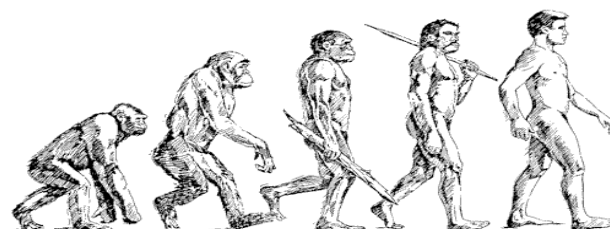


TECHNICKÁ EVOLUCE LEKSELLOVA

GAMA NOŽE

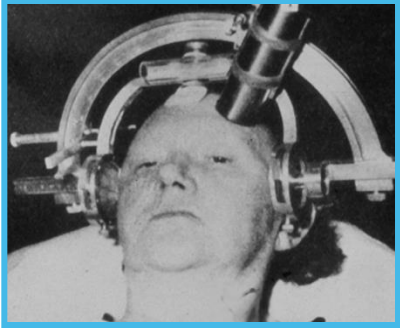
1992 - 2017



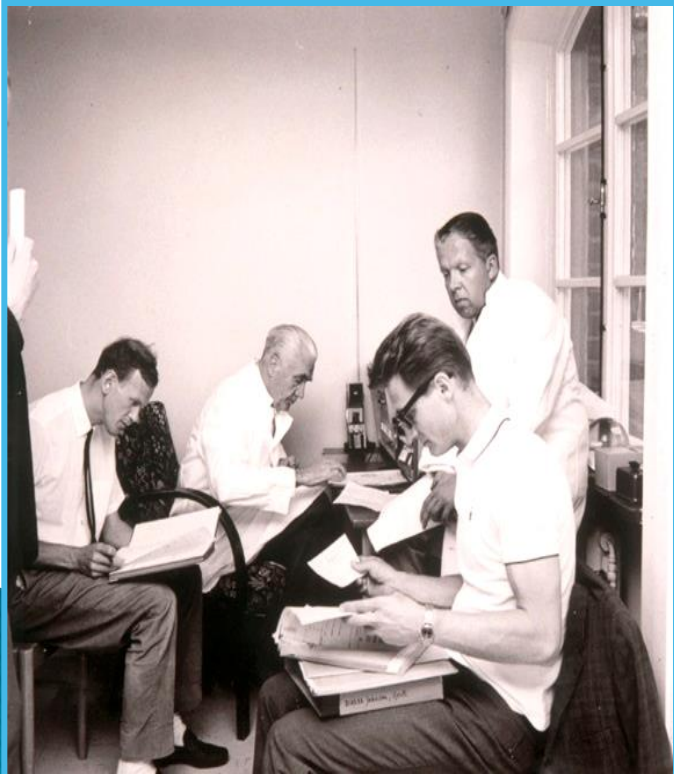
Ing. Josef Novotný Jr., Ph.D.

Oddělení Lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Praha, Česká republika

Prof. Lars Leksell a vývoj radiochirurgie 1951 - 1968

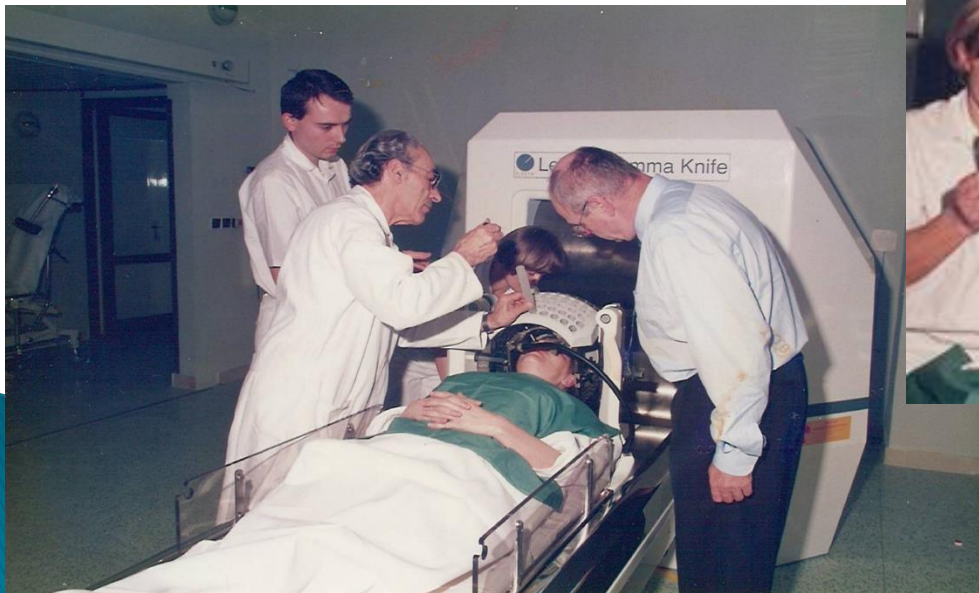
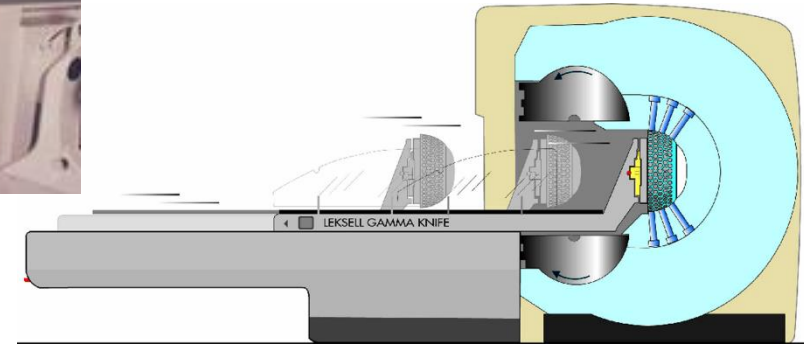
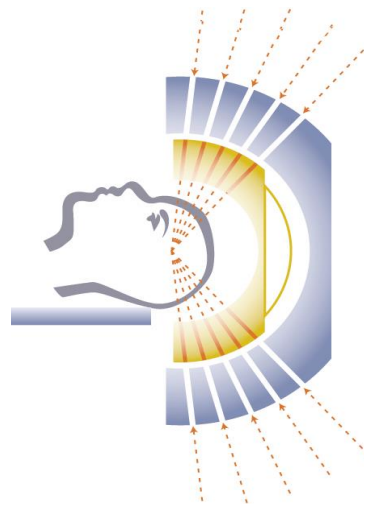


První model Leksellova gama nože byl instalován v roce 1968 v Sophiahemmet Hospital, Stockholm, Sweden.



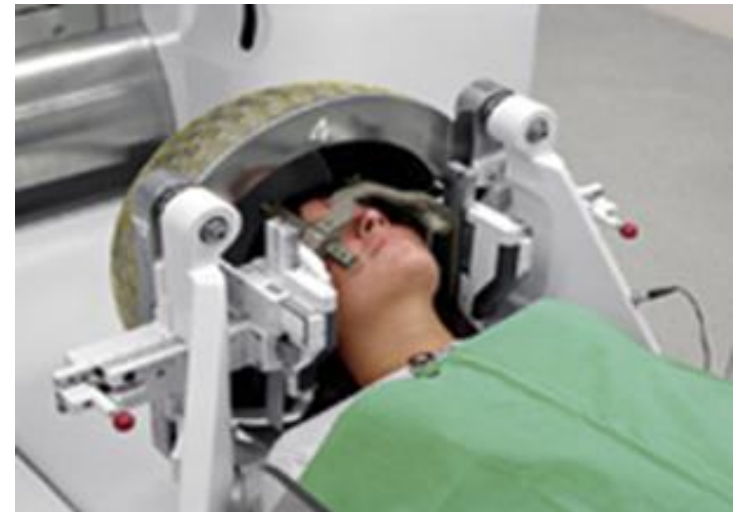
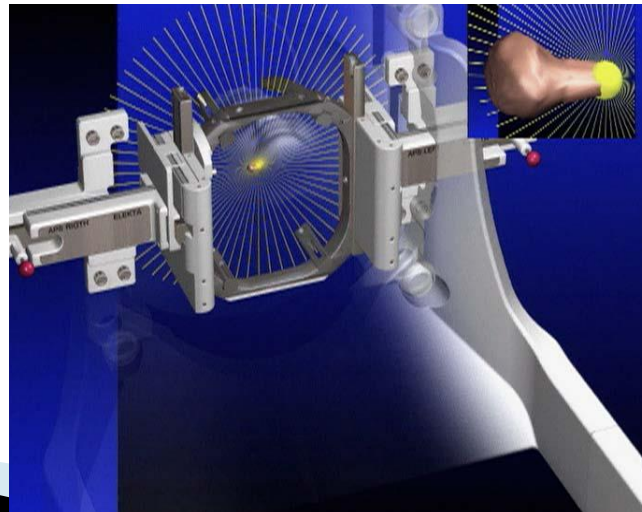
Leksellův gama nůž v NNH – instalace v roce 1992

- Leksellův gama nůž model B sériové číslo 37
- Léčba prvního pacienta 26.10.1992
- 201 zdrojů Co-60 rozmístěných v radiační jednotce hemisféricky okolo hlavy pacienta
- Velmi jednoduché plánování léčby
- Kompletně manuální nastavování parametrů léčby



Leksellův gama nůž v NNH – inovace 2002-2006

- Leksellův gama nůž model C 1.1, C 1.2 a 4C
- 201 zdrojů Co-60 rozmístěných v radiální jednotce hemisféricky okolo hlavy pacienta
- Sofistikované plánování s semiautomatickou optimalizací
- Automatické nastavování léčebných souřadnic pro většinu pacientů (počátek robotické léčby)
- Velké zvýšení bezpečnosti a časové efektivity léčby
- Snížení radiální zátěže pacienta i personálu



Leksellův gama nůž generace C – výhody

J Neurosurg (Suppl) 102:25–28, 2005

A comparison of the gamma knife model C and the Automatic Positioning System with Leksell model B

DANIELA TLACHACOVA, M.A., MICHAL SCHMITT, JOSEF NOVOTNY JR., M.SC., PH.D., JOSEF NOVOTNY, M.SC., PH.D., MUSTAFA MAJALI, M.SC., AND ROMAN LISCAK, M.D., PH.D.

Departments of Stereotactic and Radiation Neurosurgery, and Medical Physics, Na Homolce Hospital, Prague, Czech Republic; and Jordan Atomic Energy Committee, Amman, Jordan

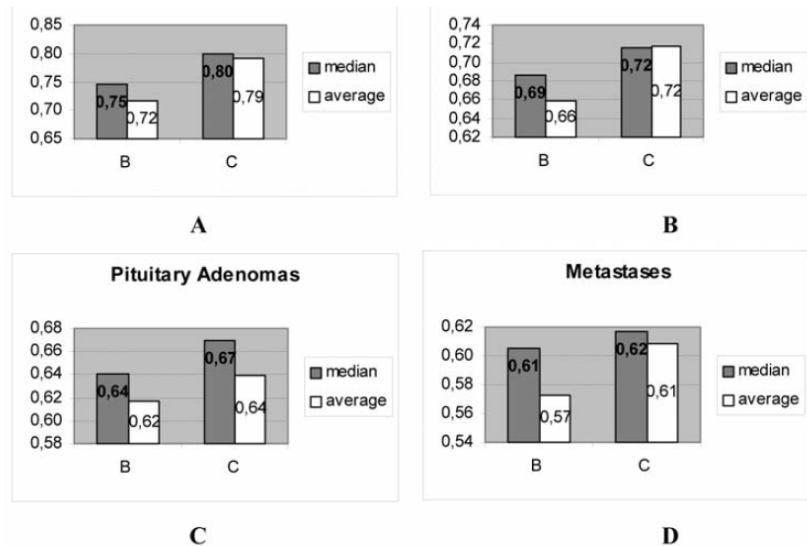


FIG. 1. Graphs showing conformity indices for different diagnoses evaluated in this study. The difference was significant for vestibular schwannomas ($p = 0.005$) and meningiomas ($p = 0.015$).

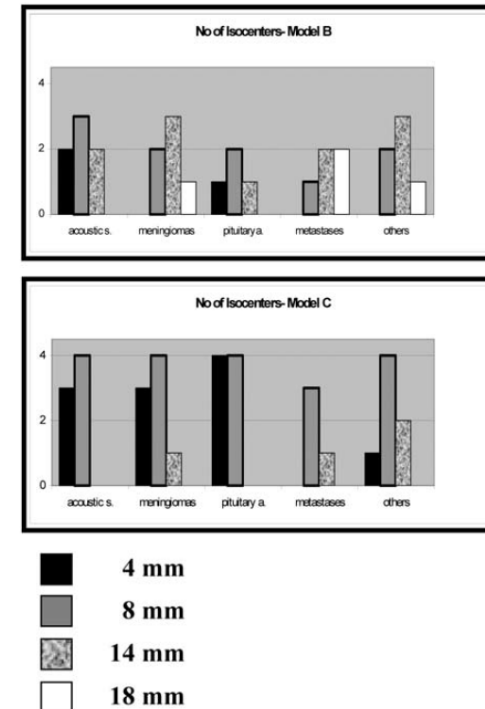


FIG. 5. Graphs showing the mean frequency of collimators used.

TABLE 2
Collective staff exposures during 1 year of monitoring when using both models

No. of Patients (yr of treatment)	Collective Effective Dose	
	model B	model C
770 (2002)	—	0.83 mSv
735 (2001)	3.67 mSv	—

Perfexion – zcela nový model Leksellova gama nože



12.11.2009

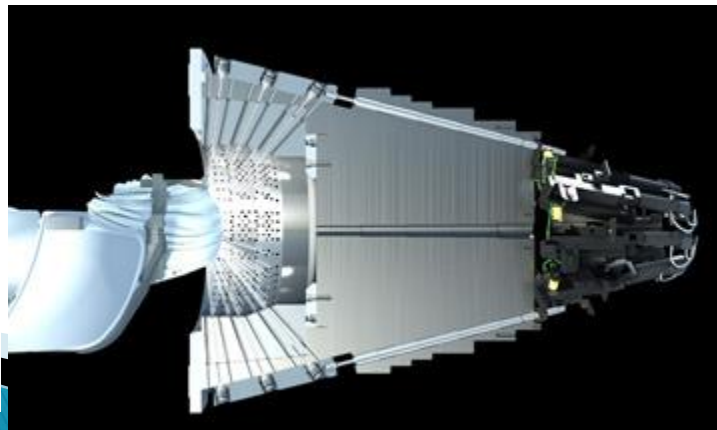
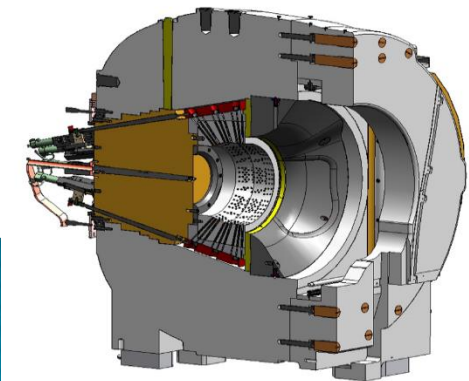
Poslední pacient na LGN 4C

14.12.2009 První pacient
léčený na LGN Perfexion

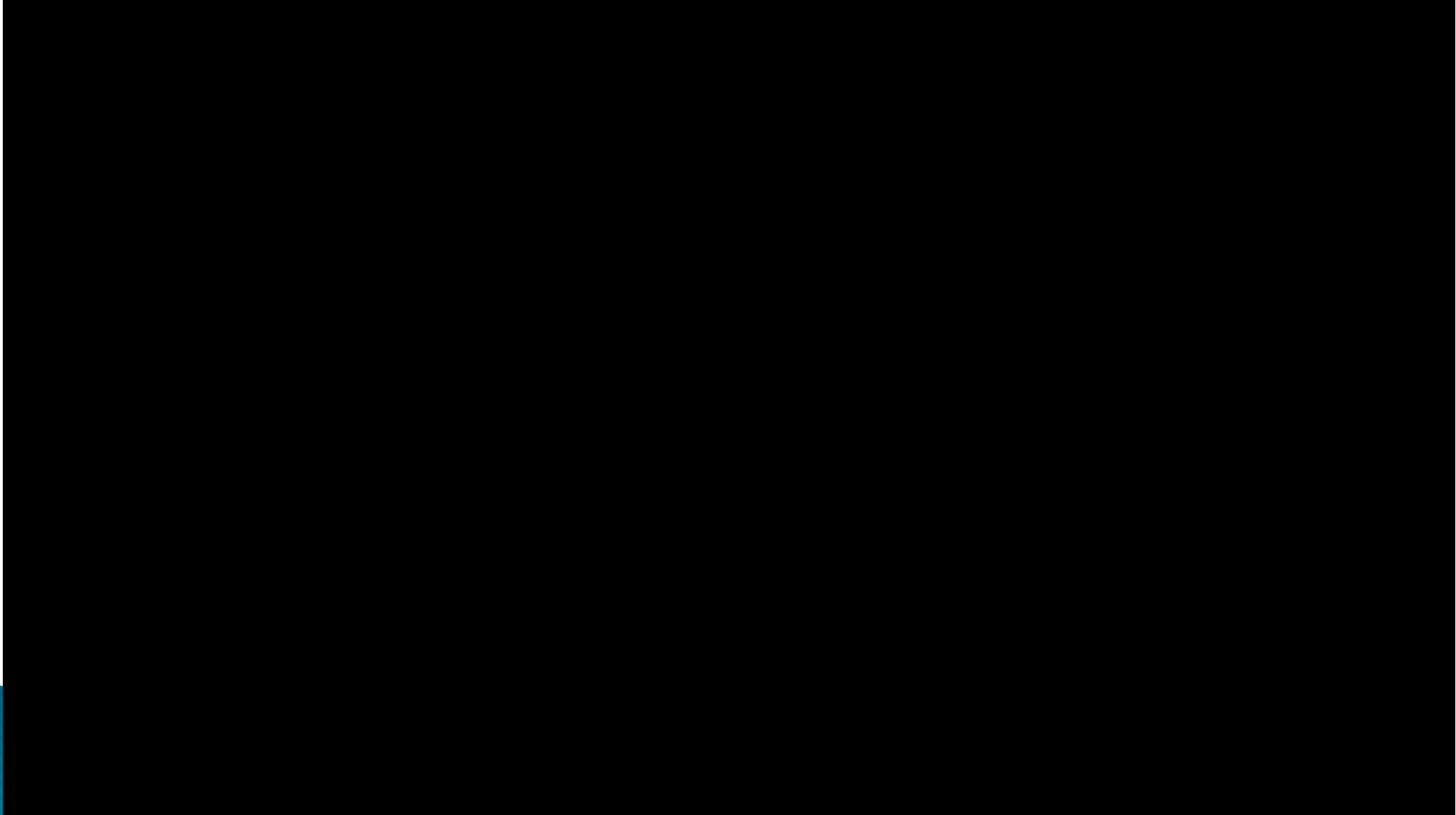


Leksellův gama nůž Perfexion v NNH – inovace 2009

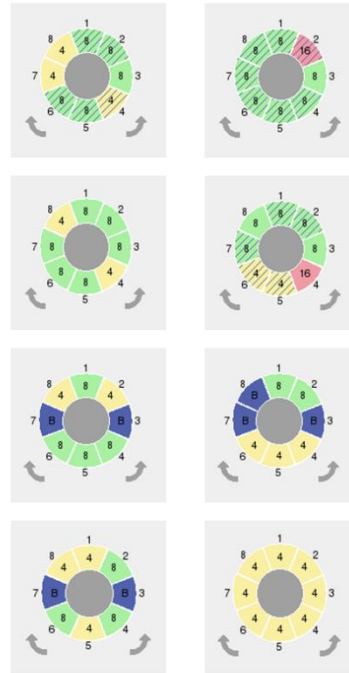
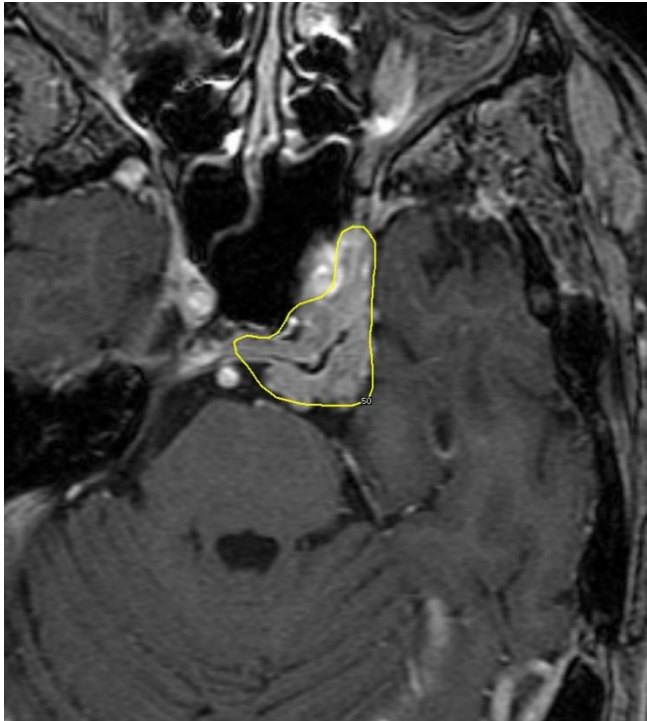
- Leksellův gama nůž model Perfexion
- 192 zdrojů Co-60 rozmístěných v radiační jednotce cylindricky okolo hlavy pacienta
- Větší radiační jednotka umožňuje bez problémů léčit jakoukoliv lokalizace v hlavě pacienta
- Sofistikované plánování s plně automatickou optimalizací
- Plně automatizovaný průběh léčby (automatické nastavení souřadnic i velikosti svazku)
- Maximální zvýšení bezpečnosti a časové efektivity léčby
- Výrazné snížení radiační zátěže pacienta i personálu



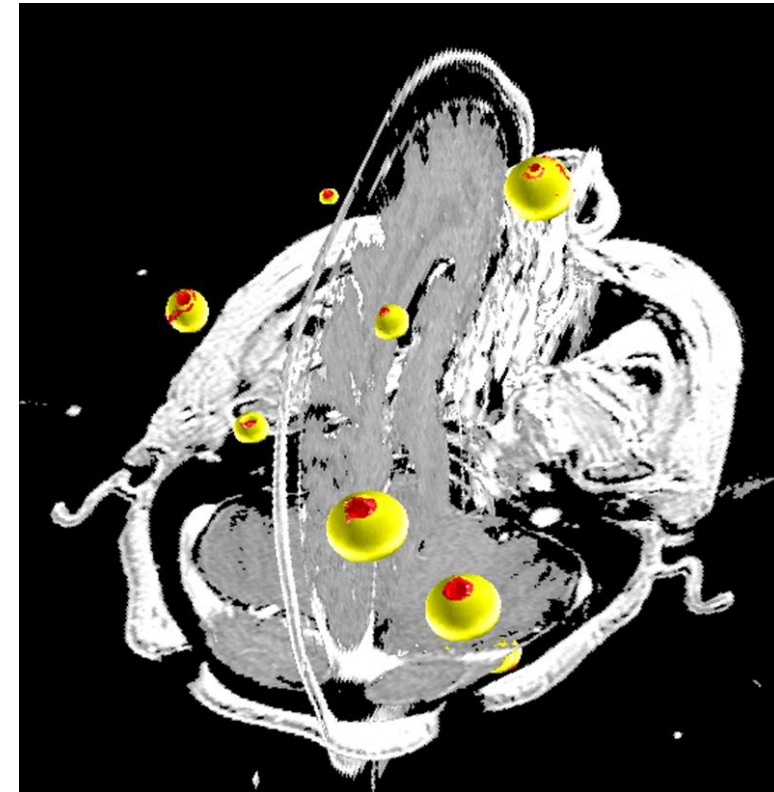
Leksellův gama nůž Perfexion – průběh léčby



Leksellův gama nůž Perfexion – plánování léčby



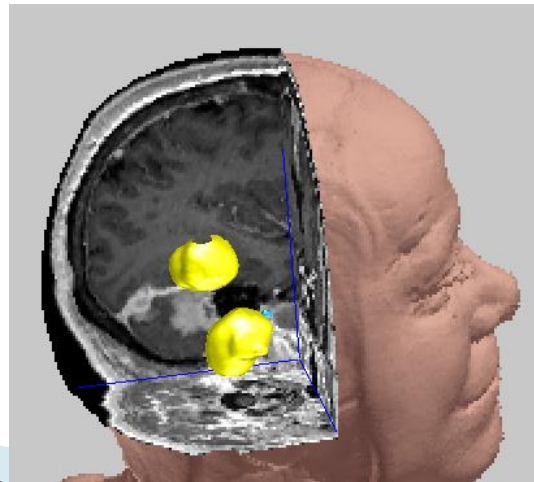
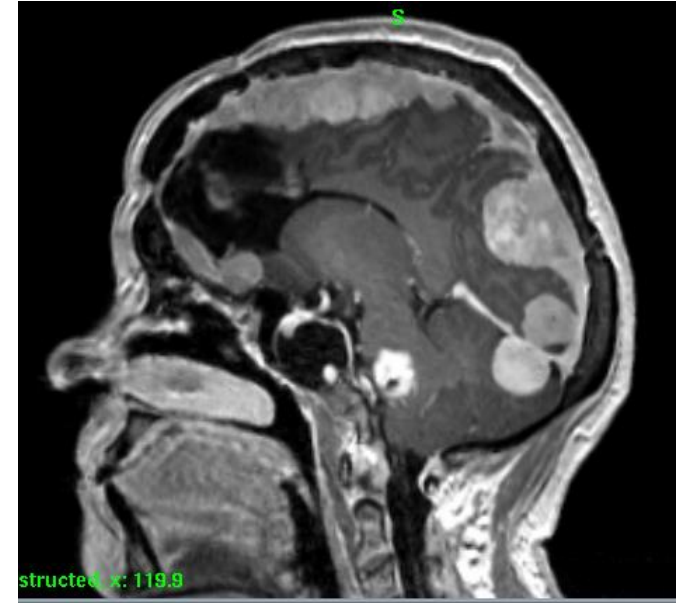
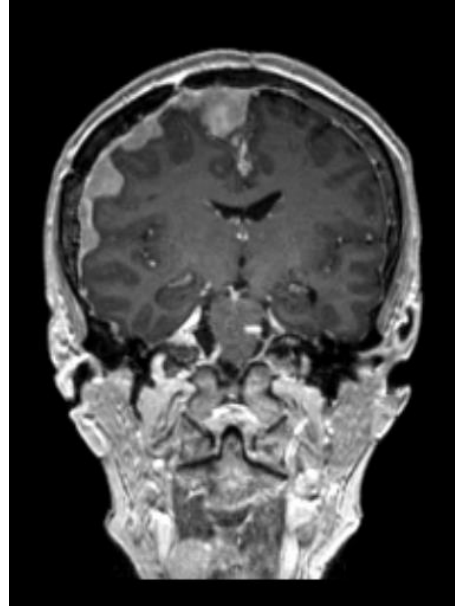
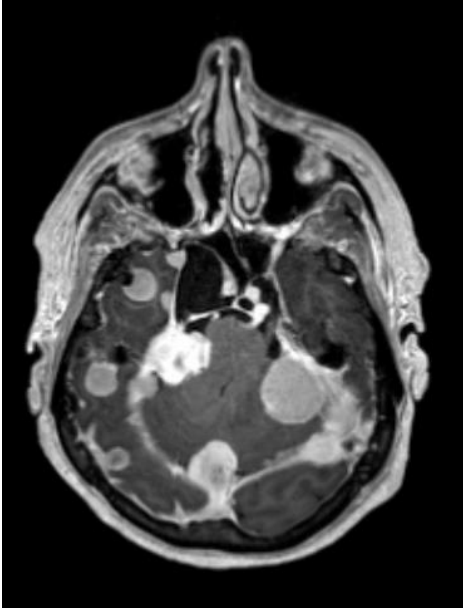
Individuální přesné tvarování ozáření cílového objemu



Možnost léčby vícečetných ložisek

Leksellův gama nůž – vývoj plánování léčby 1992-2017

Pacientka s Mb Recklinghausen (NFII) léčena v období 1993 – 2015 celkem 7x



Leksellův gama nůž – vývoj plánování léčby

Pacientka s Mb Recklinghausen (NFII) léčena v období 1993 – 2015 celkem 7x

1993 KULA treatment planning software

Dose planning data

Ref.no: 442-1

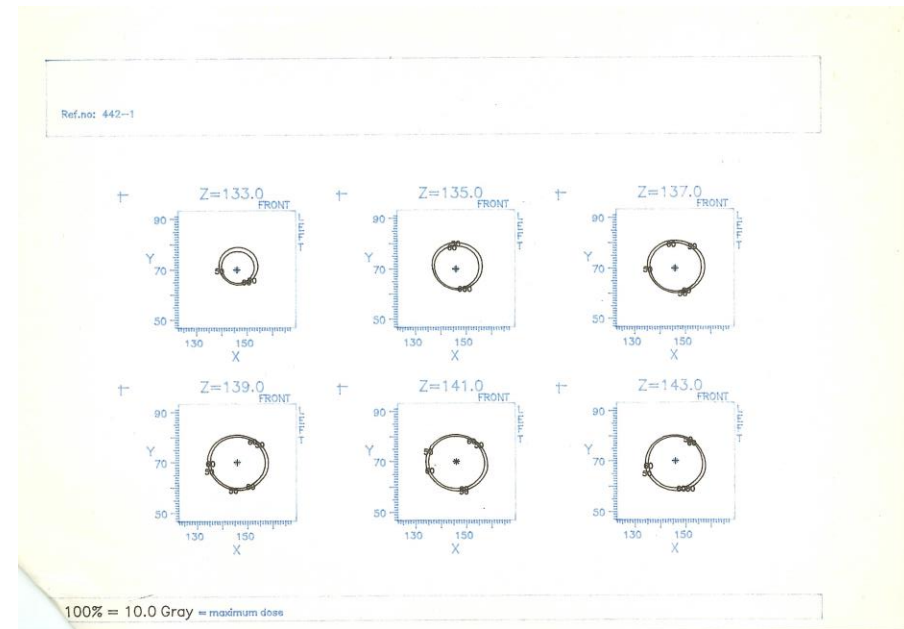
Gamma angle: 125

	X	Y	Z	
Dose matrix center:	146.0	70.0	141.0	Grid size: 1.50
Reference point:		At maximum		Dose: 30.0 Gray
Maximum dose:	147.5	67.0	138.0	Dose: 30.0 Gray

Shot	X	Y	Z	Coll Plug	Calc	Weight	Time
1	146.0	70.0	141.0	18	*	1.00	7.24 min

Approved as treatment plan

[Signature]



Leksellův gama nůž – vývoj plánování léčby

Pacientka s Mb Recklinghausen (NFII) léčena v období 1993 – 2015 celkem 7x

1996 Leksell GammaPlan treatment planning software

Gamma Knife Clinic Treatment Planning Protocol <i>for the</i> Leksell Gamma Knife GammaPlan 3.00	Patient: Patient ID: Diagnosis: Comment: Date: Feb 8, 1996 Operator: v
--	---

Treatment Data

Point	X	Y	Z	Comment
Dose matrix center	139.9	83.0	120.1	Grid: 1.2 mm
Reference point	138.7	83.0	126.1	At max point
Max point in matrix	138.7	83.0	126.1	Dose: 24.00 Gy

Number of target points: 4
 Default gamma angle: $\gamma = 130^\circ$
 Automatic lens plug patterns are not used
 No check for Target Position done. Target values not defined

Target Point Summary

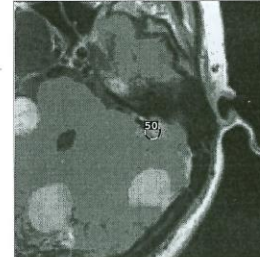
Tgt	Shot	X	Y	Z	Coll	Plug	Weight	Time	Comment
1	1	135.0	81.0	122.0	14	none	1.00	4.58	#x=48 4/6
2	3	140.0	84.0	128.0	8	none	1.00	4.62	#x=68 4/7
3	4	141.0	81.0	113.0	8	none	0.80	3.72	#x=26 3/5
4	2	145.0	81.0	119.0	8	none	0.80	3.64	#x=36 3/7

Collision detection not done. Frame values not defined.
 Before starting treatment please verify that
 all shot positions can be achieved in the Gamma Knife!

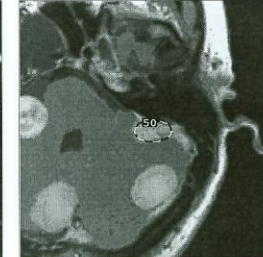
- 3) D40 D59
- 4) D40 D39
- 2) C39
- 1) C40 C39 D40

Gamma Knife Clinic Image Print <i>for the</i> Leksell Gamma Knife GammaPlan 3.00	Patient: Patient ID: Diagnosis: Comment: Date: Feb 8, 1996 Operator: v
--	---

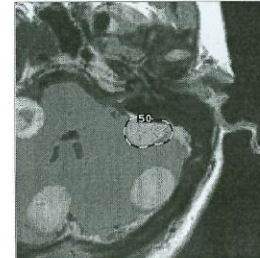
MR_095...8_0034_0007 z=112.8mm



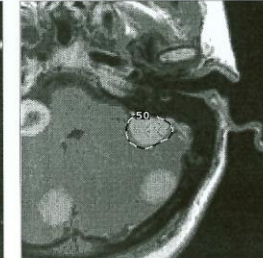
MR_095...8_0034_0008 z=115.7mm



MR_095...8_0034_0009 z=118.9mm



MR_095...8_0034_0010 z=121.9mm



Leksellův gama nůž – vývoj plánování léčby

Pacientka s Mb Recklinghausen (NFII) léčena v období 1993 – 2015 celkem 7x

2015 Leksell GammaPlan treatment planning software

Homolce GammaKnife Leksell GammaPlan® 10.1.1

Run 1 (90 degrees)

Run-Step	Shot	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Collimator [sectors 1-8]	Time [min]	Notes
1-1	B5	137.1	91.0	90.5	16 16 16 16 16 16 8	5.45	
1-2	B3	146.6	94.0	95.7	16 16 16 8 8 8 16 8	4.79	
1-3	B7	144.3	94.5	104.4	16 16 8 16 8 16 8 16	3.95	
1-4	B6	138.1	91.2	107.4	16 8 16 8 16 8 8 16	4.30	
1-5	B8	141.9	81.3	107.6	16 8 16 16 16 8 16 8	4.06	
1-6	B2	143.1	81.7	97.2	16 8 16 16 16 4 16 4	5.12	
1-7	B4	130.0	84.8	97.9	8 8 16 16 16 4 16 4	2.83	
1-8	B1	134.0	97.3	99.2	8 16 16 16 16 16 16 4	3.36	
1-9	A5	97.3	107.2	115.4	8 4 16 4 4 16 16 4	2.41	
1-10	A4	90.7	102.4	110.9	8 8 8 4 16 16 8 16	5.22	
1-11	A7	91.3	100.2	116.8	16 16 8 8 4 8 4 16	4.59	
1-12	A8	86.9	90.1	113.5	16 8 4 4 16 8 8 16	3.80	
1-13	A3	79.3	94.0	112.2	8 8 16 8 4 8 4 16	3.28	
1-14	A1	83.6	102.3	107.2	16 16 8 8 16 16 16 16	5.11	
1-15	A13	80.0	110.2	110.0	8 8 8 8 8 8 8 8	3.00	
1-16	A11	79.7	108.3	116.7	8 8 8 8 8 8 8 8	2.58	
1-17	A12	70.2	108.7	116.5	4 4 4 4 4 4 4 4	3.66	
1-18	A2	74.4	102.9	114.7	4 4 4 4 16 8 16 16	5.54	
1-19	A6	76.2	98.8	123.4	16 4 4 4 16 4 16 16	1.18	
1-20	A9	84.2	94.5	124.0	8 16 8 16 16 16 8 8	7.87	
1-21	A10	86.0	96.1	125.8	16 8 8 4 4 16 16 8	5.96	

Examination Comments:

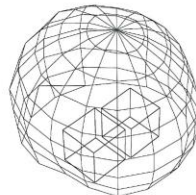
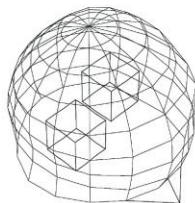
neurofibromatoza

Skull Geometry

Top	105.0							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	103.0	107.5	112.0	102.6	98.0	92.5	91.0	98.6
B	88.8	105.0	106.6	96.0	81.1	80.0	84.3	90.0
C	76.0	94.0	100.0	81.0	70.0	75.0	79.0	81.0
D	71.0	98.0	94.4	86.0	84.0	72.0	72.0	77.0

Anterior right view

Posterior left view



Shots

A:nVIII

5 X 86.9
6 Y 90.1
7 Z 113.5
8 W 0.91
9 G 90

Delete

B 4 8 16

Dynamic shaping

0 1 2 3 4

Real time update

Outline all shots

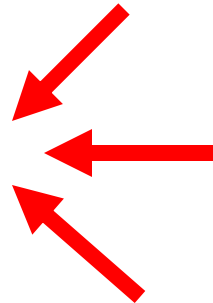
1
Coverage 0.98
Selectivity 0.70
Gradient Index 2.88
Beam-on [min] 54.2

IP settings

Fill Optimize

Undo Close

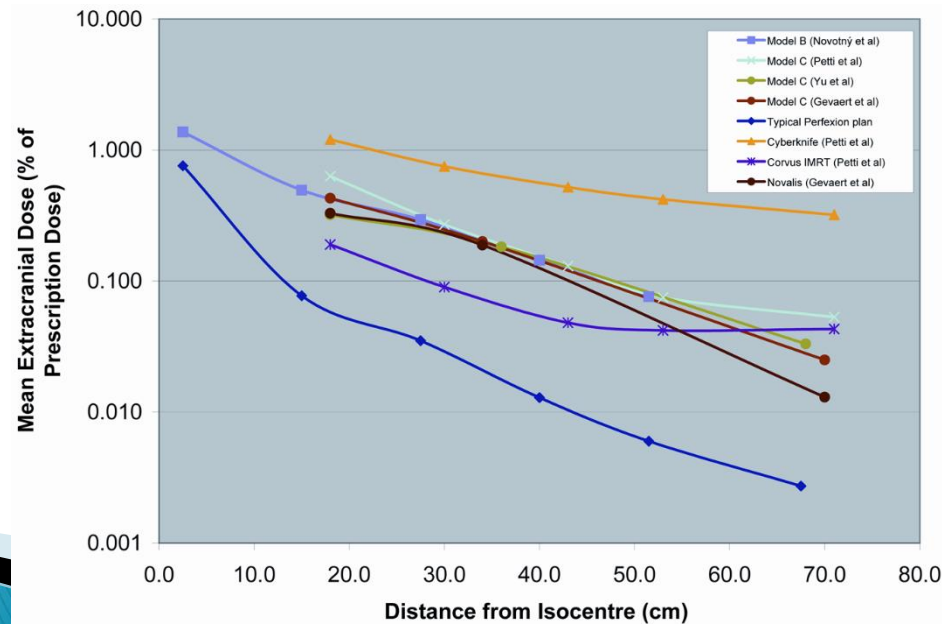
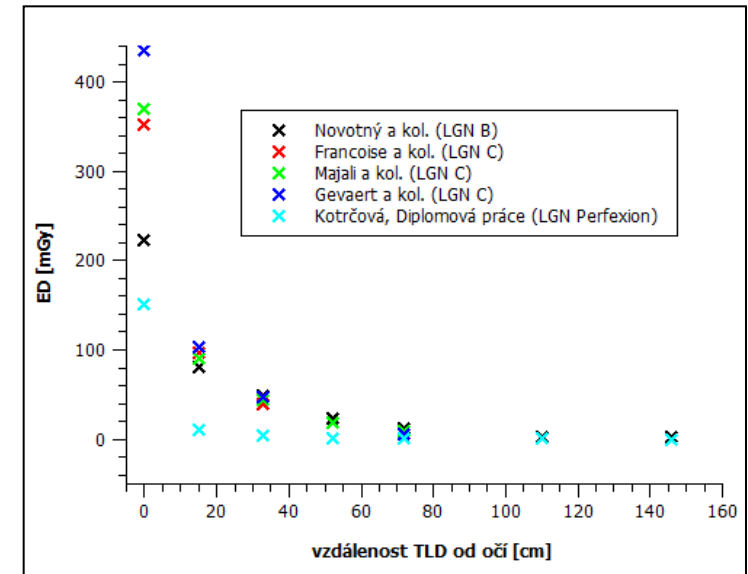
Set Help



Snapshot: 2015-07-17 11:35:04

Leksellův gama nůž Perfexion – extrakraniální dávky

	Extracranial doses [mGy]					
Position of TLD	LGN B (Novotný a kol.)	LGN C (Francoise a kol.)	LGN C (Majali a kol.)	LGN C (Gevaert a kol.)	LGN Perfexion™	Comparison of LGN Perfexion™ with LGN B a LGN C
eyes	223 ± 168	351,6 ± 449,5	370,0	435,7 ± 87,2	151,2 ± 199,1	2× lower
thyroid	81 ± 50	96,6 ± 65,8	90,2	103,2 ± 20,6	10,1 ± 8,9	9× lower
chest	49 ± 33	38,8 ± 28,3	44,8	47,8 ± 9,6	4,1 ± 2,6	11× lower
abdomen	24 ± 18	-	18,4	-	1,2 ± 1,1	18× lower
pelvis	12 ± 8	6,3 ± 5,1	8,9	5,9 ± 1,2	0,7 ± 0,8	12× lower
knee	3 ± 2	-	-	-	0,3 ± 0,5	10× lower
ankel	2 ± 2	-	-	-	0,1 ± 0,2	20× lower



Leksellův gama nůž Perfexion – časová efektivita

**Stereotactic
and Functional
Neurosurgery**

Technology Report

Stereotact Funct Neurosurg 2009;87:191–198
DOI: [10.1159/000222663](https://doi.org/10.1159/000222663)

Efficiency and Dose Planning Comparisons between the Perfexion and 4C Leksell Gamma Knife Units

Ajay Niranjan Josef Novotny Jr. Jagdish Bhatnagar John C. Flickinger
Douglas Kondziolka L. Dade Lunsford

Departments of Neurological Surgery and Radiation Oncology, University of Pittsburgh, and Center for Image-Guided Neurosurgery, University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pa., USA

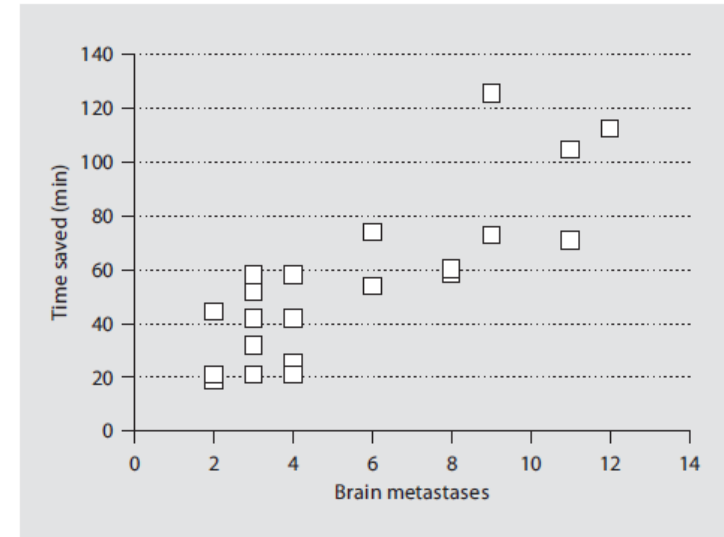


Fig. 2. Time saved on LGK PFX compared to LGK 4C based on number of treated metastases.

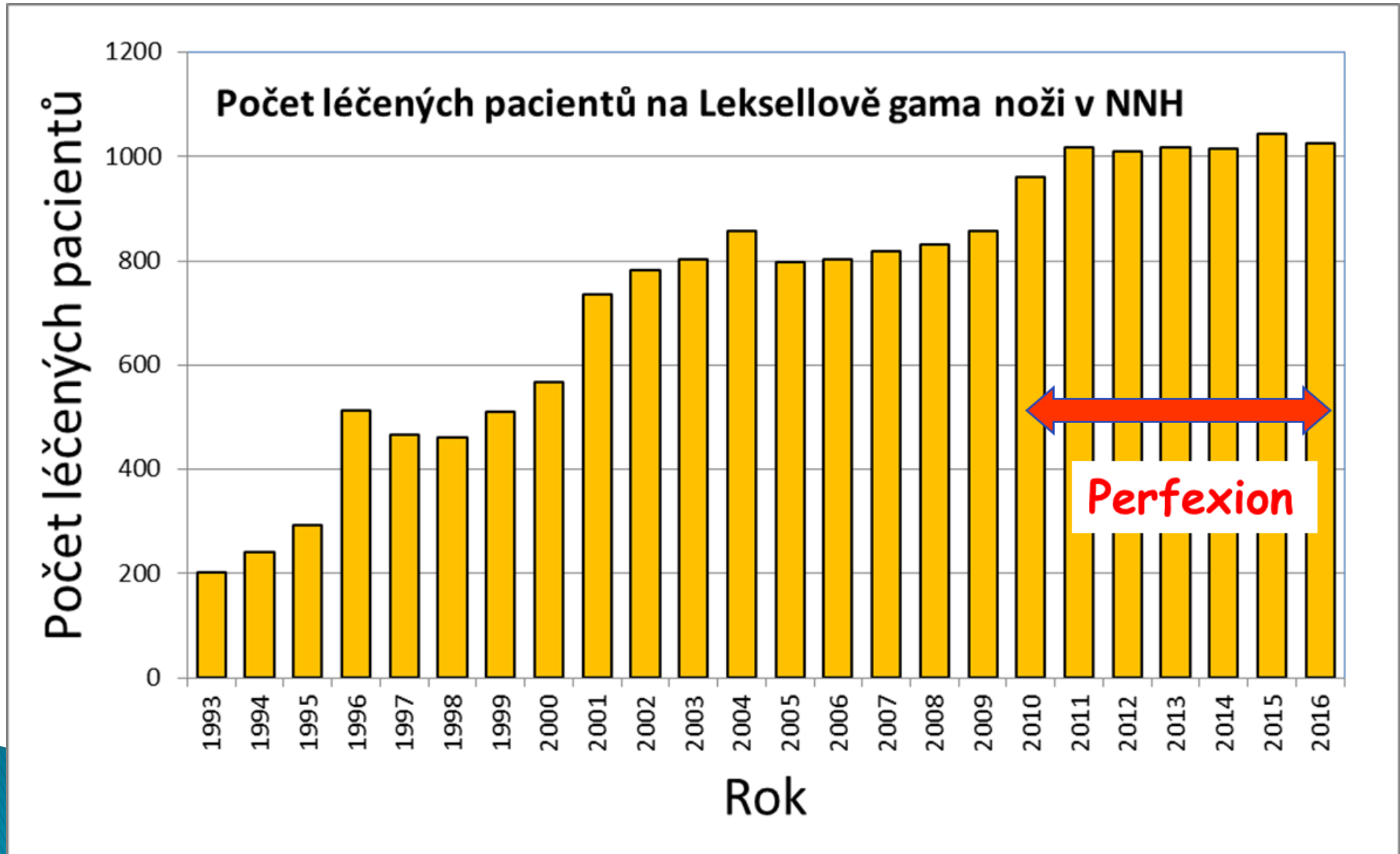
Table 3. Comparisons of LGK 4C and LGK PFX efficiency in radiosurgery for multiple metastases

	Runs		Time saved min
	LGK PFX	LGK 4C	
Min.	1	1	19
Max.	2	12	125
Average	1	5	55
Median	1	4	53

Table 4. Comparison of radiosurgical parameters between LGK PFX and LGK 4C for benign tumor radiosurgery

	Treated volume cm ³	Shots LGK PFX	4 C			Time saved min
			shots	APS shots	runs	
Min.	0.83	5	6	6	1	5
Max.	18.2	24	17	17	5	53
Average	6.74	13	11	11	2	19
Median	6.45	13	11	11	2	16

Leksellův gama nůž Perfexion – navýšení počtu pacientů



Další inovace Leksellova gama nože v NNH?

- Leksellův gama nůž model Icon
- 192 zdrojů Co-60 rozmístěných v radiální jednotce cylindricky okolo hlavy pacienta
- Neinvazivní fixace hlavy a zobrazovací jednotka (CBCT) umožňuje frakcionování léčby
- Možnosti léčby nových onemocnění a eventuálně i větších cílových objemů



Leksellův gama nůž Icon – průběh léčby



Dvakrát měř a jednou řež...



Kontrola léčebného procesu

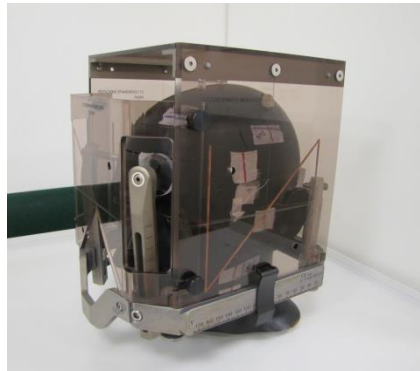


Státní ústav radiální ochrany, v. v. i.
National Radiation Protection Institute

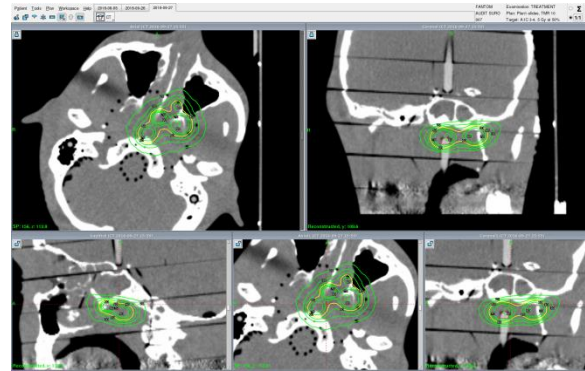
- Elekta sférický ABS plastový fantom



- Antropomorfický hlavový fantom



Stereotaktické CT zobrazení

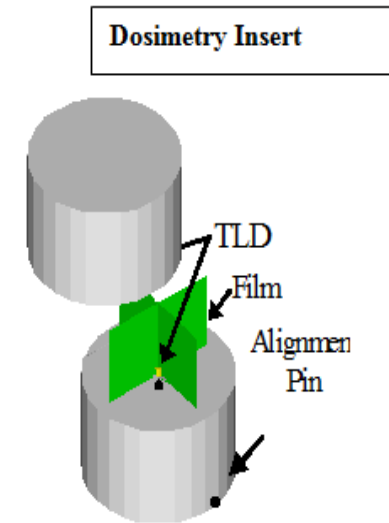
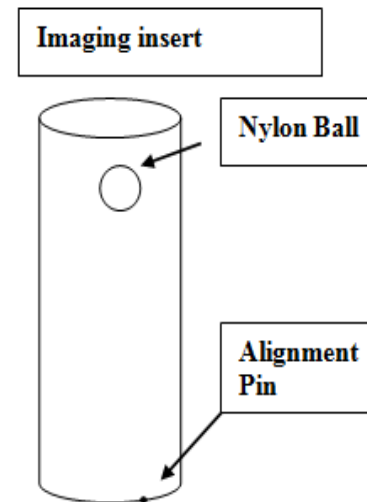
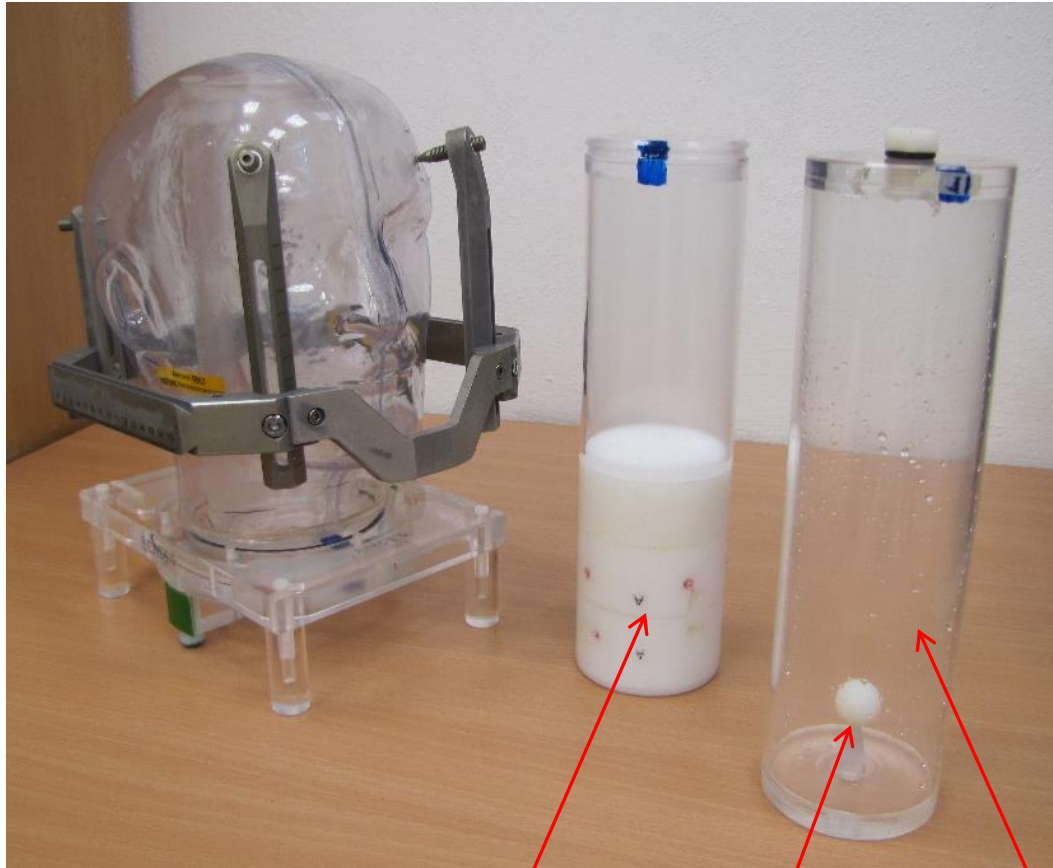


Ozařovací plán



Ozáření

Kontrola léčebného procesu



Dozimetrický insert

Cílový objem

Zobrazovací insert

Kontrola léčebného procesu – výsledky (2016, 2017)

STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY, veřejná výzkumná instituce
Bartošková 28, 140 00 Praha 4
Odbor lékařských expozic



Protokol č. SÚRO/SOP25/2016/001 z dozimetrického auditu na ozařovači Leksell Gamma Knife Perfexion

Státní ústav radiální ochrany, v. v. i., provedl dozimetrický audit na žádost Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce (SÚRO/1873/2016), po instalaci nových kobaltových zdrojů. Ověřena byla kalibrace nově instalovaných zdrojů a bylo provedeno nezávislé ověření terapeutického plánu v antropomorfním fantomu hlavy pro algoritmus TMR.10 a algoritmus Convolution.

Audit byl proveden podle Metodiky pro nezávislou prověrku radioterapie hlavy a krku (SOP25), vypracované v souladu s doporučením IAEA TRS 398.

Název a adresa prověřovaného pracoviště: Oddělení lékařské fyziky
Nemocnice Na Homolce
Roentgenova 2
150 30 Praha 5

Datum provedení auditu: 27. 9. 2016

Audit provedli: Ing. Ivana Horáková, CSc.
Ing. Irena Koniarová, Ph.D.

Místní fyzik: Ing. Josef Novotný, Ph.D.

Použité přístroje: Fantom hlavy inv. č. 3688
Unidos 10002 v. č. 20574
Unidos 10002 v. č. 20372
Komora PTW 31002 v. č. 0847 (Semiflex)
Komota PTW 31010 v. č. 6651 (Semiflex)
Gafchromické filmy EBT3
ABS fantom (Nemocnice Na Homolce)

Charakteristika prověřovaného zařízení a ozařovacích technik

Ozařovač: Leksell Gamma Knife Perfexion (6070)
Nominální energie svazku: 60-Co
Technika radioterapie hlavy a krku: Stereotaktická radiochirurgie
Terapeutický plánovací systém: Leksell GammaPlan 10.1.1.
Algoritmus plánovacího systému: TMR.10 a Convolution

Protokol č. SÚRO/SOP25/2016/001

Strana 1 (ze 4)

THE UNIVERSITY OF TEXAS
MD Anderson
Cancer Center

Making Cancer History®

MD Anderson Dosimetry Lab
1515 Holcombe Blvd., Unit #607
Houston, Texas 77030
(713) 792-3233

REPORT OF STEREOTACTIC RADIOSURGERY HEAD PHANTOM IRRADIATION

Date of Report: June 13, 2017
Institution: Na Homolce Hospital
Physicist: Josef Novotny
Radiation Machine: Elekta, Gamma Knife Perfexion (8070)
Treatment Planning System: Leksell (Elekta) Gamma Plan LGP(3D)
Date of Irradiation: April 25, 2017

Description of procedure:

An anthropomorphic head phantom containing a 1.9 cm diameter spherical target was imaged and irradiated. Two TLD capsules provided dose information near the center of the target. Two orthogonal sheets of GAFchromic Dosimetry Media provided dose profiles and an evaluation of the delivered dose distribution. The results are presented in summary below and the detailed report is attached.

The typical dosimetric precision of the TLD is $\pm 3\%$, and the spatial precision of the film and densitometer system is ± 1 mm.

Summary of TLD and film results:

	Ratio	Criteria	Acceptable
Dose to the center of the target (TLD / Institution)	1.02	0.95 – 1.05	Yes

Film Plane	Gamma Index*	Criteria	Acceptable
Coronal	97%	$\geq 85\%$	Yes
Sagittal	94%	$\geq 85\%$	Yes

*Percentage of points meeting gamma-index criteria 5% and 3 mm

The phantom irradiation results listed in the table above do meet the criteria established by IROC Houston.

TLD and Film Analysis by: Stephen Kry, Ph.D. and Trang Nguyen

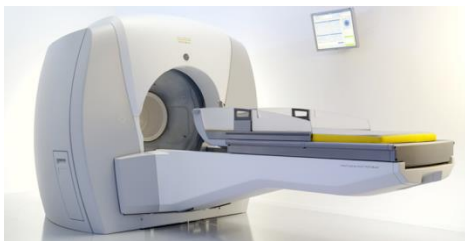
Report Checked by:

David S. Followill, Ph.D.
Chief, Section of Outreach Physics

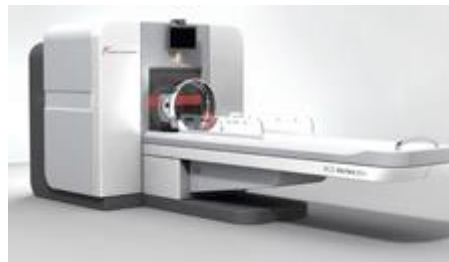
CARING INTEGRITY DISCOVERY

A Comprehensive Cancer Center Designated by the National Cancer Institute

Leksellův gama nůž versus ostatní technologie



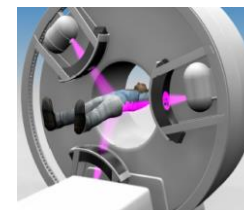
ELEKTA
Leksell Gamma Knife® Perfexion™



American Radiosurgery
RGS Vertex 360



American Radiosurgery
RGS Orbiter



ViewRay System.



Brainlab Novalis



Varian Trilogy



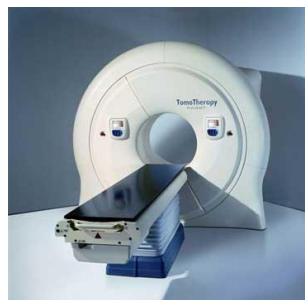
Varian Truebeam



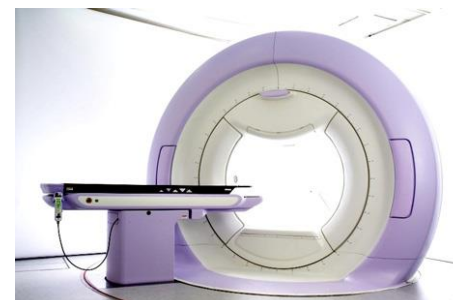
Elekta Axesse™



Accuray CyberKnife



Accuray Tomotherapy



Mitsubishi MHI-TM2000



IBA Proton Therapy Proteus ONE™

DĚKUJI ZA POZORNOST!

