

Kalibrace měřiče KAP v klinické praxi

Martin Homola
Jaroslav Ptáček

KAP kerma - area product

- kerma - area produkt, je používán v dozimetrii pacienta jednotky (Gy * m²)
- kerma - area produkt = plošný integrál vymezený plochou ionizační komory

$$KAP = \iint_{\infty} K_{air} \cdot dx \cdot dy$$

- kde K_{air} = hodnota kermy ve vzduchu; x a y = velikost stran ozářeného pole ($A = x * y$)
- naměřené hodnoty jsou vždy pouze přibližné

$$KAP \approx K_a * A \quad (A = \text{Area})$$

KAP metr

- poskytuje kvantitativní informaci o ozáření, jemuž je vystavena vyšetřovaná osoba
- poprvé použitý v roce 1964 v USA
- cílem byl výzkum ozáření rentgenovými paprsky
- data získané pomocí KAP dávají informaci o vstupní povrchové kermě ve vztahu k velikosti pole



Přesnost měření KAP

- Funkce KAP metru je obecně nastavena výrobcem na práci s určitou kvalitou a geometrií RTG svazku
- V klinické praxi může odchylka měření dosáhnout až 50% (Paula Toroi 2008)
- KAP metr by měl být kalibrován v klinickém nastavení

Požadavky na kalibraci KAP

- KAP metr by měl být kalibrován pomocí rentgenového přístroje a nastavenou geometrií snímku shodnou se standardně používanou snímkovací technikou
- referenční hodnotu měřit s referenčním měřidlem
- měření se provádí současně s místním (měřič KAP integrovaný v RTG přístroj) a referenčním měřidlem
- referenční měřicí přístroj by měl být v odpovídající vzdálenosti od místního měřidla

Referenční měřidla

Referenčním měřidlem může být

- ověřený dozimetrický systém pro měření kermy ve vzduchu
- kalibrovaný a ověřený KAP metr
- přenosné KAP metry mohou být kalibrovány v kalibrační laboratoři

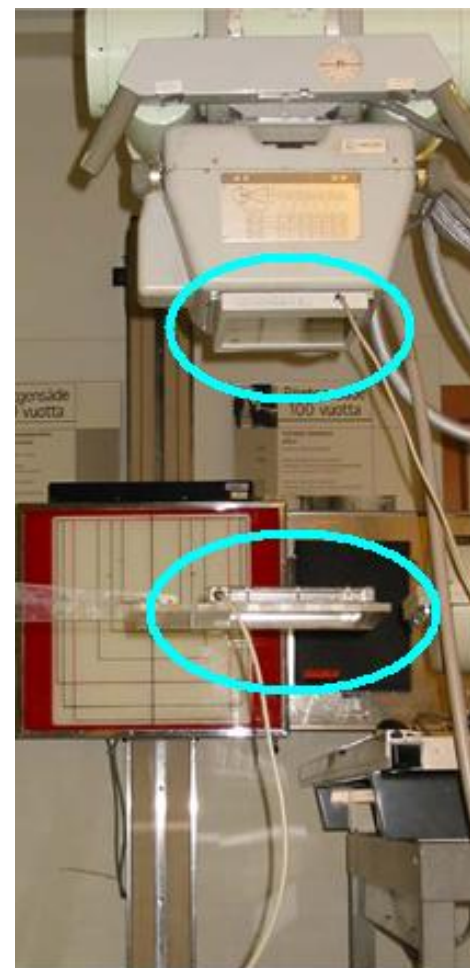


Možné způsoby provedení kalibrace

1. Kalibrace ověřeným KAP metrem (tandemová metoda)
2. Kalibrace v kalibrační laboratoři
3. Kalibrace na kermu ve vzduchu (Beam area method)

Kalibrace ověřeným měřičem KAP (tandemová metoda)

- aby bylo možné provést tuto metodu kalibrace, je nutné mít k dispozici referenční KAP metr kalibrovaný na dopadající svazek RTG záření
- RTG přístroj v klinickém postavení
- měření je provedeno současně s klinickým i referenčním měřičem KAP



Kalibrace ověřeným měřičem KAP (tandemová metoda)

Výhody

- referenční KAP hodnota je naměřena souladu s definicí.
- měření není závislé na vzdálenosti a velikosti pole
- provedení kalibrace je snadné

Nevýhody

- je potřeba mít k dispozici kalibrovaný KAP metr na víc
- dochází k nepřesnostem pokud není dobře známa kvalita svazku záření

Laboratorní metoda

- Přenosné měřiče KAP mohou být kalibrovány v kalibrační laboratoři

Výhody

- nejjednodušší pro uživatele
- referenční KAP hodnota se měří podle definice
- nezávislé na měření vzdálenosti a velikosti pole

Nevýhody

- pouze pro přenosné měřiče KAP
- jsou vyžadovány dvě zvláštní expozice
- kvalita svazku záření při kalibraci se liší od kvality svazku záření v klinickém provozu
- dochází k nepřesnostem pokud není dobře známa kvalita svazku záření

Kalibrace na kermu ve vzduchu (beam area method)

- referenční KAP je vypočítán jako součin mezi kermou ve vzduchu a velikosti pole
- beam area method (výpočet plochy pole)
- přesné měření velikosti pole v klinických podmínkách je náročné
- filmy je třeba exponovat tak, aby denzita byla podstatně nižší, než maximální zčernání ($OD < 0,5$)
- rozměry svazku jsou měřeny od středu polostínu.
- obecně měření velikosti pole pomocí zobrazení nastavených hodnot nebo světelného pole je nesprávné.
- v digitálním obraze mohou být užitečná měřítka na obrázku (pro kontrolu zvětšení)

Kalibrace na kermu ve vzduchu (beam area method)

Výhody

- dozimetry pro měření vzdušné kermy jsou obvykle k dispozici
- malá závislost na kvalitě záření

Nevýhody

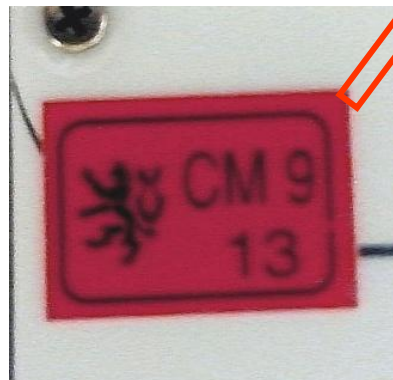
- plošný integrál (KAP) je pouze přibližný
- nehomogenita pole může způsobit nepřesnosti v kalibraci na kermu ve vzduchu
- nejistota v měření velikosti pole

Metodika zvolená ve FNOL

- pro kalibraci měřičů KAP ve FNOL byla zvolena metoda kalibrace na kermu ve vzduchu
- metoda byla zvolena pro svou dostupnost
- v případě tandemové metody a kalibrace v kalibrační laboratoři byly důvodem k vyřazení metody jednak nepřítomnost technických prostředků (kalibrovaný měřič KAP) a za druhé nedostupnost laboratoře provádějící kalibrace
- vzhledem k tomu, že naše oddělení je vybaveno ověřeným měřidlem pro potřeby radiodiagnostiky rozhodli jsme se pro vypracování a vyzkoušení metodiky kalibrace na kermu ve vzduchu

Přístrojové vybavení

- pro první zkušební kalibraci byl vybrán skiagraficko – skiaskopický systém GE Precision XR/i
- referenčním měřidlem byl dozimetrický systém UNFORS Xi s platným metrologickým ověřením

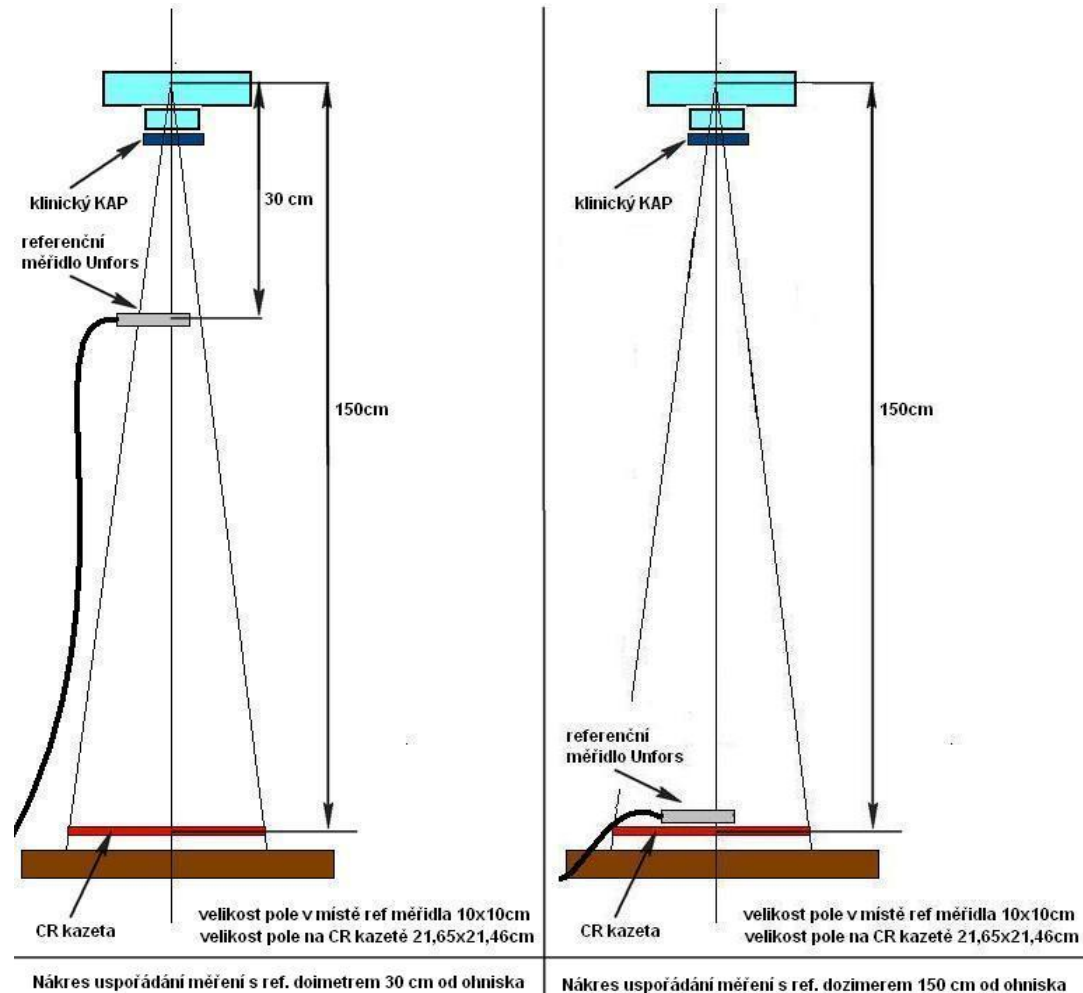


(Na snímku je známka s proším datem zkoušky v metrologickém ústavu. Prezentace byla sestavována v období, kdy měla být tato zkouška obnovena. V současnosti je tento přístroj ověřeným referenčním měřidlem.)

Nastavení přístrojů

- nastavení přístrojů bylo provedeno podle popisu v literatuře
- měření proběhlo ve dvou úrovních:
 1. referenční dozimetr byl umístěn 30 cm od ohniska rentgenky
 2. referenční dozimetr byl umístěn 150 cm od ohniska rentgenky, tzn. na úrovni CR kazety
- měření bylo provedeno při nastavení expozičních parametrů pro 70; 80; 100; 120; kV
- elektrické množství a filtrace byly v manuálním režimu nastaveny na konstantní hodnoty 10 mAs; 3,4 mm Al

Schéma nastavení přístrojů



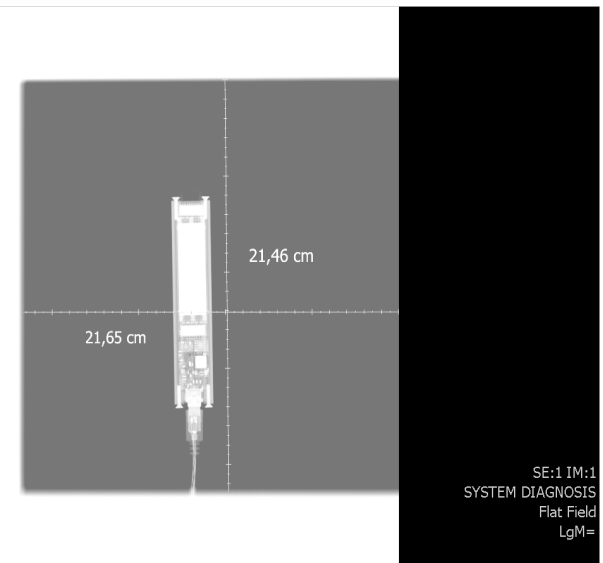
Výpočet plochy pole

- vzhledem k tomu že referenční dozimetr udává naměřenou hodnotu bez vztahu k ploše (mGy) je nutné pro získání referenční hodnoty k výpočtu korekčního faktoru získat obraz rozměry plochy svazku v místě měření.
- v naší metodice to znamená velikost pole ve 30 cm od ohniska 10 x 10 cm (měřeno na snímku)
- pole ve vzdálenosti 150 cm od ohniska má rozměry 21,65 x 21,46 cm (měřeno na snímku)
- výpočet hodnoty z referenčního dozimetru kde $K_{air\ ref}$ = změřená kerma; A = plocha pole

$$P_{KAref} = K_{air\ ref} * A$$

KALIBRACE, KAP PRECISION
PID:040
ACC#:SID: 1410061409441875

06.10.2014
14:11:35
Fakultní nemocnice Olomouc
W 10694 : L 27421



SE:1 IM:1
SYSTEM DIAGNOSIS
Flat Field
LgM=

Výpočet kalibračního faktoru

- výsledkem provedených měření bylo získání dvou kalibračních faktorů, kdy bylo možné zjistit rozdíly naměřené ve vzdálenostech 30 a 150cm od ohniska.
- Umístění referenčního dozimetru do minimální vzdálenosti 30 cm od ohniska je zdůvodněn v TRS 547 kap. 5.1.4
- kalibrační faktor je podílem mezi hodnotami referenčního dozimetru a klinického měřiče KAP
- kde $P_{KA\ ref}$ hodnota referenčního dozimetru; $P_{AK\ klin}$ hodnota změřená KAP metrem na RTG přístroji N_{PKA} je výsledným kalibračním faktorem.

$$N_{PKA} = \frac{P_{KA\ ref}}{P_{KA\ klin}}$$

Kalibrační faktory

Kalibrace KAP Precision XR/i				
kV	70	80	100	120
mAs	10	10	10	10
mm Al	3,4	3,4	3,4	3,4
P_{KA ref} 30 cm	9,26	12,17	18,72	27,57
P_{KA ref} 150 cm	8,05	10,18	15,73	23,15
P_{KA klin} 30	9,1	11,8	18	25,8
P_{KA klin} 150	8,9	11,8	18	25,7
N_{pka} 30 cm	1,02	1,03	1,04	1,07
N_{pka} 150 cm	0,90	0,86	0,87	0,90
N_{pka} Ø	0,96	0,95	0,96	0,99

Průměrá hodnota N_{PKA} ze všech energií = 0,97
z toho pro danou kvalitu svazku vyplývá odchylka $\approx 3\%$

Kalibrační faktory u zbylých modalit FNOL

- provedením měření a výpočtu kalibračního faktoru KAP metru u RTG přístroje GE PRECISION XR/i, jsme dospěli k číslu kalibračního faktoru 0,96125 touto hodnotou by měly být korigovány všechny naměřené hodnoty KAP pro odhad dávky pacienta
- v dalším kroku jsme stejný postup aplikovali i u ostatních RTG přístrojů vybavených měřičem KAP

Digital diagnost

Kalibrace KAP Digital Diagnost				
kV	70	80	100	120
mAs	10	10	10	10
mm Al	2,5	2,5	2,5	2,5
$P_{KA.ref}$ 40 cm	21,27	27,86	42,69	59,69
$P_{KA.ref}$ 100 cm	21,23	27,75	42,67	59,97
$P_{KA.klin}$ 40 cm	25,18	33,27	51,92	72,96
$P_{KA.klin}$ 100 cm	25,18	33,24	51,87	72,96
N_{pka} 40 cm	0,8447	0,8374	0,8222	0,8181
N_{pka} 100 cm	0,8431	0,8348	0,8226	0,8220
N_{pka} Ø	0,84	0,84	0,82	0,82
N_{pka} Ø vše	0,83			

Kodak DR9500

Kalibrace KAP KODAK DR 9500				
kV	70	80	100	120
mAs	10	10	10	10
mm Al	3,4	3,4	3,4	3,4
$P_{KA\ ref}$ 40 cm	2,12	26,77	55,56	77,9
$P_{KA\ ref}$ 100 cm	22,46	33,15	53,48	75,24
$P_{KA\ klin}$ 40 cm	2,45	30,12	63,29	85,5
$P_{KA\ klin}$ 100 cm	29,61	39,56	61,07	83,56
N_{pka} 40 cm	0,87	0,89	0,88	0,91
N_{pka} 100 cm	0,76	0,84	0,88	0,90
N_{pka} Ø	0,81	0,86	0,88	0,91
N_{pka} Ø vše	0,87			

Proteus XR/i

Kalibrace KAP proteus XR/i				
kV	70	80	100	120
mAs	10	10	10	10
mm Al	3,14	3,14	3,14	3,14
$P_{KA\ ref}$ 40 cm	19,61	26,12	40,39	57,03
$P_{KA\ ref}$ 100 cm	17,63	23,78	37,23	52,73
$P_{KA\ klin}$ 40 cm	17,46	23,58	36,00	49,46
$P_{KA\ klin}$ 100 cm	17,34	23,29	35,59	49,05
N_{pka} 40 cm	1,12	1,11	1,12	1,15
N_{pka} 100 cm	1,02	1,02	1,05	1,08
N_{pka} \emptyset	1,07	1,06	1,08	1,11
N_{pka} \emptyset vše	1,08			

Proteus XR/a

Kalibrace KAP proteus XR/a				
kV	70	80	100	120
mAs	10	10	10	10
mm Al	2,6	2,6	2,6	2,6
$P_{KA\ ref}$ 40 cm	23,2	30,24	46,14	63,97
$P_{KA\ ref}$ 100 cm	22,6	29,54	45,16	62,75
$P_{KA\ klin}$ 40 cm	22,54	29,15	43,82	60,55
$P_{KA\ klin}$ 100 cm	22,62	29,43	44,04	60,92
N_{pka} 40 cm	1,03	1,04	1,05	1,06
N_{pka} 100 cm	1,00	1,00	1,03	1,03
N_{pka} \emptyset	1,01	1,02	1,04	1,04
N_{pka} \emptyset vše	1,03			

TMX DK

Kalibrace KAP GE TMX DK				
kV	70	80	100	120
mAs	10	10	10	10
mm Al	4,7	4,7	4,7	4,7
$P_{KA\ ref}$ 40 cm	13,83	18,39	29,02	41,2
$P_{KA\ ref}$ 100 cm	15,03	20,04	31,66	45,03
$P_{KA\ klin}$ 40 cm	15,66	20,84	32,83	45,61
$P_{KA\ klin}$ 100 cm	15,34	21,18	32,68	45,45
N_{pka} 40 cm	0,88	0,88	0,88	0,90
N_{pka} 100 cm	0,98	0,95	0,97	0,99
N_{pka} \emptyset	0,93	0,91	0,93	0,95
N_{pka} \emptyset vše	0,93			

TMX 1IK

Kalibrace KAP GE TMX 1IK				
kV	70	80	100	120
mAs	10	10	10	10
mm Al	4,7	4,7	4,7	4,7
$P_{KA\ ref}$ 40 cm	15,89	21,12	33,16	46,74
$P_{KA\ ref}$ 100 cm	14,80	19,68	30,96	44,05
$P_{KA\ klin}$ 40 cm	16,38	21,92	34,34	47,64
$P_{KA\ klin}$ 100 cm	16,29	21,86	34,16	47,39
N_{pka} 40 cm	0,97	0,96	0,97	0,98
N_{pka} 100 cm	0,91	0,90	0,91	0,93
N_{pka} Ø	0,94	0,93	0,94	0,96
N_{pka} Ø vše	0,94			

Axiom Luminos

Kalibrace KAP SIEMENS AXIOM DK				
kV	70	81	100	121
mAs	10	10	10	10
mm Al	2,5	2,5	2,5	2,5
$P_{KA.ref}$ 40 cm	24,38	32,36	48,83	67,79
$P_{KA.ref}$ 100 cm	22,00	29,23	43,51	61,35
$P_{KA.klin}$ 40 cm	20,40	27,10	38,83	51,96
$P_{KA.klin}$ 100 cm	20,40	26,80	38,50	51,40
N_{pka} 40 cm	1,20	1,19	1,26	1,30
N_{pka} 100 cm	1,08	1,09	1,13	1,19
N_{pka} \emptyset	1,14	1,14	1,19	1,25
N_{pka} \emptyset vše	1,18			

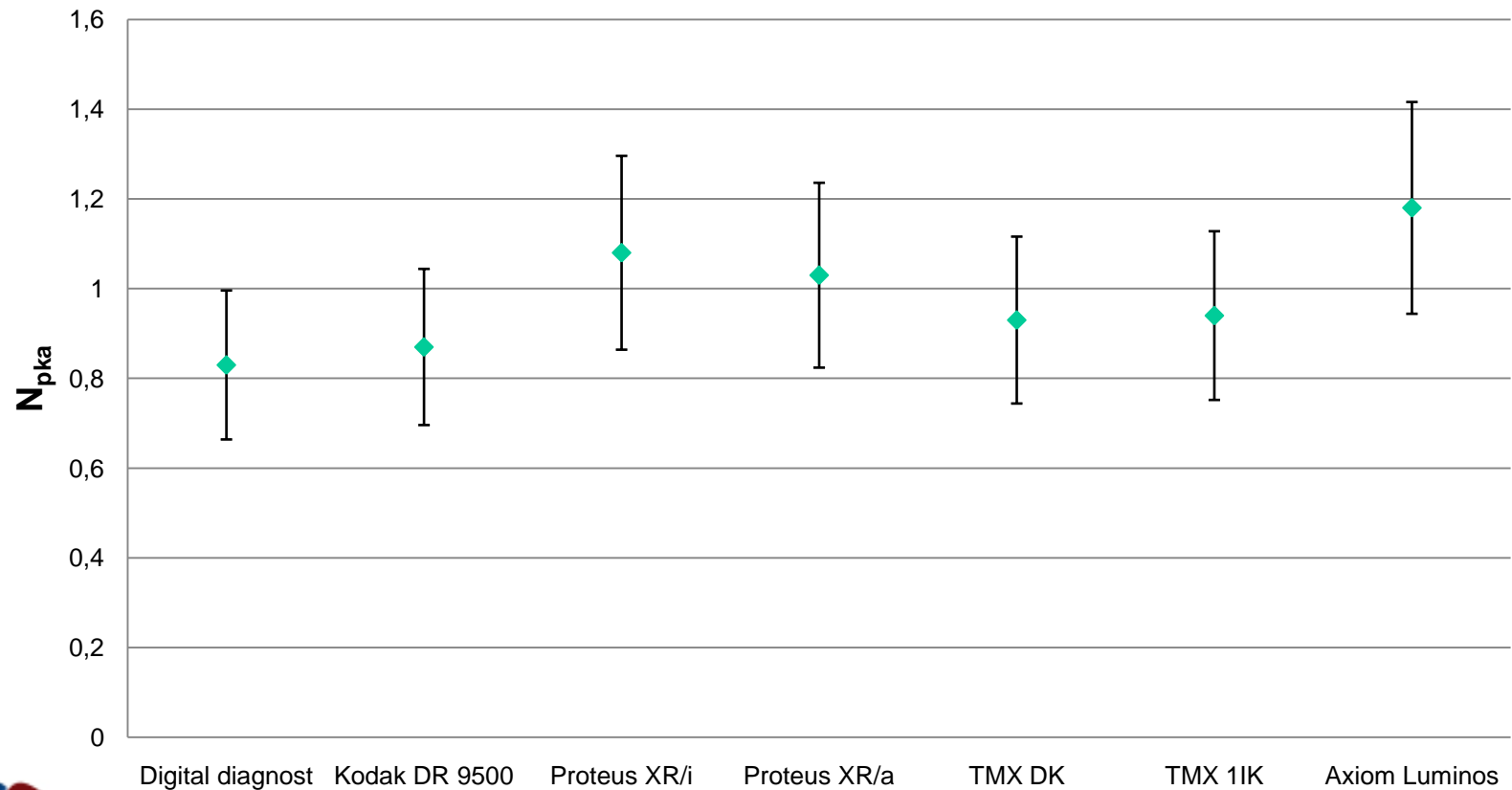
Siemens axiom luminos skiaskopie DK			
datum měření	KAP [$\mu\text{Gy.m}^2$]	unfors [$\mu\text{Gy.m}^2$]	kal. faktor
17.9.2014	59,09	72,95	0,8100
8.10.2014	67,90	83,45	0,8137
10.11.2014	24,00	29,98	0,8005
8.12.2014	71,20	81,83	0,8701
12.1.2015	84,80	103,27	0,8211
10.2.2015	52,70	62,76	0,8397
11.3.2015	75,50	92,81	0,8135
8.4.2015	105,50	123,91	0,8514
13.5.2015	78,10	85,60	0,9124
12.6.2015	82,90	92,91	0,8923
průměrný kalibrační faktor			0,84
medián			0,85

N_{PKA} pro korekci KAP

Výsledná N_{pka} pro korekci hodnot z měřiče KAP jednotlivých přístrojů

RTG přístroj	$N_{pka} \emptyset$
Digital diagnost	0,83
Kodak DR 9500	0,87
Proteus XR/i	1,08
Proteus XR/a	1,03
TMX DK	0,93
TMX 1IK	0,94
Axiom Luminos	1,18

Rozsah N_{PKA}



Závěr

- rozsah N_{PKA} u jednotlivých přístrojů nepřesahuje 20% je tedy otázkou zda kalibraci měřičů KAP provádět
- vzhledem k metodice kontroly měřičů KAP zavedené v rámci ZPS ve FNOL kdy referenční hodnota pro ZPS je 20% je vhodné kalibraci měřiče KAP k zjištění stavu měřiče provést
- sporné je použití N_{PKA} pro odhad radiační zátěže