



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha



CyberKnife – je MLC přínosem?

**Tomáš Veselský,
Iva Jakubcová, Tomáš Kořínek**

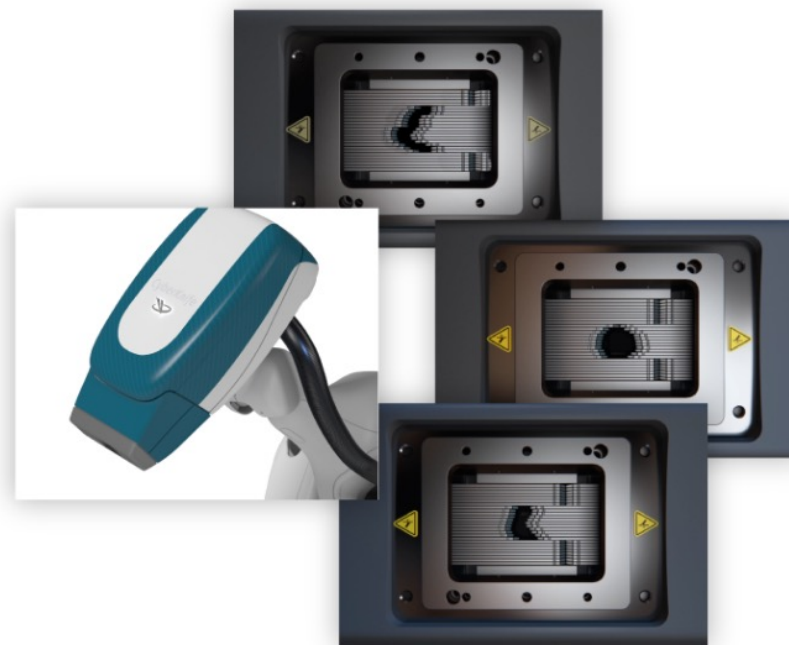
Ústav radiační terapie
Ústřední vojenská nemocnice Praha

11. Konference radiologické fyziky
(19.4.-21.4.2023, Ostrava)

Vývoj MLC pro CyberKnife



- 2014 - InCise™ Multileaf Collimator
 - 41 párů 2,5 mm listů (SAD = 800 mm)
 - Žádný systém pro sekundární kontrolu pozice lamel
- 2015 - InCise™ 2 Multileaf Collimator
 - 26 párů 3,85 mm listů (SAD = 800 mm)
 - Systém pro sekundární kontrolu pozice lamel pomocí kamery online snímající pozici lamel



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha

Otazníky MLC pro CyberKnife



- Co jsme očekávali?
 - Vyšší univerzálnost klinického použití CK
 - Vyšší rychlost ozáření pacientů
- Co bylo třeba prověřit
 - Radiační polostín ve srovnání s fixními kolimátory
 - Mechanickou nejistotu nastavení pozic MLC
 - Rozhodnout, zda limitovat použití MLC dle lokality/velikosti ložiska



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha

Dozimetrie MLC pro CyberKnife



- Výpočetní algoritmus:
 - Finite Size Pencil Beam (FSPB) - resolution
 - Monte Carlo (MC) – resolution + uncertainty

Table 2 Conversion of mass density to material type

Mass density range (g/cc)	Material Type	Material Type Mass Density (g/cc)
< 0.1	Air	0.0012
0.1 – 1.125	Soft-tissue	1.0
> 1.125	Bone	1.85

- Dozimetrická data pro MLC pole v rozmezí 7,6 x 7,7 mm – 115 x 100,1 mm:
 - Radiační profily pro 11 MLC polí ve třech hloubkách při SAD = 800 mm
 - TMR tabulka pro 11 MLC polí při SAD = 800 mm
 - Output faktory pro 11 MLC polí při SAD = 800 mm, měřeno v $d_{\max}$



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha

Polostín MLC pro CyberKnife

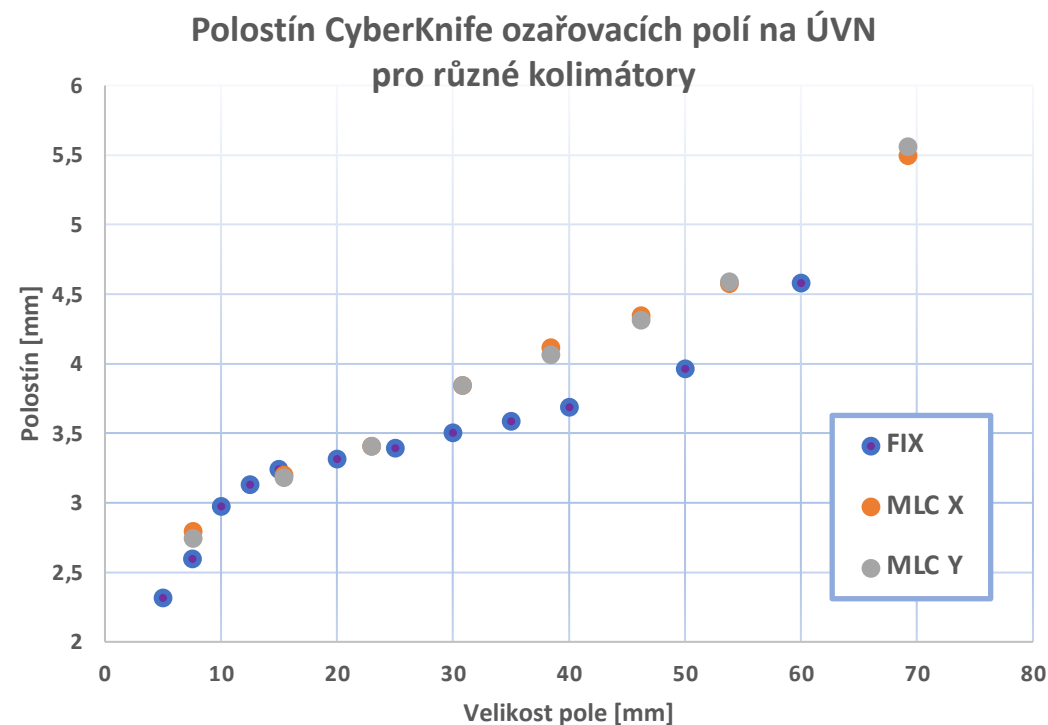


- Radiační polostín
 - Požadavek výrobce při vyhodnocení 80% - 20% při normalizaci do 100% v maximu

Table 25 Beam Penumbra

Collimator Type	Field Size / Direction	System Requirement
Fixed and Iris	10 mm / radial	3.5 mm
Fixed and Iris	40 mm / radial	4.5 mm
Fixed and Iris	60 mm / radial	8.0 mm
MLC	10 mm x 10 mm / X & Y	3.5 mm
MLC	100 mm x 100 mm / X	12 mm
MLC	100 mm x 100 mm / Y	20 mm

- Naše data...



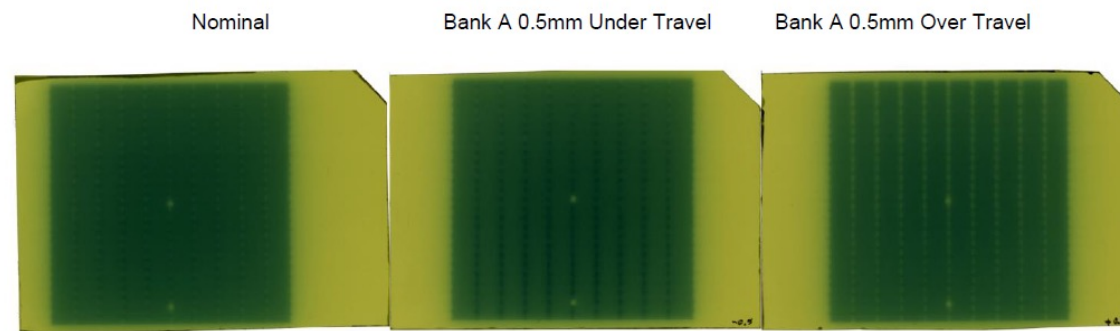
ÚVN



Nejistota MLC pro CyberKnife

• Picket Fence - denně

- Sada proužků těsně na sebe navazujících
- 10 proužků o šířce 10 mm
- Hodnocení okem



• Garden Fence - měsíčně

- Sada 5 proužků o šířce 10 mm s odstupem 15 mm
- Hodnocení v RIT software – hodnocení nepřesnosti pozice každého listu v každé pozici
- Měření v SAD = 433,5 mm, hodnocení pro SAD = 800 mm (všechny pozice s chybou do 0,95 mm + maximálně 13 pozic s chybou větší než 0,5 mm)



ÚVN

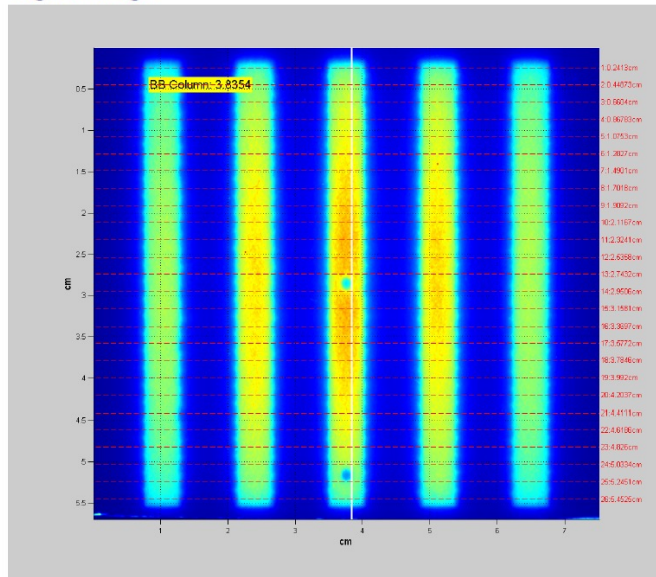
Nejistota MLC pro CyberKnife

ÚSTAV
RADIOČNÍ TERAPIE

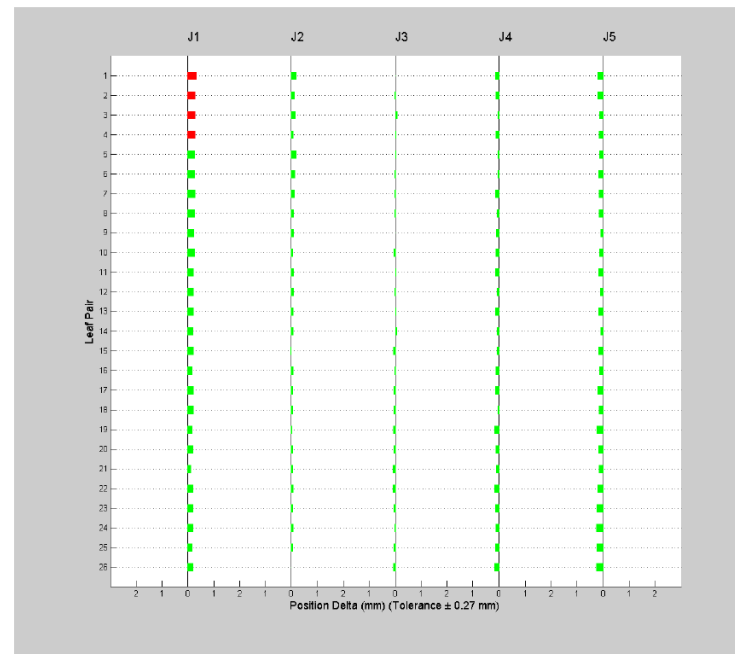


- Garden Fence – poslední výsledek měsíční ZPS

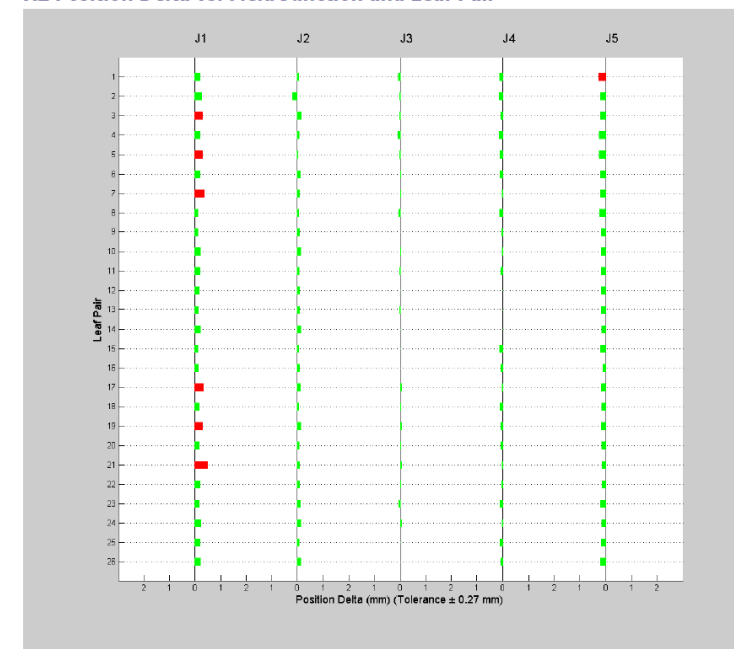
Aligned Image



X1 Position Delta vs. Field Junction and Leaf Pair



X2 Position Delta vs. Field Junction and Leaf Pair



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha

Plánování s MLC pro CyberKnife

ÚSTAV
RADIOČNÍ TERAPIE



• Optimizer **VOLO**

- Možnost použití Shells i NTO
- Maximální počet Nodes 171 (pro Fixní 179) – z každého Node je možné až 32 izocenter, tedy 5472 beamů na výběr
- Fluence Smoothness Penalty
- Total MU Penalty
- Fluence Optimization X Segment Optimization

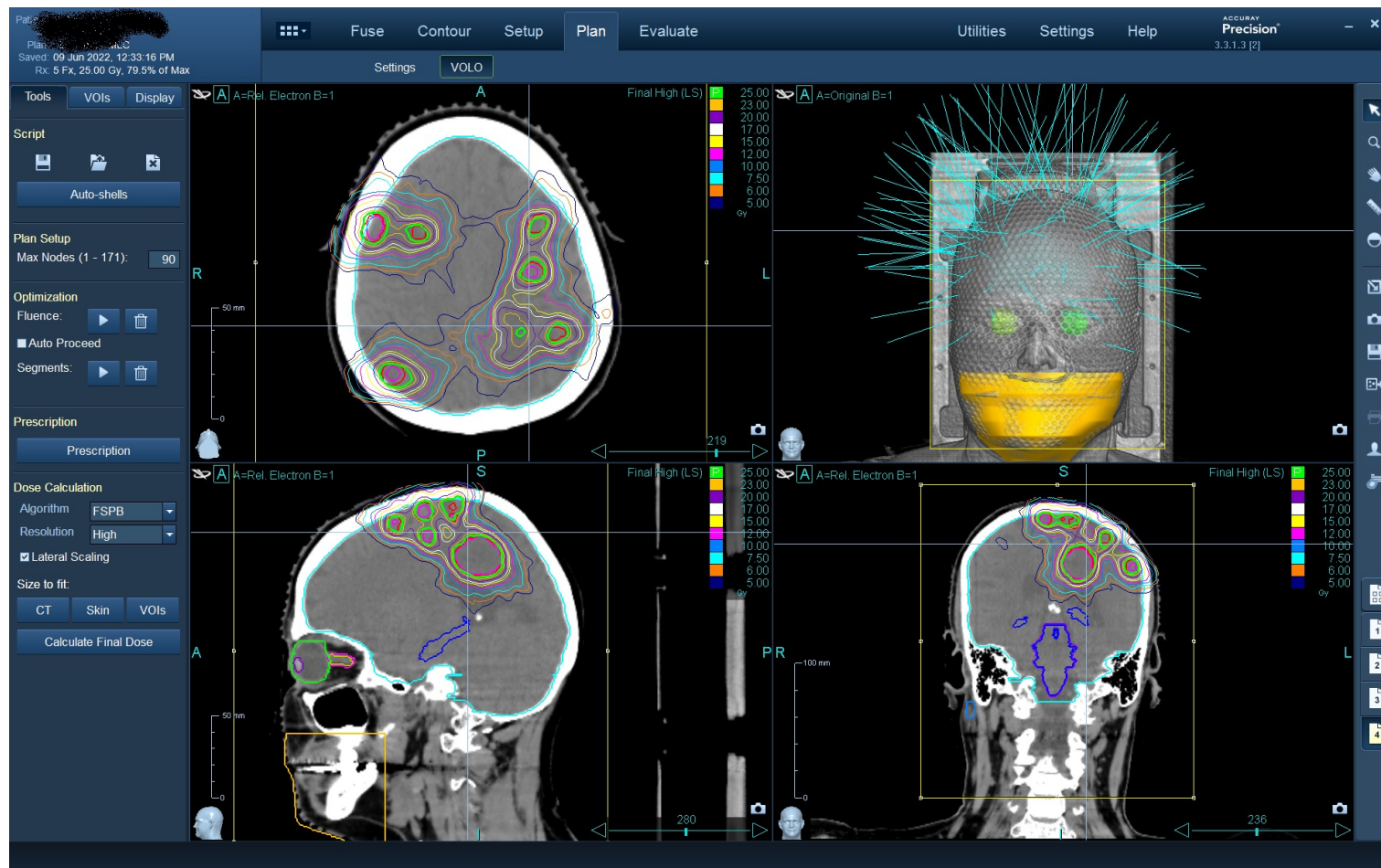


Klinická data MLC pro CyberKnife

ÚSTAV
RADIOČNÍ TERAPIE



- 1. klinický plán na CyberKnife pomocí MLC
 - 15 ložisek
 - 46 minut
 - $D_{\text{mean}}(\text{brain}) = 4,76 \text{ Gy}$



ÚVN

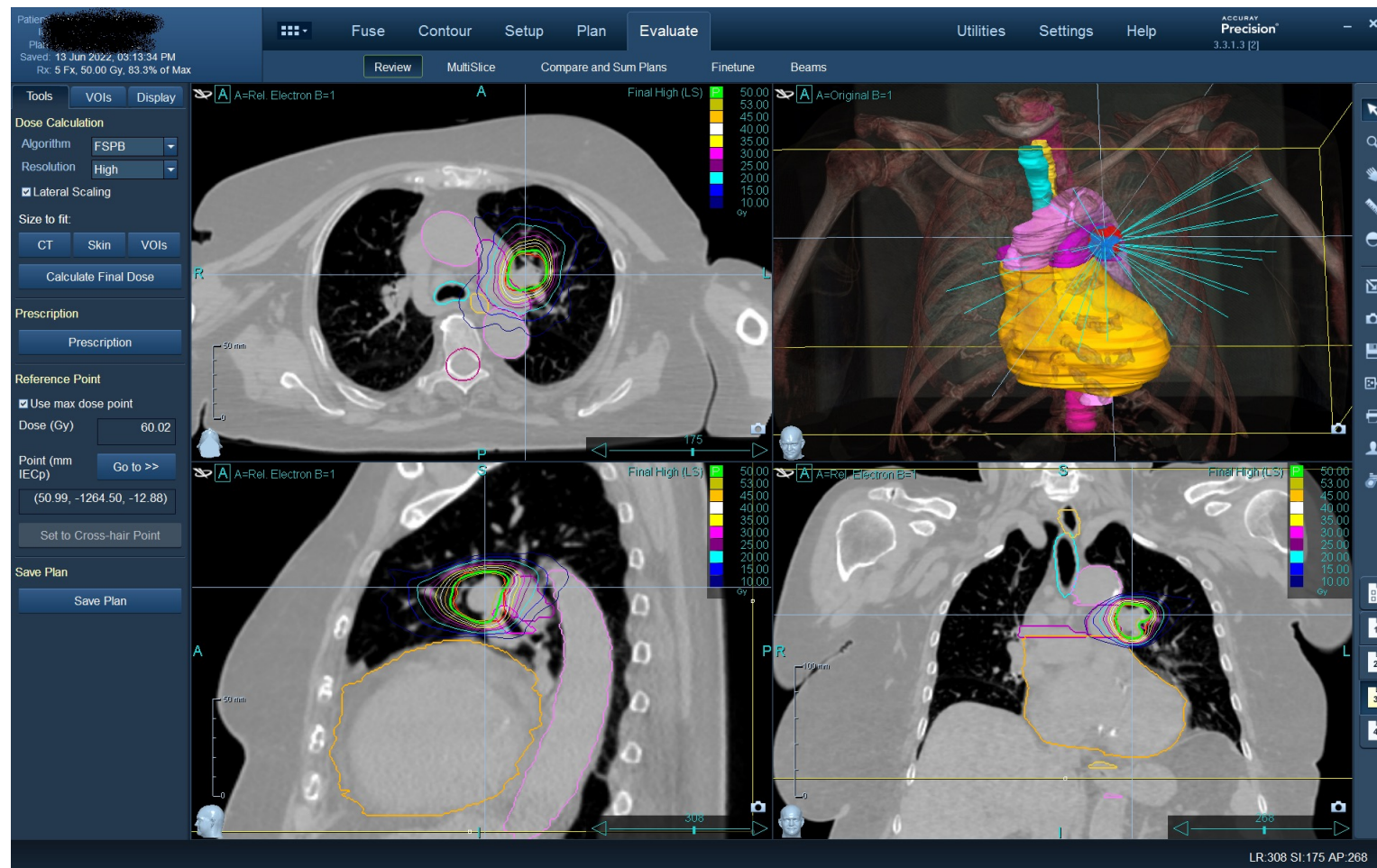
ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha

Klinická data MLC pro CyberKnife

ÚSTAV
RADIOČNÍ TERAPIE



- 1. klinický plán na CyberKnife pomocí MLC skutečně ozářený
 - 1-View-B
 - 28 minut



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha

Klinická data MLC pro CyberKnife

ÚSTAV
RADIAČNÍ TERAPIE



- Ozařovací časy ve srovnání s fixními kolimátory

	kolimátor	ozařovací čas [min]
mozek	FIX	36,2
	MLC	31,1

	kolimátor	ozařovací čas [min]
plíce	FIX	41,6
	MLC	31,8

	kolimátor	ozařovací čas [min]	počet pacientů
prostata	FIX	40,3	11
	MLC	24,9	14



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha

Děkuji za pozornost

ÚSTAV
RADIAČNÍ TERAPIE



ÚVN

ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÁ NEMOCNICE
Vojenská fakultní nemocnice
Praha