

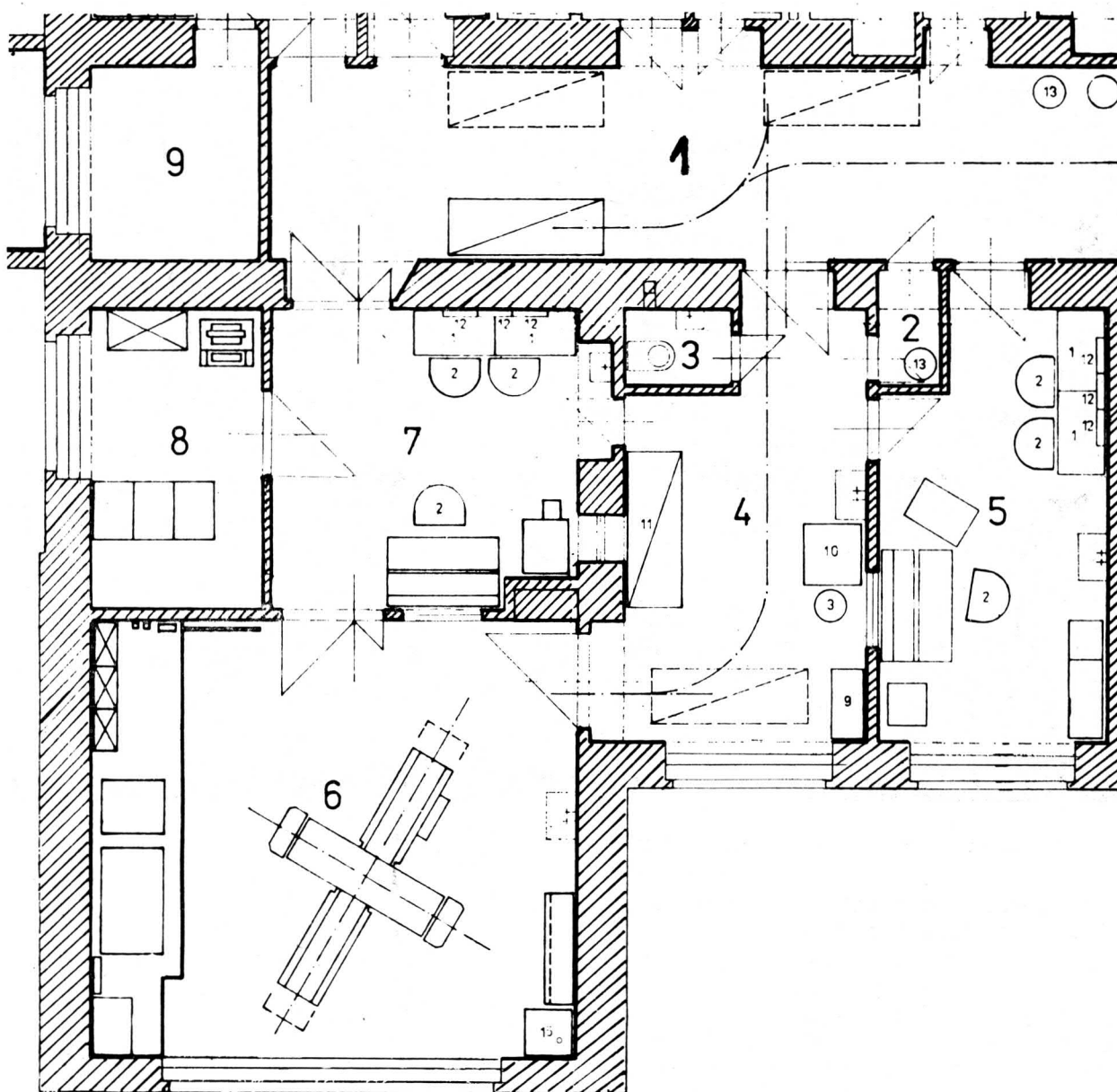
616-073.756-073.176:355.721 PRAHA

POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE V ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÉ NEMOCNICI

Pplk. MUDr. Josef SOBOTA, plk. MUDr. Vladimír ŠALAMOUN, Ing. Jiří HORČÍK, CSc.
Rentgenologické oddělení ÚVN Praha
(náčelník: plk. MUDr. Vladimír Šalamoun)

Dne 8. září 1980 byl slavnostně zahájen provoz počítačové tomografie v Ústřední vojenské nemocnici v Praze za přítomnosti pozvaných hostů, zástupců vojenských a politických složek a představitelů institucí, které se podílely na přípravě a budování pracoviště. Tato událost si opravdu zaslouhuje pozornost, protože ÚVN se stala druhým zdravotnickým zařízením v ČSSR, které vlastní tak dokonalou moderní diagnostickou jednotku. Vedle řady kvalitně pracujících dělníků, techniků a inženýrů Vojenských staveb i zaměstnanců ÚVN pokládáme za správné jmenovat soudruha genmjr. MUDr. Jozefa Sabo, náčelníka Ústřední vojenské nemocnice a genmjr. prof. MUDr. Zdeňka Kunce, DrSc., člena korespondenta ČSAV, náčelníka neurochirurgické kliniky — neurochirurgického oddělení Ústřední vojenské nemocnice. Vybudování tohoto nákladného zařízení bylo z velké části výsledkem jejich úsilí, politické prozíravosti a pochopení pro potřeby rozvoje vojenského zdravotnictví. Není třeba zdůrazňovat, že vynaložené náklady (cca 18 miliónů devizových korun) budou sloužit hodnotám nejcennějším — lidskému zdraví. Vybudované pracoviště též umožní zlepšit diagnostiku v ostatních vojenských zdravotnických zařízeních.

Vědeckotechnický rozvoj má pozitivní vliv na celou naši společnost, technika proniká do všech oborů lidské činnosti, tedy i do medicíny. Rozvoj lékařských přístrojů je v posledních letech obrovský, nová technika posunuje poznání v lékařských vědách velmi rychle kupředu. O významu počítačové tomografie (computer tomography — CT) ve zdravotnictví svědčí okolnost, že v roce 1979 byla udělena jejím objevitelům Nobelova cena za fyziologii a lékařské vědy (3). Allan MacLeod Cormack (USA) v roce 1963 vypracoval teorii snímkování vrstev a analytické rekonstrukce rentgenového obrazu a Godfrey Newbold Hounsfield (Velká Británie) v roce 1972 první zkonstruoval počítačový tomograf použitelný v klinice. Přístroje „první generace“ (jedna rentgenka pevně spojená s protilehlým detektorem, lineárně se pohybující, pak rotace o 1 stupeň) byly pro dlouhý čas zhotovení řezu (5 minut) použitelné pouze pro vyšetřování hlavy. Další, „druhá generace“ (přístroj tohoto typu je v provozu ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové), užívá vějíř paprsků dopadajících na větší počet detektorů, translace a rotace snímkovacího systému zůstává zachována. Čas pro snímání řezu je 15 sekund a je zde možnost použití pro celé tělo. Celotělové počítačové tomografy jsou používány od roku 1975 a uvedení „třetí generace“ (rotující lampa s vějířem paprsků a s protilehlými detektory) do provozu názorně ukazuje, že v současné době vlastní ÚVN jeden z nedokonalejších CT, vyráběných a užívaných ve



Obr. 1. Plánek pracoviště

1 — čekárna, 2 — svlékácká kabinka, 3 — WC, 4 — příprava nemocných, 5 — vyhodnocovací pracoviště, 6 — snímkovací prostor, 7 — manipulační pracoviště, 8 — místnost pro počítače, 9 — klimatizace

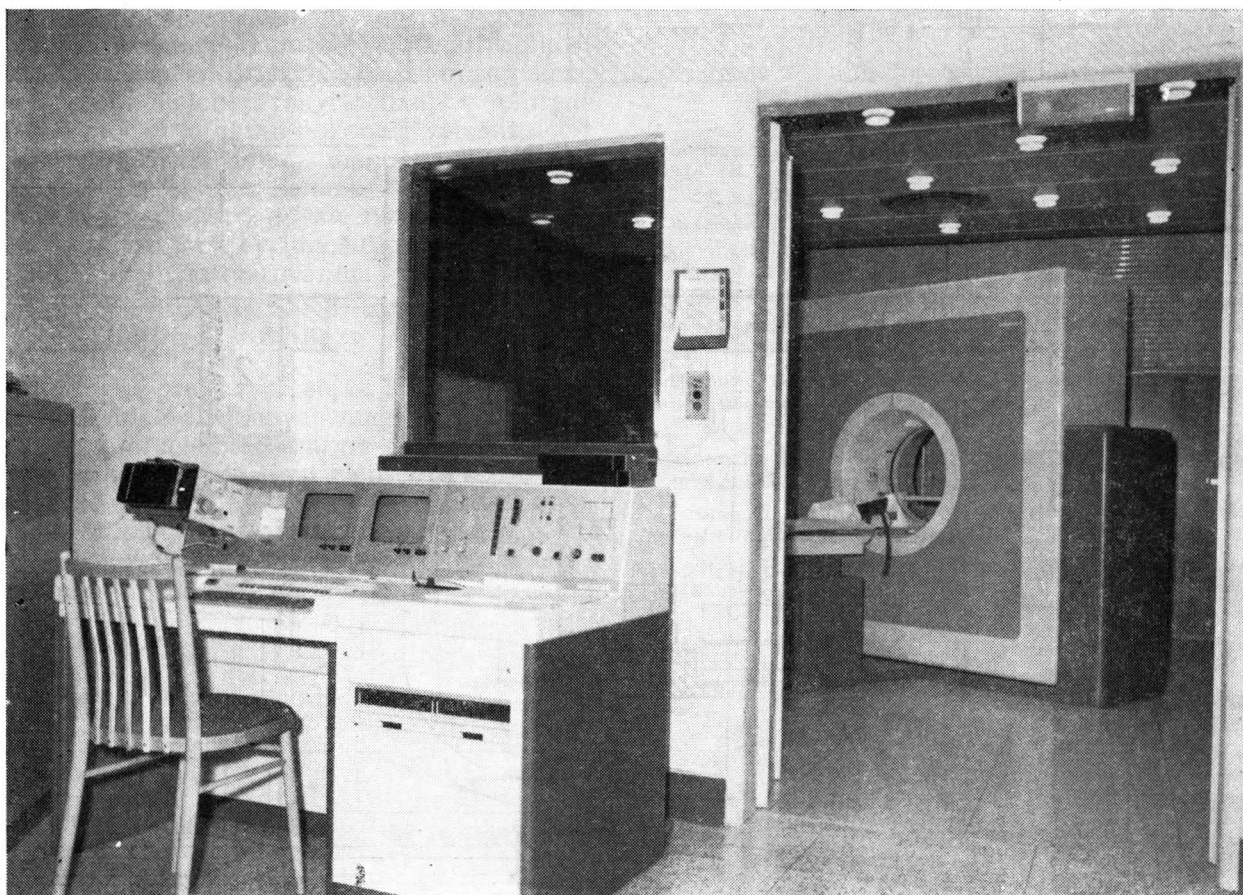
světě. U „čtvrté generace“ rotuje pouze rentgenka, paprsky dopadají na pevnou soustavu detektorů a trvání řezu se zkracuje na 1 až 2 sekundy, což je proti 3 sekundám u našeho přístroje nepodstatné.

Popis zařízení

Hlavním dodavatelem CT pro naše pracoviště byla firma SIEMENS, některé části a periférie však pocházejí od různých špičkových světových výrobců. Celé zařízení má dva samostatné funkční celky (6). První, vlastní snímkovací přístroj (SOMATOM 2) a druhý, vyhodnocovací zařízení (EVALUOSKOP). SOMATOM 2 je tvořen následujícími součástmi:

1. Vyšetřovací systém, obsahující snímkovací jednotku a lehátko pro nemocného s pohyblivými pásy a řídicí skříň pro ovládání veškerých mechanických pohybů a dalších úkonů ve vyšetřovacím systému. Snímkovací jednotku lze naklápět do 20 stupňů od vertikály oběma směry, čímž je umožněno snímkovat vedle příčných také šikmé vrstvy. V centrálním otvoru je umístěno lehátko pro nemocného s transportními pásy, které posunují vyšetřovaného přesně do zvoleného místa.

2. Vysokonapěťová jednotka je tvořena výkonným generátorem (CT PANDOROS) včetně regulační a řídicí části. Rentgenka má rotační anodu s ohniskem 1,6×1,6 mm a je chla-



Obr. 2. Snímek manipulačního pracoviště. V popředí ovládací panel, v zadní části snímkováci jednotka

zena olejem. Zabudované bezpečnostní zařízení zabráňuje tepelnému přetížení.

3. Manipulační pracoviště představuje ovládací pult s klávesnicí a obrazovkami včetně dvou jednotek pro diskety (floppy disk). Na ovládacím pultu jsou tři monitory, dva obrazové, z nichž jeden je napojen na Polaroid kameru a textový monitor pro vedení dialogu s počítačem. Všechny důležité a častěji se vyskytující funkce pro snímek mohou být zvoleny pomocí odpovídajících tlačítek na ovládacím pultu. Na klávesnici vypsaná data nemocného se objeví na obrazovce a ukládají se do paměti počítače společně s obrazem. Pro snímkování je možno použít některý ze stanovených programů nebo, pokud upustíme od rutinního způsobu, se mohou zadávat jiné požadované údaje. Kromě ovládací funkce je možno na manipulačním pracovišti provádět omezený vyhodnocovací program. Pro archivaci CT obrazů je v podstavci ovládacího pultu dvojité hnací ústrojí pro diskety. S ovládacím pultem je spojena Multi-spot kamera, která dovoluje uspořádat na film (KODAK, ev. FOMA) formátu 18×24 cm 1 až 25 snímků. K vyvolání filmů používáme vyvolávací automat PACOROL 14 X.

4. Počítačový systém je složen z těchto částí:

a) řídicí počítač PDP 11/04,

b) obrazový počítač BSP 10,

c) velkokapacitní disková jednotka RK 07 mající dvě možné funkce: I. mezipaměť (kapacita 200 obrázků), II. archivační paměť (kapacita 800 obrázků),

d) protokolová tiskárna LA 36, která např. umožňuje provádět číselné vyjádření absorpčních hodnot, vypsání některých povelů a dokumentuje vyskytující se chyby.

Vyhodnocovací zařízení obsahuje:

1. Vlastní vyhodnocovací jednotku EVALUOSKOP, dovolující samostatnou práci lékaře nezávisle na současném vyšetřování nemocných. Vyhodnocování obrazů (které byly okopírovány z mezipaměti na ovládacím pultu na disketu s kapacitou 6 až 12 obrazů na každé straně) se provádí zadáním požadovaných úkonů pomocí tlačítek nebo klávesnice prostřednictvím textového a obrazového monitoru. Na třetím monitoru může přitom lékař sledovat postup vyšetření nemocného ve snímkováci jednotce. K Evaluoskopu je připojen

2. Páskový archivační přístroj TE 16 (s kapacitou 200 obrázků na jeden magnetický pásek), který používáme k dlouhodobé archivaci všech vyšetření (přibližně 2 roky).

3. VIDICAM kamera, prostřednictvím které můžeme dokumentovat obrazy z Evaluoskopu na rolovaný fotopapír.

Princip měření

Kolem nemocného (uloženého na lehátku v horizontální poloze) se otáčí detektorový systém mechanicky spojený s protilehlou rentgenkou [1, 4, 5]. Během jednoho otočení se přivádějí na rentgenku vysokonapěťové pulsy (720 nebo 360 v intervalu 0,5 nebo 1 stupeň, popř. 240 pulsů, což je nejrychlejší způsob měření). Vycloněný vějířovitý svazek X paprsků (úhel 42 stupňů) dopadá na detektory, ve kterých se během každého pulsu generuje elektronickým systémem absorpční profil vyšetřované vrstvy. Vynásobením počtu (512) měřících detektorů (v systému SCINTILLARC 500) počtem pulsů během jednoho otočení systému získáme celkový počet změřených signálů. Z toho je potom možno zpracovat pomocí počítačového systému jednotlivý obraz viditelný na obrazovém monitoru ovládacího pultu, a to okamžitě po ukončení snímku. Doba měření pro získání jednoho obrazu transversální vrstvy je závislá na zvoleném programu a může být 10, 5 nebo 3 sekundy, čemuž odpovídá počet jednotlivých projekcí.

Počítačový systém se skládá ze dvou spojených počítačů (PDP 11/04 a BSP 10) a připojených periférií. Úkolem obrazového počítače (BSP 10) je vypočítání obrazu vrstvy během měření. Úkolem řídicího počítače (PDP 11/04) je vedení dialogu s uživatelem za účelem ovládnutí zařízení, řízení jednotlivých pohybů snímkovací jednotky, zavádění programu do BSP 10, zapamatování si souboru naměřených dat, archivování, vyhodnocování vypočítaných obrazů vrstev atd. Získané obrazy jsou během měření postupně ukládány do mezipaměti (způsobem First in — First out). Celková kapacita mezipaměti (s velkokapacitní diskovou jednotkou RK 07) je 236 obrazů, což umožňuje provádět kopie obrazů na disketu až po vyšetření nemocných během dne. Aby bylo možné provádět u nemocného co nejmenší počet řezů, je SOMATOM 2 vybaven speciálním doplňkem, umožňujícím dělat přehledný snímek — TOPOGRAM, který je obdobou prostého rentgenového snímku. Pomocí topogramu lze přesně určit místo (obr. 5), kde se pak provádějí příčné řezy. Speciálním vyhodnocovacím programem je počítač schopen konstruovat z transversálních vrstev libovolné sagitální a koronární řezy.

Proti klasickému rentgenovému snímku má obraz z počítačového tomografu tyto výhody:

1. Prostá radiofotografie je projekcí trojrozměrného objektu do dvojrozměrného obrazu, sumací tkání i struktur do jedné plochy. CT poskytuje v axiálně transversální projekci ve snímané vrstvě (tloušťky 4 nebo 8 mm) obraz bez projekčního zkreslení.

2. Pomocí „okénka“ s nastavitelnou šíří a úrovní lze rozlišit tkáň od hutné kosti (vyjádřeno v Hounsfieldových jednotkách hodnotou +1000) přes vodu (nula) k plynu (−1000). Na prostém rentgenovém snímku rozlišíme zrakem maximálně dvacet odstínů šedi mezi bílou

(kost) a černou (vzduch), takže CT poskytuje až o dva řády více informací. Rozpoznáme např. šedou a bílou hmotu mozkovou, mozkové komory, tkáň jater, ledvin, cév, svalů; u patologických struktur můžeme rozlišit nádory, cysty, krvácení, jemné kalcifikace, metastázy, tedy tkáň, jejichž sytost (denzita) se nepatrně liší.

3. Obraz vznikající z naměřených absorpčních hodnot je vypočítán a převeden z počítače na obrazový monitor, který je vytvořen z mozaiky 256×256 políček (pictures elements = pixels). Vzniklý obraz lze dále zvětšit, subtrahovat, otáčet, hodnotit pomocí speciálních filtrů, profilových, horizontálních a vertikálních histogramů. Na matnici je možno zakreslit oblast zájmu, zjišťovat denzitu, rozměry, vzdálenosti a úhly. Obraz lze dále kopírovat, fotografovat a provádět ještě celou řadu dalších zvláštních úkonů.

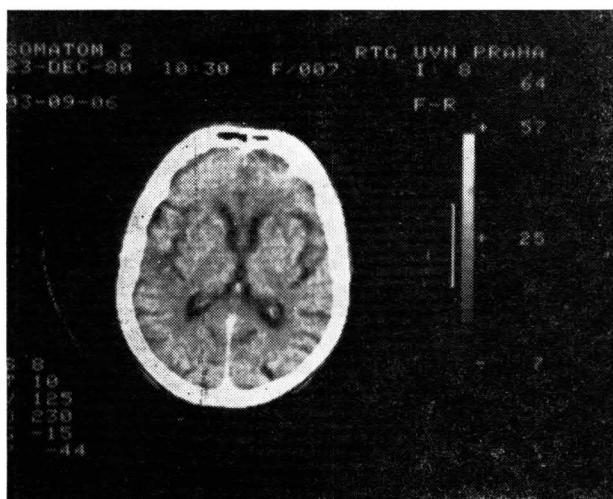
Provoz

Nároky na obsluhující personál jsou značné. Na práci zařazujeme laboranty s kvalifikací pro speciální úkony (z angiografických pracovišť). Denně vyšetřujeme 10 až 12 nemocných v půlhodinových intervalech s přestávkami pro nezbytnou údržbu techniky. Pracovní skupina je složena takto: jeden lékař, jeden inženýr-technik, dva laboranti, jedna sestra, jedna administrativní síla. Mimo pracovní dobu provádíme pouze akutní případy indikované lékaři oddělení Ústřední vojenské nemocnice. Vyšetřování nemocných z jiných ústavů lze realizovat za těchto podmínek:

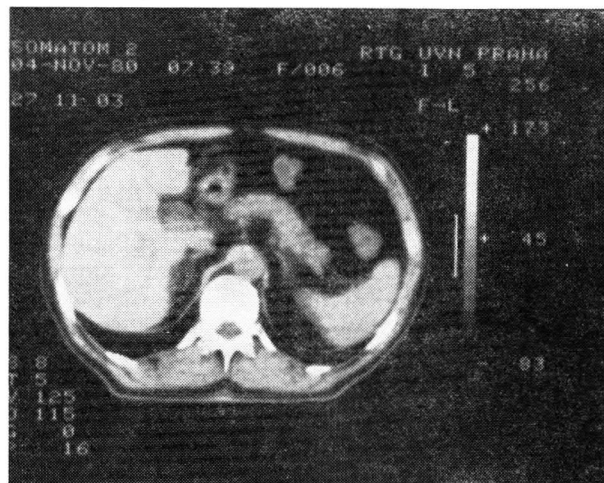
- náčelník nebo zástupce oddělení zdravotnického zařízení čs. ozbrojených sil zodpovídá za správnou indikaci a dodržení termínu domluveného na pracovišti CT,
- respektování zásad uvedených v předpisu Zdrav-1-1 o odesílání nemocných k odbornému vyšetření a léčení do vojenských zdravotnických zařízení,
- zabezpečení převozu nemocných, event. doprovodu,
- vybavení patřičnou dokumentací, tj. žádankou o RTG-CT vyšetření, stručnou lékařskou zprávou nebo epikrizí a rentgenovými snímky (zejména angiografií).

Lékaři všech ostatních zdravotnických zařízení mohou odesílat nemocné k vyšetření na naše pracoviště pouze po domluvě s náčelníkem rentgenologického oddělení, nejlépe písemně. Dodržení termínu a vybavení uvedenou dokumentací je nezbytně nutné. Zvláštní příprava nemocných před vyšetřením není třeba. U nás podáváme v indikovaných případech kontrastní látku (40 až 80 ml 60% Verografinu, event. hepatotropní k. l. nebo perorálně 20 až 40 ml Gastrografinu ve 200 až 400 ml vody). U neklidných nemocných a malých dětí je třeba dojednat podání narkózy, protože u vyšetření v oblasti břicha a hrudníku je nutná apnoická pauza.

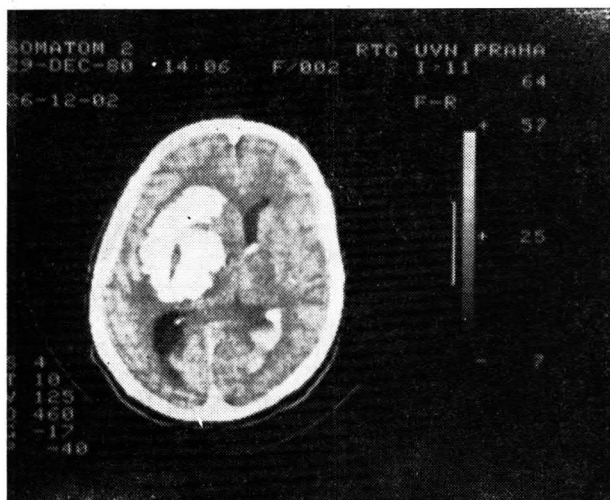
Naše zkušenosti nejsou dosud velké, nemůžeme proto provádět hlubší rozbory. Dosud



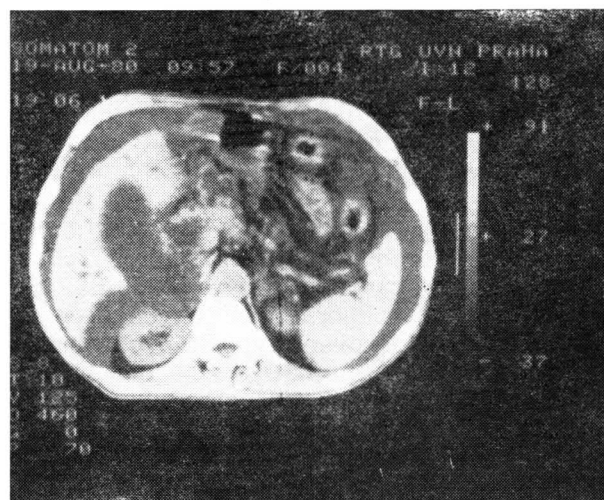
Obr. 3. Normální CT mozku. Dobře diferencovatelné subarachnoidální prostory, komorový systém i bazální ganglia



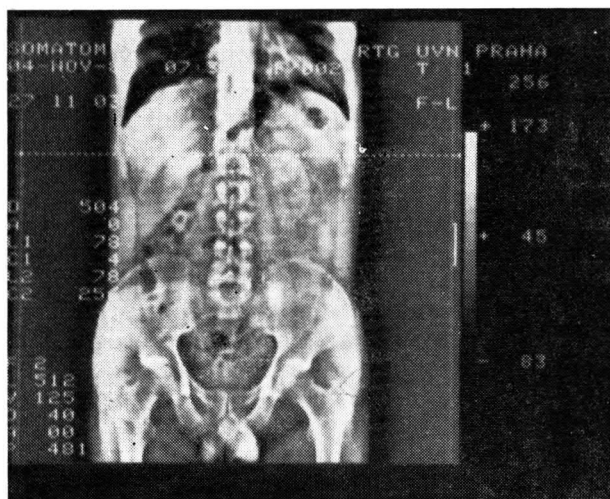
Obr. 6. CT břicha. Řez ve výši 16 mm pod úsečkou na topogramu (obr. 5). Normální slezina, pankreas, játra, aorta s drobnou kalcifikací přední stěny, arterie a vena mes. sup. za tělem pankreatu



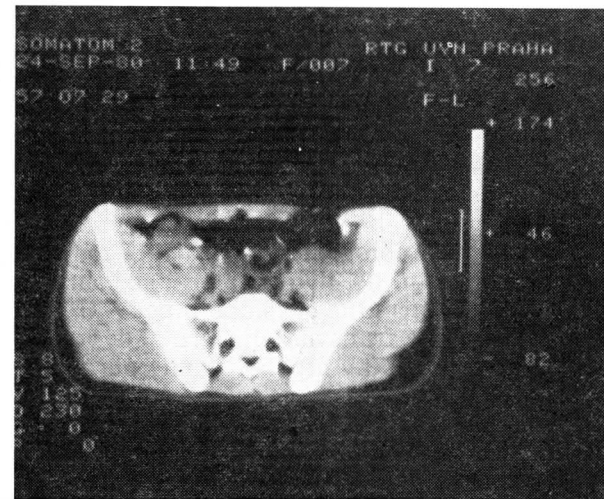
Obr. 4. CT mozku. Rozsáhlý intracerebrální hematom v levém temporálním laloku s dislokací komor. Krev v pravé postranní komoře



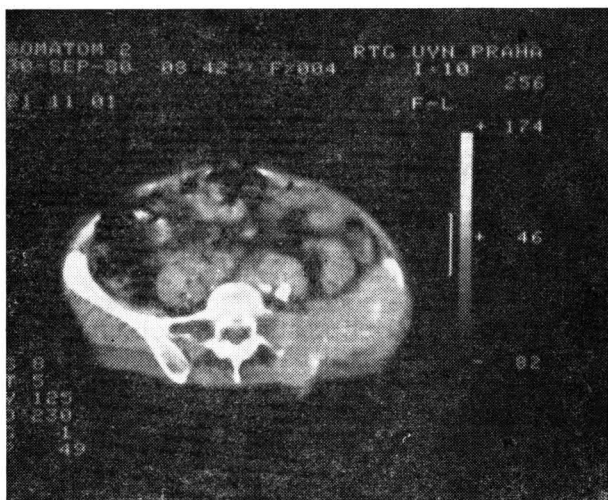
Obr. 7. CT břicha ve výši žlučníku. Dobře je patrna slezina, kličky střešní, pravá ledvina, hydropický žlučník s konkrémentem, játra a žlučovéody, ascites



Obr. 5. Topogram břicha. Úsečka ve výši horního okraje L1 (linka 78).



Obr. 8. Normální CT pánve. Lze rozlišit svalové tkáň, SI klouby, kličky střešní se zbytky k. l.



Obr. 9. CT pánve. Rozsáhlá destrukce levé lopaty kosti kyčelní a křížové kosti vlevo nádorovým procesem. Kontrastní látka v paravertebrálních uzlinách po lymfografii

jsme vyšetřili 505 nemocných, z toho připadá na vyšetření hlavy 59 %, v literatuře se uvádí 76 % [2].

Maximální kožní dávka na fantomu při 10 sekundách měření na jednu vrstvu (4 nebo 8 milimetrů) činí 24 mJ/kg (= 2,4 rad), minimální 3 mJ/kg (= 0,3 rad) při 5 sekundách měření.

Na ukázkou uvádíme několik CT obrazů pro znázornění transversálně axiální projekce, topiky orgánů i některých patologických nálezů (obr. 3 až 9).

Souhrn

Autoři seznamují čtenáře s novým, možno říci převratným objevem v oboru diagnostiky. V úvodní části svého článku uvádějí některé společensko-historické poznámky a nejdůležitější technické údaje. V další části se zaměřují na vysvětlení základních technických principů, vybavení pracoviště, možnosti vyšetření a zásady pro odesílání nemocných na počítačovou tomografii. Sdělení dokumentují některými normálními i patologickými nálezy.

Literatura

1. Seeram, E.: Computed Tomography—physical basis and technology. X-Ray Focus, 1979, č. 17, s. 34—39.
2. Steinhart, L. - Černoch, Z. - Petr, R. aj.: Naše zkušenosti s jednorocním provozem komputerové tomografie. Čs. Radiol., 34, 1980, č. 4, s. 281—289.
3. Steinhart, L. - Šmoranc, P. - Černoch, Z. aj.: Nobelovy ceny 1979. Vesmír, 59, 1980, č. 2, s. 42—46.
4. Swindell, W. - Barrett, H.: Computerized tomography: taking sectional X-rays. Physics today—December 1977, s. 32—41.
5. Wegener, O. H.: Ganzkörper — Computer — Tomografie. CEDIP Medizinisch-technische Verlag, München 1978.
6. Allg. techn. Unterlagen zur Weiterbildung; Schnellinformation. Siemens-Erlangen.