jaja płodowego. Te przesłanki skłoniły do opracowania informatycznego systemu dokumentowania, medycznego nadzoru cyklu ciążowego /INFO-PART/ celem optymalizacji dokumentowania położniczego postępowania diagnostyczno-leczniczego. System INFO-PART /SIP/ stara się uwzględnić strukturę, realia i możliwości uspołecznionej służby zdrowia w Polsce.

W opiece położniczej nad ciężarną należy rozróżnić dwa dynamiczne elementy w określonym regionie:

1. sieć rejonowych poradni dla ciężarnych - wielokrotność jednego modułu medycznego,

### L i t e r a t u r a :

- [1] Kenneth H. Brookler, Jock L. Pulec: Computer analysis of electronystagmography records. Arch. otolaryng. 1970 r. 17, 563-575.
- [2] G. Ranacher: Nystagmusauswertung am Computer. Arch. oto-Rhino-Laryng. 1977 r., 215, 257-263.
- [3] W. Rubin: Nystagmography: Terminology, technique, and instrumentation. Arch. otolaryng. 1968., 87, 266;271.

2. zamknięty zakład położniczy - 6 różnych modułów medycznych /podsystemów/ składających się z kolei z poszczególnych mikrosystemów

Ww. sieć rejonowych poradni dla ciężarnych, jak wynika z nazwy, przyporządkowana jest określonej zakładowi położniczemu, co stanowi funkcjonalną całość sprawowanej opieki nad ciężarną, zakładającą i położnicą.

#### Zakres funkcjonalny

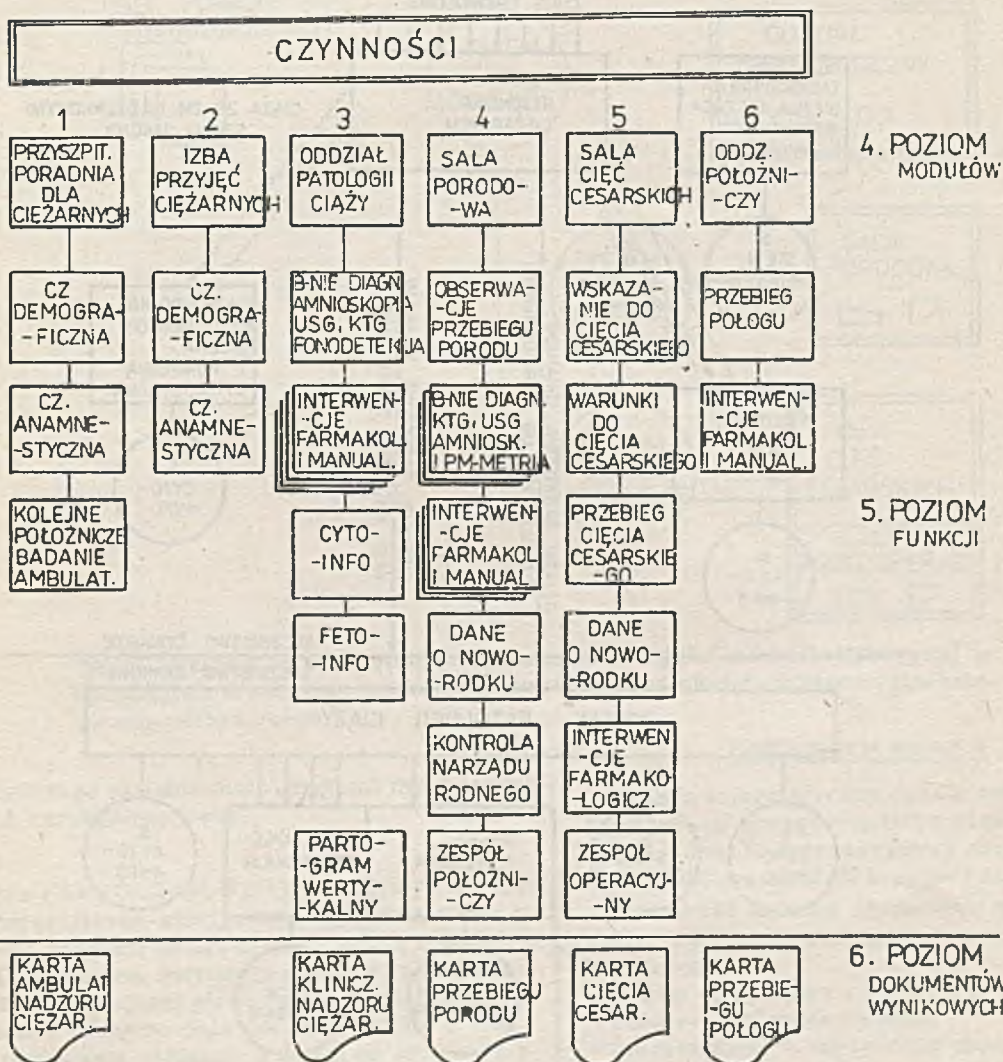
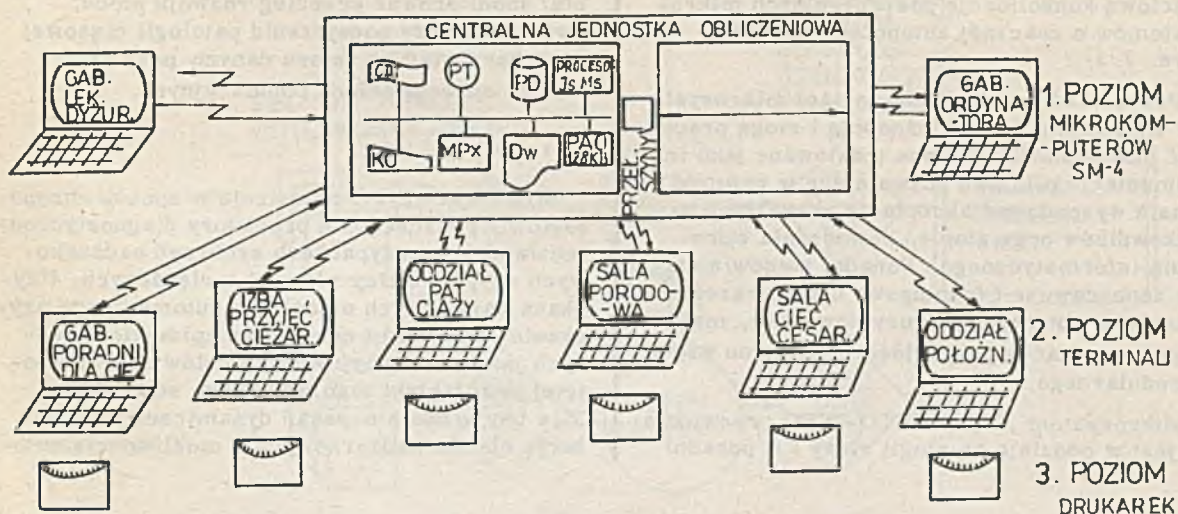
#### Struktura systemu

Należy rozróżnić następujące medyczne moduły opieki nad ciężarną:

1. Lecznictwo otwarte:
  - rejonowa poradnia dla ciężarnych /jako sieć poradni w danym rejonie/.
2. Lecznictwo zamknięte:
  - przyszpitalna poradnia konsultacyjna,
  - izba przyjęć ciężarnych do szpitala,
  - oddział patologii ciąży,
  - sala porodowa,
  - sala cięć cesarskich,
  - oddział położniczy.

Strukturę i funkcje systemu przedstawiono na rys. 1. Załączony całościowy schemat SIP ilustruje modułarny a zarazem hierarchiczny układ systemu składający się z 6 podsystemów /modułów/, a te z kolei z 19 częściowo autonomicznych mikrosystemów. Powyższa struktura pozwala na stopniową, etapową implementację poszczególnych ogniw systemu, funkcjo-





Rys. 1. Globalny logistyczny schemat struktury funkcji systemu INFO-PART

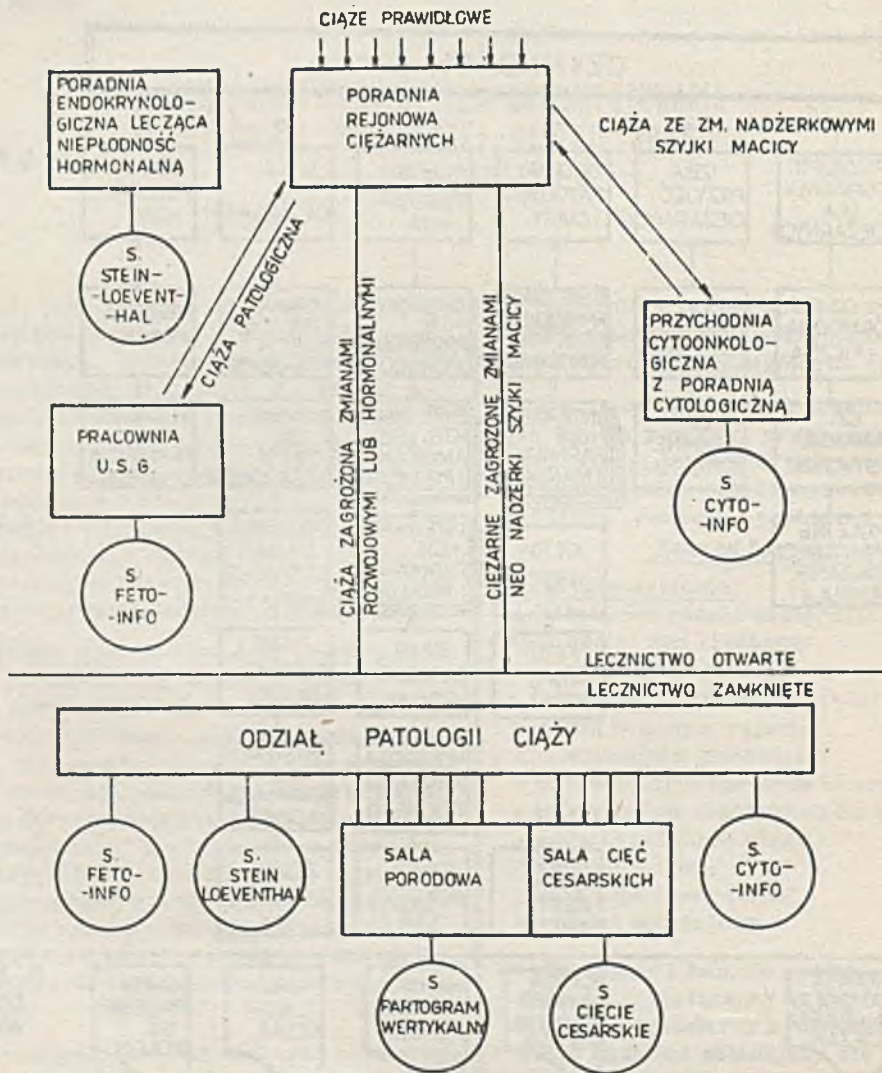
ujących początkowo indywidualnie, a w późniejszym etapie ujętych w logistyczną sieć mikrosystemów stanowiących w efekcie ostatecznym SIP, który należy widzieć jako czynnościową konsolidację poszczególnych mikrosystemów o znacznej autonomii własnej. /rys. 2, 3/.

Przedstawione skrótowo poniżej mikrosystemy wykazują się niezależnością i mogą pracować indywidualnie. Są one traktowane jako implementacje pilotowe pozwalające w pewnym sensie wysondować akceptację przyszłych użytkowników oraz stopień powodzenia wdrożenia informatycznego. Ponadto stanowią stacje zapoznawcze i treningowe dla szerszego kolektywu potencjalnych użytkowników, mającego korzystać w przyszłości z systemu wiodącego modułowego.

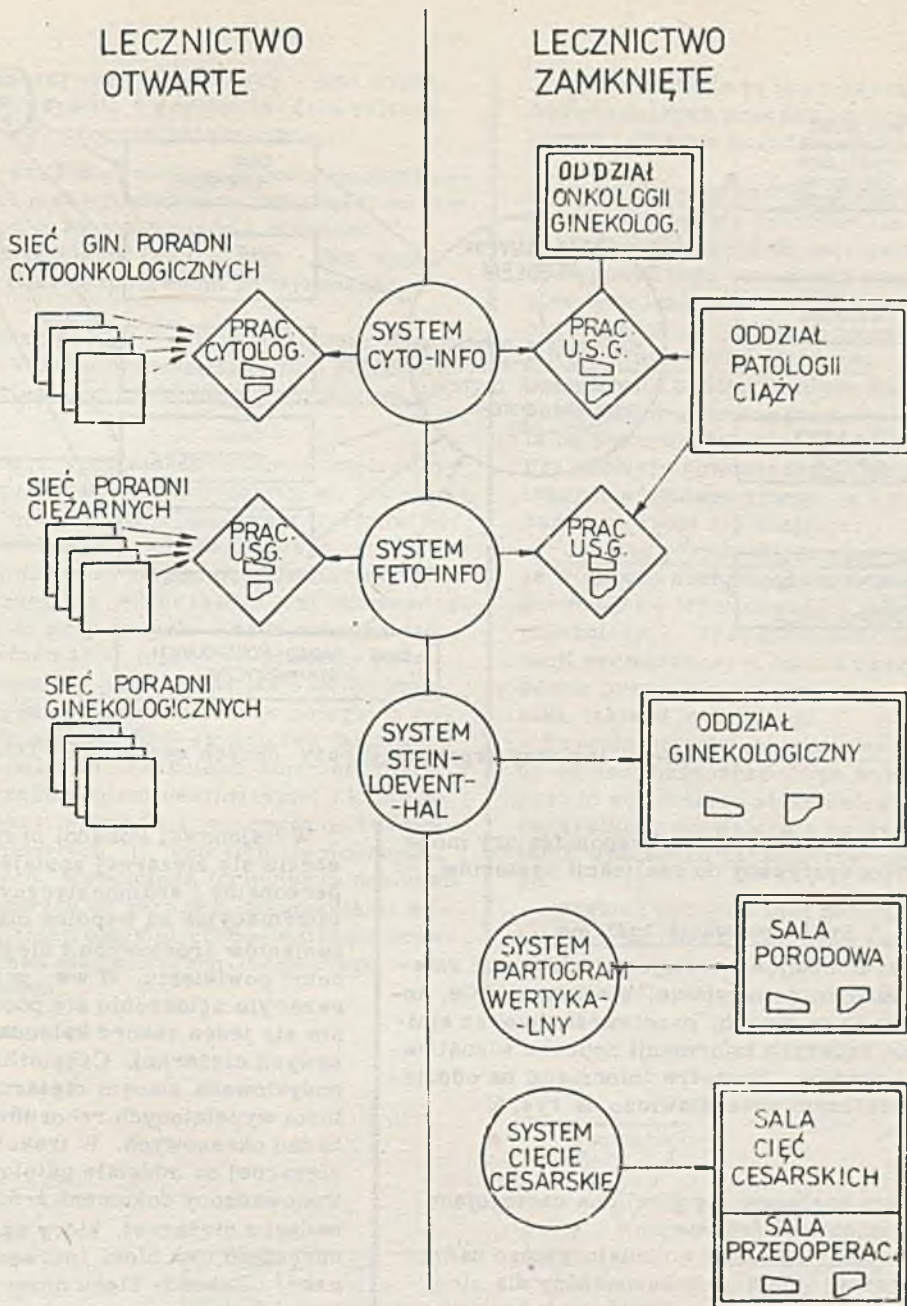
Mikrosystem /M/s/ FETO-INFO przewidziany jest w oddziale patologii ciąży i w poradni

dla ciężarnych, zwłaszcza w przypadku ciąż o wysokim ryzyku, a przy dużym wysyceniu sprzętem również w poradniach rejonowych. Pozwala on okresowo /z dowolną częstotliwością/ monitorować przebieg rozwoju płodu, zwłaszcza przy podejrzeniu patologii ciążowej oraz korzystać ze zbioru danych przy zbiorczych opracowaniach populacyjnych.

M/s CYTO-INFO rejestruje w sposób chronologiczny poszczególne procedury diagnostyczno-lecznicze, w przypadkach schorzeń nadżerkowych szyjki macicy również u ciężarnych. Użytkowana baza danych umożliwia automatyczne uzyskanie zestawień i opracowań epidemiologicznych jak i ewidencyjnych dla celów szeroko pojętej profilaktyki tego masowego schorzenia. M/s ten pozwala uzyskać dynamiczną archiwizację stanów nadżerkowych z możliwością auto-



Rys. 2. Logistyczny schemat aplikacji mikrokomputerowych w strukturze położniczej opieki nad ciężarną



Rys. 3. Relacja mikrosystemów /jednomodularnych, monotematycznych/ w aplikacjach w zakresie leczenia otwartego i zamkniętego pionu ginekologiczno-położniczego

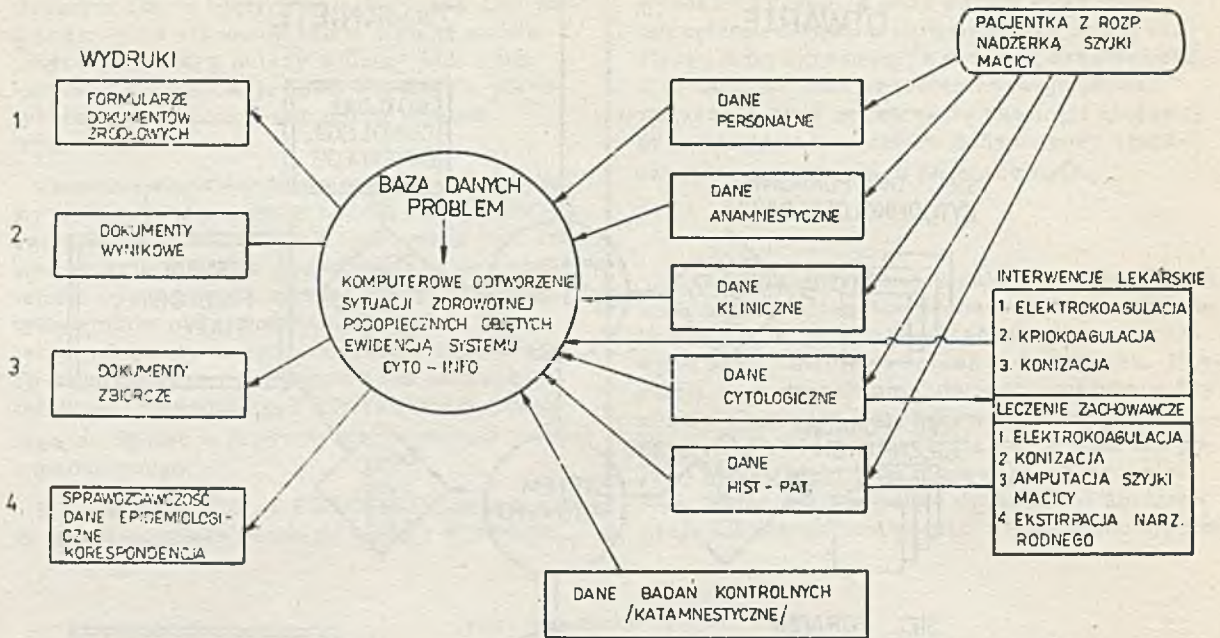
matycznego zawiadowania grupami dyspanseryjnymi szczególnej troski.

M/s PARTOGRAM WERTYKALNY /PW/ jest próbą graficzno-kinetycznego przedstawienia porodu drogami naturalnymi z pewną komponentą ilustracyjną dotyczącą postępu i położenia części przodującej płodu /główka lub miednica/ w kanale rodnym. M/s ten znajduje się w trakcie testowania aktualnie z uwagi na złożony mechanizm porodu jak i jego odchylenia, jak również bogatą symptomatologię rodzenia oraz mnogość interwencji położniczych, zarówno farmakologicznych jak i manualnych.

#### Konfiguracja sprzętu

System informatyczny będzie realizowany na konfiguracji sprzętowej, którą przedstawiono na rys. 5. Jest to dwumaszynowy zestaw minikomputera SM-4 produkcji krajowej zapewniający:

- pojemność zbiorów użytkowych min. 20 MB,
- sieć monitorów ekranowych z drukarkami hard copy,
- dostęp do systemu - 24 godziny na dobę,
- czas reakcji systemu 30 s;
- niezawodność - zapewnioną przez instalację dwóch minikomputerów, tj. z minikomputera głównego oraz wspomagającego, który przejmie realizację funkcji w razie awarii minikomputera głównego.



Rys. 4. Schemat logiczny organizacji bazy danych systemu CYTO-INFO

Poza tym minikomputer wspomagający może być wykorzystywany do realizacji systemów wsadowych.

#### Funkcjonowanie systemu

Zasadą funkcjonowania jest logistyczne zbieranie danych, przesyłanie, magazynowanie, integracja bazy danych, przetwarzanie oraz emitowanie żądanych informacji poprzez wizualizację lub wydruk. Przepływ informacji na oddziale położniczym przedstawiono na rys. 5.

System posługuje się pięcioma następującymi dokumentami źródłowymi:

1. Dokument źródłowy ambulatoryjnego nadzoru ciężarnej - jest on przeznaczony dla sieci Rejonowych Poradni dla Ciężarnych oraz dla Poradni Przychodni zakładu położniczego. Pozostałe dokumenty źródłowe przeznaczone są dla modułu zamkniętej opieki położniczej.
2. Dokument źródłowy klinicznego nadzoru ciężarnej - oddział patologii ciąży.
3. Dokument źródłowy przebiegu porodu drogami naturalnymi - sala porodowa.
4. Dokument źródłowy przebiegu cięcia cesarskiego - sala cięć cesarskich.
5. Dokument źródłowy przebiegu porodu - oddział położniczy.

Wszystkie formularze dokumentów źródłowych zawierają wspólne bloki informatyczne, a mianowicie:

- blok personalny,
- blok anamnestyczny.

W Rejonowej Poradni przy pierwszym zgłoszeniu się ciężarnej zostaje wypełniony blok personalny i anamnestyczny, które to bloki informacyjne są wspólne dla wszystkich dokumentów źródłowych i ulegają automatycznemu powieleniu. W ww. poradni przy każdorazowym zgłoszeniu się podopiecznej wypełnia się jeden rekord kalendarium badań okresowych ciężarnej. Częstotliwość zgłoszeń jest podyktowana stanem ciężarnej i odpowiada ilości wypełnionych rekordów harmonogramu badań okresowych. W trakcie hospitalizacji ciężarnej na oddziale patologii ciąży zostaje wprowadzony dokument źródłowy klinicznego nadzoru ciężarnej, który zawiera wypełnione uprzednio dwa bloki /personalny i anamnestyczny/. Rekordy bloku obserwacji klinicznych wypełniane są z różną częstotliwością, w zależności od dynamiki procesu chorobowego.

W wypadku wycofania się zmian patologicznych, przy niedonoszonej ciąży pacjentka ponownie znajduje się w gestii opieki rejonowej poradni dla ciężarnych. Natomiast przy ciąży dojrzałej ciężarna kierowana jest na blok porodowy, gdzie jej stan jest dokumentowany na dokumencie źródłowym przebiegu porodu drogami naturalnymi, względnie na dokumencie źródłowym przebiegu cięcia cesarskiego. Dokument przebiegu porodu drogami naturalnymi wypełniany jest na bieżąco, rejestrując istotne zjawiska i etapy porodu.

Cykl właściwych obserwacji i postępowania położniczego jest dokumentowany następująco: A. Harmonogram badań ambulatoryjnych - jest wypełniany przy każdym zgłaszaniu się podopiecznych.

B. Blok obserwacji klinicznych - jest wypełniany sukcesywnie z częstotliwością zależną od przebiegu procesu patologicznego.

C. Diagram PW przebiegu porodu drogami naturalnymi jest wypełniany w zależności od tempa postępu oraz stanu płodu i rodzącej.

D. Przebieg cięcia cesarskiego - jest wypełniany ex post bezpośrednio po wykonaniu zabiegu.

E. Przebieg położu - jest dokumentem zbiorczym, w którym przede wszystkim rejestruje się odchylenia od prawidłowego przebiegu położu.

Procedura wypełniania dokumentów źródłowych pomija etap odręcznego zapisu. Na ekranie monitora zostaje wizualizowany odpowiedni formularz dokumentu źródłowego, w którym dane nanoszone są za pomocą klawiatury alfanumerycznej, co jednocześnie jest wprowadzeniem ich do bazy danych. Każda rubryka /tj. rekord informacji/ może być dowolnie zwiększona odnośnie pola zapisu jak i wielokrotniona. Wypełnianie dokumentów polega na posługiwaniu się zasobem słownictwa fachowego w języku polskim, częściowo sformalizowanym z ograniczeniem deklinacyjnej i koniugacyjnej fleksji wyrazów, z tendencją do budowania zdań prostych, tj. krótkich, lapidarnych, konkretnych. Wypełnione formularze dokumentów źródłowych są zarazem dokumentami wynikowymi, ilustrującymi chronologicznie przebieg procesu diagnostyczno-leczniczego w cyklu ciążyowym.

Wykorzystanie przez lekarza informacji wprowadzanych poprzez prezentowane dokumenty źródłowe przedstawia się następująco:

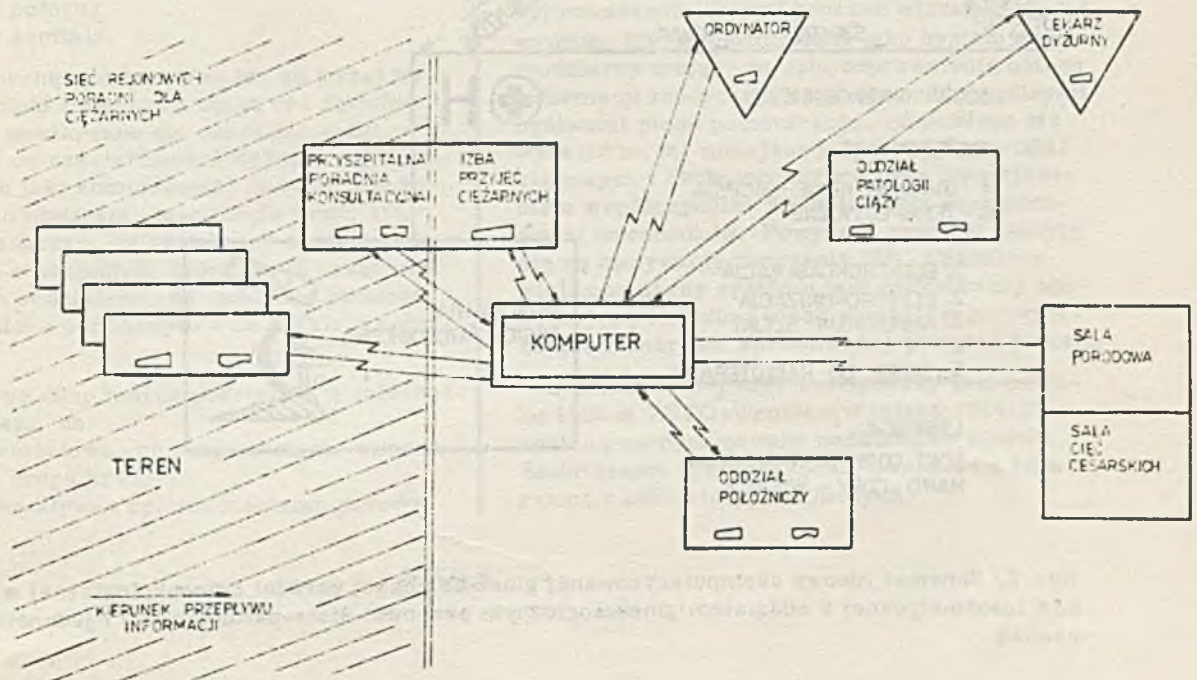
- Ambulatoryjny nadzór ciężarnej - jest ujętym tabelarycznie przebiegiem cyklu ciążowego w warunkach opieki leczenia otwartego, dostępność tego dokumentu wynikowego, poprzez sieć terminali, pozwala nadzorować rozwój i w określonych przypadkach interweniować.

- Kliniczny nadzór ciężarnej - jest ujętym tabelarycznie postępowaniem diagnostyczno-terapeutycznym wobec zagrożonej ciąży, co pozwala na obserwację procesu leczenia przez lekarzy oddziału położniczego, jak również przez lekarza ambulatoryjnego, w którego gestii ciężarna z rejonu się znajduje.

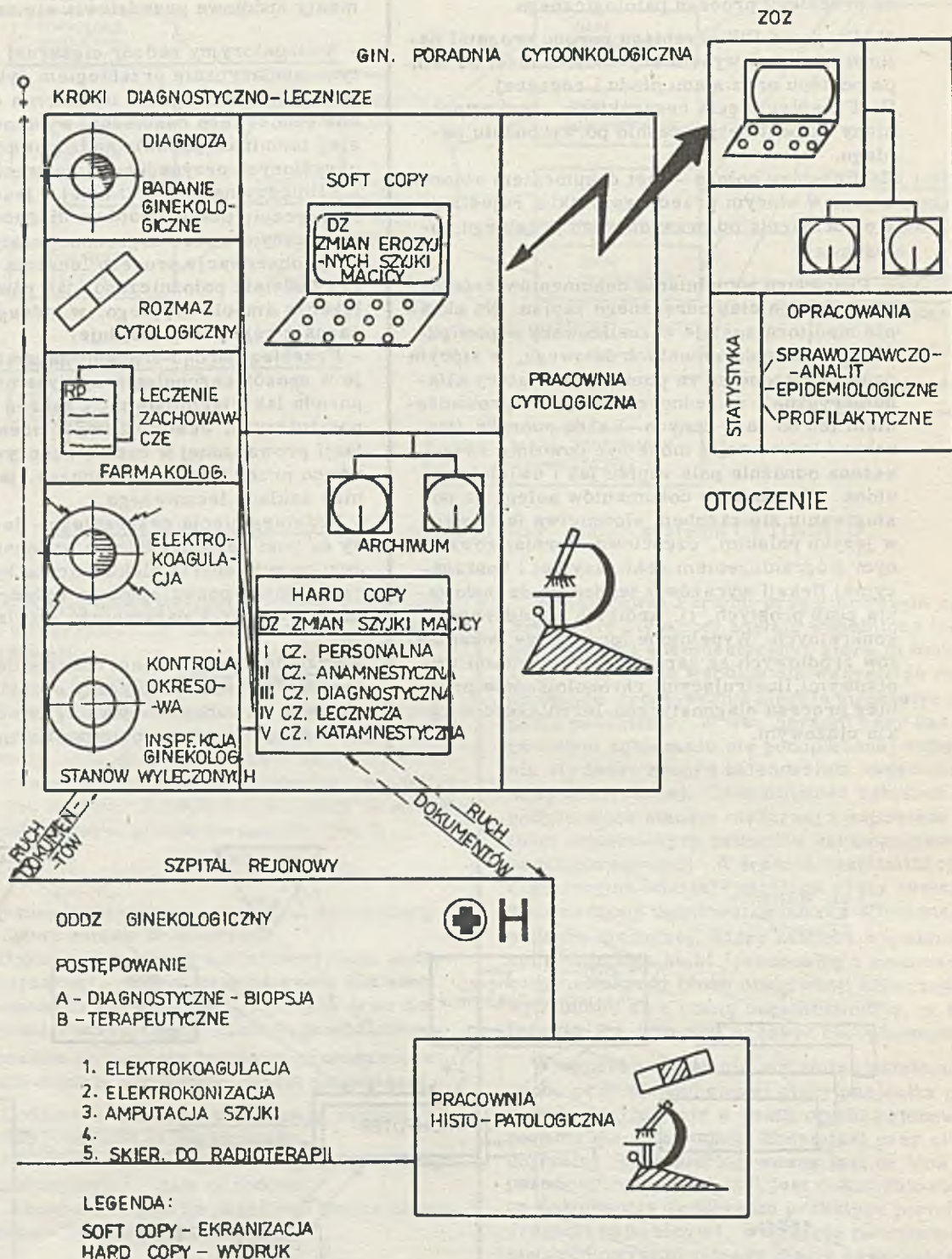
- Przebieg porodu drogami naturalnymi - ujmuje w sposób chronologiczny dynamikę procesu porodu jak i terminowość i zakres interwencji położniczych. Jest możliwość oceny dokumentacji prowadzonej w czasie rzeczywistym zarówno przez lekarza dyżurnego, jak i kierownika zakładu leczniczego.

- Przebieg cięcia cesarskiego - jest wypełniany ex post bezpośrednio po wykonaniu zabiegu. Jest to sui generis elektroniczna księga cięć cesarskich, pozwalająca na wybiórczą konfrontację wybranych parametrów cięcia cesarskiego.

- Przebieg położu - jest dokumentem rejestrującym w sposób syntetyczny przebieg położu zarówno po porodzie, jak i cięciu cesarskim, ze szczególnym wypunktowaniem odchyień od



Rys. 5. Schemat ideowy struktury systemu INFO-PART w układzie przepływu informacji



Rys. 6. Schemat ideowy skomputeryzowanej ginekologicznej poradni cytoonkologicznej w koniunkcji informatycznej z oddziałem ginekologicznym pracowni histo-patologicznej i jednostką nadrzędną

stanu prawidłowego. Dokument wynikowy jest dokumentem kończącym przebieg cyklu ciążyowego i z poprzednimi dokumentami ilustrującymi przebieg ciąży składa się na całość dokumentacji położniczej danego cyklu ciążyowego.

#### Dane wejściowe

Założeniem autorów jest zaprojektowanie systemu prostego w obsłudze na każdym z etapów jego działania. Dotyczy to również zbierania danych. Wszystkie informacje będą wprowadzane do systemu poprzez monitory ekranowe z klawiaturą, umieszczone na każdym z oddziałów pionu położniczego, a więc tam, gdzie przebywają ciężarne, rodzące i położnice. Tam bowiem formułowane są dane o ich stanie zdrowia /przychodnia dla ciężarnych, oddział patologii ciąży, blok porodowy, oddział położniczy/.

W ramach tworzonej bazy danych wyróżnia się następujące bloki informacji:

- dane personalno-demograficzne,
- wywiad położniczy dotyczący obecnej ciąży,
- wywiad położniczy dotyczący poprzednich ciąż,
- badania laboratoryjne i amnioskopia,
  - kardiogram,
  - badanie biochemiczne płynu owodniowego,
  - ultrasonografia płodowa,
  - morfologia krwi,
  - badania biochemiczne i immunologiczne,
  - badanie moczu,
  - wymaz z pochwy,
- badania położnicze,
- ambulatoryjny nadzór nad ciężarną,
- kliniczny nadzór nad ciężarną,
- cięcie cesarskie,
- poród drogami natury,
- dane o noworodku,
- dane o łożysku,
- przebieg porodu,
- wypis ze szpitala.

Istotną cechą systemu jest to, że wyżej wymienione bloki informacji mogą być dowolną ilość razy powtarzane dla danej pacjentki, w zależności od częstotliwości wykonywanych badań, takich jak: amnioskopia, badanie położnicze, kardiogram, morfologia krwi, itd. Należy zaznaczyć, że zachowany zostaje ciąg informacji o pacjentce, która może przebywać na różnych oddziałach, np. oddziale patologii ciąży, w bloku porodowym - na oddziale położniczym.

Wejściowe dane można podzielić, w zależności od rodzaju, na:

- dane wartościowe, np. ciężar ciała, wzrost, ciśnienie, grupa krwi,
- dane alternatywne np. mechanizmu porodu:

spontaniczny lub kleszczowy, względnie dzwon próżniowy lub cięcie cesarskie,

- dane opisowe, kontrolowane na etapie wprowadzania danych np. przebyte operacje, wskazania do cięcia cesarskiego, zalecenia, odchylenia od stanu prawidłowego, powikłania.

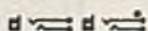
#### Dane wyjściowe

Do wykorzystania danych zapisanych w kartotece pacjentów będą upoważnieni tylko wyciągnięci przez ordynatora pracownicy oddziału /lekarze, położne, sekretarki medyczne/. Jest to niezbędne ze względu na ochronę danych przed niepożądanym dostępem, bowiem w przypadku systemu medycznego również obowiązuje tajemnica lekarska. Dostęp do danych odbywa się poprzez wybranie odpowiedniej funkcji systemu. Odwołanie do zapisów wybranej pacjentki odbywa się poprzez podanie numeru historii choroby /nr pacjentki z książki głównej/ lub danych personalnych /nazwisko i imię + data urodzenia/. W ten sposób można uzyskać dane o przebiegu porodu, wynikach badań noworodka, itd.

Na podstawie zapisanych do bazy danych informacji można uzyskać dane zbiorcze, statystyczne, dotyczące określonej grupy pacjentek. Zbiorcze zestawienia są uzyskane po wprowadzeniu do systemu sformułowanego problemu, poprzez odwołania symboliczne do danych. Ta funkcja systemu pozwala na uzyskanie danych przekrojowych w myśl życzeń użytkownika, np. ilość pacjentek o danej grupie krwi, ilość cięć cesarskich wykonanych przez poszczególnych operatorów /chirurgów/ lub relacji między danymi, np. ilość pacjentek w wieku lat 30, które urodziły dzieci o wadze 3000 - 4000 g.

Na żądanie operatora systemu umożliwia się wyprowadzenie danych poprzez wizualizację lub wydruk. SIP jest pomyślany jako system wielomodularny mający na celu usprawnienie obiegu informacji medycznych między poszczególnymi ogniwami pionu położniczego, co powinno się wyrazić m.in. mniejszą incydencją powikłań ciążyowych i okołoporodowych oraz zmniejszeniem współczynnika śmiertelności okołoporodowej noworodków. Powyższe czynniki złożyły się na motywację tworzenia SIP. Charakter wielomodularny systemu jest podyktowany obowiązkującą strukturą pionu położniczego, wynikającą z zakresu sprawowanej przezeń funkcji.

System INFO-PART realizowany jest od roku 1982 w ZETO-Wrocław, w latach 1984-85 zostaną oprogramowane podstawowe moduły. Rozwiązania systemu konsultowane są z lekarzami z oddziałów położniczych.



## STAN ZASTOSOWAŃ INFORMATYKI W OBIEKTACH SŁUŻBY ZDROWIA ORAZ PERSPEKTYWY ICH ROZWOJU

### Zadania informatyki w służbie zdrowia

Podstawowym zadaniem służby zdrowia jest pełne zaspokojenie potrzeb społeczeństwa w zakresie pomocy medycznej. Poprawę na tym polu można osiągnąć poprzez optymalne wykorzystanie będących w dyspozycji zasobów ludzkich i materialnych. Cel ten może być osiągnięty drogą poprawy zarządzania, optymalizacji planów ochrony zdrowia, oraz zwiększenia efektywności pracy kadr medycznych. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu ekonomiczno-matematycznych metod i urządzeń techniki obliczeniowej.

Do szczególnych zadań rozwiązywanych przez technikę obliczeniową można zaliczyć:

- zwiększenie efektywności wykorzystania zasobów kadrowych i materialno technicznych przeznaczonych przez państwo na rozwój ochrony zdrowia,
- planowanie racjonalnego rozmieszczania placówek służby zdrowia,
- zwiększenie operatywności i efektywności zarządzania służbą zdrowia,
- opracowywanie optymalnych planów ochrony zdrowia oraz kontrola ich realizacji,
- uporządkowanie i zwiększenie stopnia wykorzystania informacji naukowej i medycznej,
- poprawa jakości i efektywności opieki medycznej,
- zapewnienie prawdziwej i pełnej informacji o stanie zdrowia społeczeństwa.

Podjmując prace nad budową systemu informatycznego służby zdrowia należy uzmysłowić sobie różnorodność i ogrom dziedzin tam występujących. Sprawą zasadniczą nie jest ilość typów placówek, ale różnokierunkowość działań i wzajemnych powiązań. Jedynym logicznym związkiem pomiędzy nimi może być tylko pomoc choremu, jako podmiot działalności całej służby zdrowia.

### Perspektywy rozwoju informatyki w służbie zdrowia

W Polsce prace nad wykorzystaniem techniki obliczeniowej dla zastosowań w medycynie podjęto w latach sześćdziesiątych. Opracowana wówczas koncepcja zakładała stopniową au-

tomatyzację procesów obliczeniowych, głównie na potrzeby statystyki. W tym celu powołano w większych ośrodkach administracyjnych wiele stacji maszyn licząco-analitycznych, w których przetwarzano informacje statystyczne. Należy podkreślić, że ośrodki te pracują do dnia dzisiejszego, mimo zużytego już parku maszynowego i małoefektywnego sposobu przetwarzania danych.

Lata siedemdziesiąte były okresem żywiłowego rozwoju informatyki w służbie zdrowia. W licznych placówkach podejmowano prace nad opracowaniem własnych systemów informatycznych. Brak działań koordynujących przy opracowywaniu tych systemów spowodował, że opracowane systemy informatyczne były jednostkowe i nie posiadały cech powielarności. Dodatkowo baza sprzętowa była różnorodna /importowana i krajowa/, co stwarzało i stwarza trudności w opracowaniu jednolitej koncepcji rozwoju systemów informatycznych w służbie zdrowia, w oparciu o aktualnie zainstalowany sprzęt komputerowy. Struktura organizacyjna resortu zdrowia i opieki społecznej, jak również zakres działalności funkcjonalnej systemu informatycznego dla służby zdrowia wskazują na skalę trudności przy jego opracowaniu. Wiadomo, że system informatyczny powinien obejmować swym zasięgiem całą służbę zdrowia, a równocześnie powinien być spójny na wszystkich swoich poziomach.

Generalnie można stwierdzić, iż każdy system informatyczny dla służby zdrowia winien obejmować następujące elementy /moduły/:

- baza lokalowa i techniczna służąca choremu,
- kadry medyczne,
- leki,
- pacjent /jako główny obiekt zainteresowania/.

Oczywiście charakter poszczególnych elementów odgrywa różną rolę w zależności od typu placówki, poziomu organizacyjnego, na jakim znajduje się placówka w strukturze służby zdrowia, a także od funkcji jaką pełni dana placówka. Dla przykładu, informacja o pacjencie powinna być bardzo obszerna na poziomie podstawowej opieki zdrowotnej /np. przychodnia rejonowa, wiejski lub gminny ośrodek zdro-



wia/ i bardziej zagregowana na wyższych poziomach organizacyjnych /ZOZ, województwo, urzędy centralne/. Równocześnie należy zdać sobie sprawę, że informacja elementarna /źródłowa/ powstaje na najniższych szczeblach organizacyjnych. Należy więc stworzyć warunki, aby informacja ta była prawdziwa, prosta i nie absorbowwała zbyt wiele kadry medycznej w jej tworzeniu. Ponieważ pełna komputeryzacja służby zdrowia nie jest w chwili obecnej możliwa i to zarówno ze względów finansowych jak i organizacyjnych, niezbędne jest podejście etapowe do problemu informatyzacji w resorcie zdrowia i opieki społecznej.

Poniżej omówione zostaną zamierzenia w zakresie informatyzacji w służbie zdrowia.

#### Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej

Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej jest instytucją centralną wyznaczającą strategię i taktykę w zakresie ochrony zdrowia i opieki społecznej. Ma więc obowiązek koordynowania działań wszystkich jednostek służby zdrowia w celu poprawy stanu zdrowotnego ludności, oraz podniesienia poziomu usług leczniczych i społecznych. Dla spełnienia tych funkcji niezbędny jest odpowiedni zasób informacji oraz możliwość szybkiego do nich dostępu. Obecnie zbieranie informacji jest w zasadzie ręczne, co powoduje zaangażowanie w jej opracowanie wielu pracowników na wszystkich szczeblach organizacyjnych. Dodatkowym mankamentem jest możliwość powstawania błędnych informacji na różnych szczeblach zarządzania, ze względu na konieczność opracowywania metodą tradycyjną różnych zestawień tabelarycznych.

Mając to na uwadze wytypowano pięć podstawowych modułów, a mianowicie: kadry, jednostki służby zdrowia, sprzęt i aparatura medyczna o charakterze trwałym, leki i środki opatrunkowe oraz pacjent, które powinny podlegać komputeryzacji. W pierwszym etapie tworzenie i aktualizacja baz danych odbywać się będzie w oparciu o opracowane kwestionariusze. Przewidywana kolejność opracowywania poszczególnych baz danych będzie następująca:

- Kadry - w pierwszej kolejności zostanie założona baza danych personelu lekarskiego, następnie pielęgniarskiego i w dalszej kolejności pozostałych pracowników zatrudnionych w służbie zdrowia. Aktualizacja danych w pierwszym etapie odbywać się będzie raz w roku, a następnie będzie aktualizowana na bieżąco.

- Jednostki służby zdrowia - będzie to podstawowa baza danych opisująca wszystkie jednostki w rozbiu terytorialnym i funkcjonalnym. Aktualizacja danych odbywać się będzie sukcesywnie, w miarę oddawania do eksploatacji nowych jednostek służby zdrowia.

- Sprzęt i aparatura medyczna o charakterze trwałym - baza danych obejmować będzie wszystkie urządzenia o charakterze trwałym. Aktuali-

zacja danych, podobnie jak w systemie kadry, w pierwszym etapie odbywać się będzie raz w roku, a w następnych etapach dążyć się będzie do bieżącej aktualizacji.

- Leiki i środki opatrunkowe - będzie to baza danych tworzona i aktualizowana w Przedsiębiorstwach Zaopatrzenia Farmaceutycznego CEFARM. Z tego względu niezbędne jest stworzenie sieci minikomputerów w CEFARM i sprzężenie jej z systemem komputerowym MZIOS.

- Pacjent - założenie pełnej bazy danych o pacjentach jest przedsięwzięciem kosztownym i długotrwałym. Dlatego też w pierwszym etapie przewiduje się ujęcie w bazie danych pewnych elementów charakteryzujących stan zdrowia ludności w rozbiu terytorialnym i w miarę możliwości rozbudowę tego systemu.

Korzyści wynikające z zastosowania systemu komputerowego dla potrzeb MZIOS upatruje się we wzroście skuteczności i jakości opieki medycznej, w odciążeniu pracowników fachowych od pracy biurowej, w uzyskaniu użytecznych informacji dla kierowania i planowania oraz we wzroście skuteczności działania całej służby zdrowia i badań naukowych, poprzez koordynację i racjonalny podział pracy.

#### Placówki służby zdrowia

Opisany powyżej zakres funkcjonalny systemu komputerowego dla Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej narzuca ogólne wymagania na pozostałe opracowywane systemy informatyczne w służbie zdrowia. Przyjęcie takiej koncepcji pozwala na podejmowanie prac w różnych placówkach służby zdrowia. Jedyne wymaganie, jakie się stawia to możliwość automatycznego zasilania danymi systemów nadrzędnych przez systemy podrzędne, natomiast funkcje wewnętrzne nie są ograniczone budową systemu centralnego. W resorcie zdrowia i opieki społecznej nie ma dotychczas opracowanych systemów obiektowych dla określonych placówek służby zdrowia. Uwzględniając dodatkowo fakt, że w większości placówek brak wykwalifikowanej kadry lekarzy i informatyków potrafiących korzystać z techniki obliczeniowej, konieczne jest etapowe podejście do zagadnienia informatyzacji służby zdrowia. Podejście etapowe polegać będzie na opracowywaniu poszczególnych instalacji pilotowych dla wybranych placówek służby zdrowia i po sprawdzeniu oraz ewentualnych modyfikacjach powielaniu ich w innych placówkach o zbliżonym profilu działalności.

Przewidywane w najbliższym okresie instalacje pilotowe to:

- system komputerowy dla szpitala,
- system komputerowy dla przychodni,
- system komputerowy dla Przedsiębiorstwa Zaopatrzenia Farmaceutycznego,

W następnej kolejności niezbędne będzie opracowanie następnych instalacji pilotowych, a przede wszystkim:

- systemu dla aptek,
- systemu dla zarządzania bankiem krwi,
- systemu komputerowego dla ZOZ i Wydziału Zdrowia i Opieki Społecznej Urzędu Wojewódzkiego.

Potraktowanie hasłowe powyższych systemów ma na celu zasygnalizowanie kierunków rozwoju informatyki w służbie zdrowia, natomiast zakres funkcjonalny każdego systemu zostanie skonkretyzowany na etapie projektu technicznego. Brak własnej liczonej i doświadczonej kadry informatyków narzuca konieczność korzystania z pomocy przedsiębiorstw projektujących i instalujących systemy informatyczne spoza resortu zdrowia i opieki społecznej.

#### Koordinacja na szczeblu RWPG

Działająca w ramach RWPG stała komisja do współpracy w zakresie ochrony zdrowia, zdając sobie sprawę z konieczności koncentracji wysiłków w zakresie opracowywania nowych systemów komputerowych dla zastosowań medycznych, przystąpiła do koordynacji prac w następujących tematach:

- temat 1.6.1. - "Opracowanie metodologii tworzenia zautomatyzowanych systemów zarządzania i planowania ochroną zdrowia".
- temat 1.6.2. - "Opracowanie projektów automatycznych systemów zarządzania dla wielospecjalistycznego szpitala z przychodnią".
- temat 1.6.3. - "Opracowanie systemów informatycznych dla potrzeb zarządzania służbami sanitarno-epidemiologicznymi".

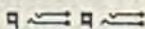
W wyniku prac na forum międzynarodowym opracowane koncepcje zastosowań systemów

informatycznych w medycynie i podzielono pracę pomiędzy państwa członkowskie. Niestety, Polska nie brała udziału w tych pracach; przedstawiciele Polski brali jedynie udział w posiedzeniach ekspertów, w roli obserwatorów. Grupa ekspertów Stałej Komisji do współpracy w zakresie ochrony zdrowia zaleciła również sprzęt, w oparciu o który powinny być budowane systemy informatyczne dla służby zdrowia, tak więc zaleca się:

- Maszyny JS RIAD - dla bardzo dużych systemów /np. dla urzędów centralnych, szpitali powyżej 2000 łóżek/,
- Minikomputery SM-4 - jako podstawowy sprzęt w służbie zdrowia,
- Mikrokomputery budowane w oparciu o mikroprocesory odpowiedniki rodziny INTEL-80 - dla pozostałych zastosowań.

Taki sposób podejścia do zagadnienia pozwala na koncentrację wysiłków poszczególnych państw na wybranych zagadnieniach i szybsze osiągnięcie celu. Natomiast określenie bazy sprzętowej zapewnia powielarność /po niewielkich adaptacjach/ opracowanych systemów również w innych krajach członkowskich RWPG.

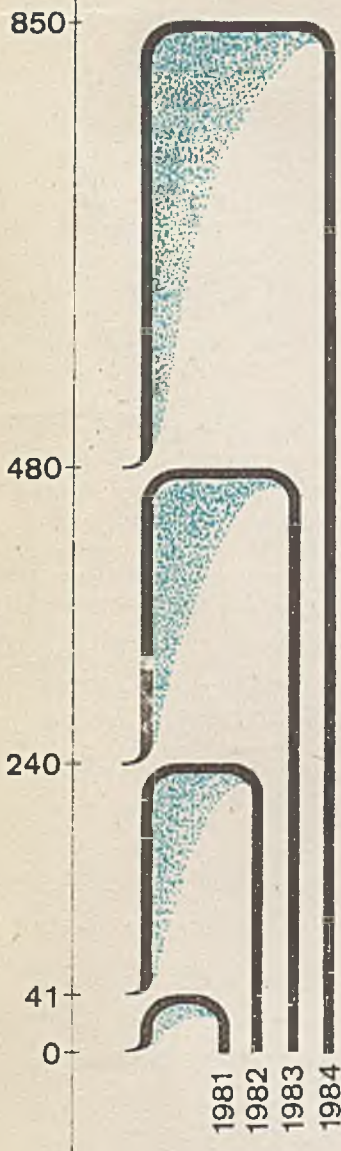
Następnym krokiem w ramach RWPG powinno być nawiązanie ścisłej współpracy pomiędzy Stałą Komisją do współpracy w zakresie ochrony zdrowia a MKETO. Również w kraju powinno nastąpić zacieśnienie kontaktów pomiędzy służbą zdrowia i producentami sprzętu komputerowego. Taka współpraca zapewniłaby służbie zdrowia dostawę sprzętu, natomiast przemysł miałby możliwość sprzedaży w kraju i na eksport sprzętu komputerowego przeznaczonego do zastosowań medycznych, łącznie z gotowymi i sprawdzonymi systemami użytkowymi.





CENTRUM NAUKOWO-PRODUKCYJNE  
SYSTEMÓW STEROWANIA

40-153 KATOWICE, ul. Armii Czerwonej 160



← EKSPORT SYSTEMÓW DO  
KRAJÓW SOCJALISTYCZNYCH  
W LATACH 1981-1984

## **MERASTER -EKSPORTER SYSTEMÓW MIKROKOMPUTEROWYCH**

### **ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW**

- STANOWISKA AUTOMATYZACJI BADAN I EKSPERYMENTÓW NAUKOWYCH
- WIELOFUNKCYJNE STANOWISKA DLA OBSŁUGI PROCESU DYDAKTYCZNEGO
- STANOWISKA ZBIERANIA I PRZEKAZYWANIA DANYCH DLA PRACY AUTOMATYCZNEJ I W SYSTEMACH TELEPRZETWARZANIA
- SIECI KOMPUTEROWE

### **MERASTER OFERUJE:**

- UŻYTKOWE SYSTEMY OPROGRAMOWANIA
- OPROGRAMOWANIE SYSTEMOWE
- USŁUGI SOFTWARE'OWE
- SERWIS

TEL. 587-206 597-086  
TELEKS 031 5956  
mest pl

P.2900/84

