

Pränatale Strahlenexposition aus medizinischer Indikation

Dosisermittlung, Folgerungen für Arzt und Schwangere

DGMP-Bericht Nr. 7
ISBN 3-925218-74-2

überarbeitete und ergänzte Neuauflage 2002

Kurzfassung

Die Langfassung finden sie unter <http://ikrweb.uni-muenster.de/apt>

Grobe Abschätzung der Uterusdosis (Stufe I)

1.1 Röntgendiagnostik

1.1.1 Radiographie/Fluoroskopie

Entsprechend dem 3-Stufen-Konzept zur Ermittlung der Uterusdosis wird in Stufe I eine grobe Abschätzung mit Hilfe von Tabellen vorgenommen. Ziel der groben Abschätzung ist die Gewinnung konservativer, aber noch realistischer Höchstwerte für H_U . Auf diese Weise kann die Anzahl der durchzuführenden aufwendigen Berechnungen auf ein Minimum beschränkt werden, da die Werte immer auf der sicheren Seite liegen. Voraussetzung zur Aufstellung einer solchen Tabelle ist die Festlegung der Strahlungsqualität, hier mit 70 - 80 kV bei einer Filterung von etwa 2,5 mm Al und eine Annahme über den Dosisbedarf am Bildempfänger. Es wurde ein Dosisbedarf am Bildempfänger von 5 μ Gy pro Aufnahme mit Film-Folien-System, von 2 μ Gy bei digitalen BV-Aufnahmen sowie von 10 μ Gy bei DSA-Aufnahmen angenommen. Für die Durchleuchtung wurde vom maximalen Wert der Dosisleistung von 0,6 μ Gy/s am Bildverstärkereingang (bei 25 cm BV-Durchmesser) ausgegangen. Von der Angabe der Schwächungswerte von Raster und Stützwand wurde abgesehen und hier die jeweils höchsten Werte angenommen. (Geräteschwächungsfaktor von 4).

Unter diesen Annahmen wird die Dosis am Uterus im wesentlichen nur noch von der durchstrahlten Patientendicke bestimmt. Lageanomalien des Uterus wurden nicht berücksichtigt und zur Vereinfachung angenommen, dass der Uterus bei einer ap-Aufnahme bei 3/10 des Patientendurchmessers liegt, bzw. seitlich etwa in Patientenmitte. Die unter diesen Bedingungen geltenden Dosiswerte für drei feste durchstrahlte Körperdicken sind in Tab. 4-1, die Dosisleistungswerte in Tab. 4-2 zusammengestellt.

Ist der Dosis- bzw. Dosisleistungsbedarf am Bildempfänger kleiner als die angenommenen Werte (Meßwerte bei Abnahmeprüfung), dann können die Tabellenwerte um den Faktor

Tabelle 0-1: Höchstwerte der Äquivalentdosis für den Uterus in mSv bei Röntgenaufnahmen

Projektion	Äquivalentdosis für den Uterus in mSv pro Aufnahme						
	a.p.			p.a.			lat.
Konstitution	dünn 17 cm	normal 22 cm	dick 26 cm	dünn 17 cm	normal 22 cm	dick 26 cm	normal 36 cm
Rasteraufnahme mit Film-Folien-System	2	3	5	1	1,5	2,5	4
Digitale Bildverstärker-Aufnahme	1	1,5	2	0,5	0,8	1	2
DSA-Aufnahme	4	6	10	2	3	5	8

Tabelle 0-2: Höchstwerte der Äquivalentdosisleistung für den Uterus in mSv/min bei Röntgendurchleuchtung

Projektion	Äquivalentdosisleistung für den Uterus in mSv/min						
	a.p.			p.a.			lat.
Konstitution	dünn 17 cm	normal 22 cm	dick 26 cm	dünn 17 cm	normal 22 cm	dick 26 cm	normal 36 cm
Durchleuchtung mit Bildverstärker-Fernsehkette	16	24	40	8	12	20	32

vermindert werden, der sich aus dem Verhältnis zwischen der für die Errechnung der Tabelle angenommenen Dosis bzw. Dosisleistung und der tatsächlichen Dosis bzw. Dosisleistung am Bildempfänger ergibt. Analog kann mit dem Geräteschwächungsfaktor verfahren werden.

Die Uterusdosis bei Durchleuchtungsuntersuchungen ist stark von der Gerätetechnik und der Untersuchungstechnik abhängig. In der Praxis muß daher von einer großen Bandbreite ausgegangen werden. Die Tabelle 4-2 geht vom ungünstigsten Fall aus. Bei der Dosismittlung sind daher nur die Durchleuchtungszeiten einzurechnen, bei denen der Uterus im direkten Strahlengang gelegen hat.

Beispiel für eine grobe Abschätzung der Uterusdosis:

Eine Patientin mit einem sagittalen Durchmesser von 20 cm wurde in der 3. Schwangerschaftswoche durch folgende Untersuchungen exponiert:

Thorax in 2 Ebenen

Beckenaufnahme

Abdomenaufnahme

Intraoperative Durchleuchtung 2 Minuten; davon im Bereich des Beckens 30 Sekunden

Durchführung und Ergebnis der Abschätzung

Nach Tab. 4-1

Da nur bei der Becken- und Abdomenaufnahme der Uterus exponiert wurde, werden auch nur diese Expositionen einbezogen.

2 mal 3,0 mSv = 6,0 mSv.

Nach Tab. 4-2

Es zählt nur die Exposition im Bereich des Beckens

0,5 Minuten * 24,0 mSv/min = 12,0 mSv

Ergebnis der Abschätzung: 6,0 mSv + 12,0 mSv = 18,0 mSv

Der Wert liegt unter dem Grenzwert von 20 mSv. Eine weitergehende Berechnung ist daher nicht notwendig. Das Ergebnis sollte in der Patientenakte unter Hinweis auf diesen Bericht vermerkt werden.

1.1.2 Röntgen-Computertomographie

Besteht bei computertomographischen Untersuchungen Grund zur Annahme, dass der Uterus im Nutzstrahlenfeld lag, so führen grobe, konservative Abschätzungen in jedem Fall zu höheren Uterusdosen als 20 mSv und damit zur Forderung nach einer genaueren Dosisabschätzung. Diese ist ebenso im Falle von CT-Untersuchungen notwendig, bei welchen der Uterus zwar nicht direkt bestrahlt wurde, aber an der Grenze zur untersuchten Körperregion lag, wenn die Untersuchungen mit mehr als ca. 300 mAs pro Schicht bzw. Röhrenumlauf durchgeführt wurden.

Gelten die obigen Einschränkungen nicht, so können zur groben, konservativen Abschätzung der Uterusdosis bei beliebigen CT-Untersuchungen Dosiswerte aus Tab. 4-3 verwendet werden. Die Dosiswerte aus Tab. 4-3 sind dabei auf das im betreffenden Fall vorliegende Röhrenstrom-Zeit-Produkt (mAs-Produkt) mittels Dreisatz umzurechnen.

Tabelle 0-3: Grobe konservative Abschätzung der Uterusdosis bei 100 mAs pro Schicht oder Umlauf (am Beispiel einer CT-Untersuchung der Lendenwirbelsäule von BWK 12 bis S1).

Röhrenspannung (kV)	Äquivalentdosis für den Uterus in mSv bei 100 mAs pro Schicht bzw. Rotation
80	1,0
120	2,0
140	3,0

1.2 Strahlentherapie

Liegt der Uterus außerhalb des durch die Bestrahlung erfaßten Körperbereichs, kann die für das Organ Uterus durch Streustrahlung verursachte Dosis grob über die Durchlaßstrahlung abgeschätzt werden. Die Streustrahlung wird vorwiegend in Richtung der Primärstrahlung emittiert. Die Richtungsverteilung der Durchlaßstrahlung aus dem Strahlerkopf ist weniger anisotrop. Die Grenzwerte der Durchlaßstrahlung [6], [7] können zur Abschätzung herangezogen werden.

Hieraus erhält man die Äquivalentdosis H_U am Uterus durch Multiplikation mit dem Strahlungs-Wichtungsfaktor w_R . Für die in der Strahlentherapie angewendeten Photonen und Elektronen gilt $w_R = 1.0$, so dass der Zahlenwert der Äquivalentdosis gleich dem der Energiedosis ist.

Die genaue Abschätzung und die Berechnung für die Uterusdosis erfolgt nach dem Quellenkonzept mit Standardwerten oder mit den aktuellen Geräteparametern der Bestrahlungsanlage mit dem Bestrahlungsplanungssystem.

1.3 Nuklearmedizin

Die Energiedosis, die Embryo bzw. Fetus bei einer nuklearmedizinischen Untersuchung oder Behandlung erhalten, hängt von den Strahlungseigenschaften des Radionuklids, der applizierten Aktivität sowie dem Verteilungsmuster und Eliminationsverhalten des Radiopharmakons ab. Sie kann nicht gemessen werden, sondern muss unter vereinfachenden Annahmen bezüglich der Anatomie der Patientin und der Biokinetik des Radiopharmakons berechnet werden.

Tab. 4-4 enthält die Ergebnisse derartiger Berechnungen für häufige nuklearmedizinische Untersuchungs- und Behandlungsverfahren. Diese basieren auf den von Russell et al. [8] publizierten Dosiskoeffizienten für den Embryo bzw. Fetus in verschiedenen Stadien der Schwangerschaft (0, 3, 6 und 9 Monate). Es wurde für Tab. 4-4 der jeweils größte der dort angegebenen Werte übernommen. In der Regel werden Dosiskoeffizient und Dosis vom Anfang zum Ende der Schwangerschaft kleiner.

Eine Besonderheit stellt der Iodstoffwechsel dar. Die Anreicherung von Radioiod in der fetalen Schilddrüse beginnt etwa 90 Tage nach der Konzeption. Obwohl Untersuchungen der Anreicherung und Retention in der Schilddrüse des menschlichen Feten vorliegen, ist die zugehörige Dosimetrie nach wie vor mit großen Unsicherheiten behaftet. Das Dosismaximum für die fetale Schilddrüse wird bei einmaliger Gabe von Radioiodid etwa Mitte bis Ende des

Tabelle 0-4: Energiedosis für den Embryo/Fetus bei diagnostischen und therapeutischen nuklearmedizinischen Verfahren. Für abweichende applizierte Aktivitäten sind die Dosiswerte entsprechend zu modifizieren.

Organ bzw. Methode	Radionuklid	Radiopharmakon	Dosiskoeffizient μGy/MBq	Applizierte Aktivität MBq	Energiedosis (Embryo/Fetus) mGy
Knochen	Tc-99m	MDP, HDP	6,1	750	4,6
Knochenmark	Tc-99m	Nanokolloid	3,7	550	2,0
Schilddrüse	I-131	Iodid	72	2	0,1
Schilddrüse	I-123	Iodid	20	10	0,2
Schilddrüse	Tc-99m	Pertechnetat	11	75	0,8
Nieren	Tc-99m	DTPA	12	150	1,8
Nieren	Tc-99m	MAG3	18	200	3,6
Nieren	I-123	Hippuran	31	40	1,2
Herz	Tc-99m	Erythrozyten	6,4	750	4,8
Herz	Tl-201	Chlorid	97	75	7,3
Herz	Tc-99m	Isonitrit	15	800	12
Hirn	Tc-99m	HMPAO	8,7	550	4,8
Hirn	F-18	FDG	27	370	10
Lunge	Tc-99m	Mikrosphären	2,8	200	0,6
Leber, Gallenwege	Tc-99m	HIDA	17	150	2,6
Schillingtest	Co-57	Vitamin B12	1500	0,02	0,03
Schillingtest	Co-58	Vitamin B12	3700	0,03	0,11
Leukozyten	In-111	Leukozyten	130	75	9,8
Thrombozyten	In-111	Thrombozyten	220	37	8,1
Entzündung	Tc-99m	HMPAO	8,7	750	6,5
Entzündung	Tc-99m	Kolloid	3,2	750	2,4
Tumor	Ga-67	Zitrat	93	110	10
Tumor	Tc-99m	MIBI	15	750	11
Tumor	Tl-201	Chlorid	97	75	7,3
Tumor	In-111	Somatostatin	78	220	17
Tumor	I-131	MIBG	110	75	8,3
Tumor	I-123	MIBG	18	370	6,7
Tumor	F-18	FDG	27	400	11
Therapie Hyperthyreose	I-131	Iodid	72	750	54
Therapie Struma mal.	I-131	Iodid	72	4000	288

2. Trimesters erreicht. Bei der Anwendung von I-131 zur Therapie einer Hyperthyreose sind die Schilddrüsendosen bei Fetus und Mutter dann etwa gleich groß. Tab. 4-5 faßt die Ergebnisse entsprechender Berechnungen zusammen.

Aus Tab. 4-4 ergibt sich, dass die meisten nuklearmedizinischen Untersuchungen mit einer Embryonal- bzw. Fetalosis von weniger als 10 mSv verbunden sind. Da jedoch die bei der Therapie der Hyperthyreose und der Struma maligna unter Verwendung von I-131 Natriumiodid auftretenden Dosen 50 - 300 mSv betragen, ist eine Therapie mit I-131 Natriumiodid während der Schwangerschaft kontraindiziert.

Tabelle 0-5: Werte der fetalen Schilddrüsendosis bei einmaliger Zufuhr des Radiopharmakons zu verschiedenen Zeitpunkten der Schwangerschaft. Werte für I-131 nach [9], für die anderen Nuklide daraus abgeleitet.

Methode	Radiopharmakon		Applizierte Aktivität MBq	Fetale Schilddrüsendosis		
				mSv		
				95 Tage	130 Tage	250 Tage
SD-Szintigraphie	Tc-99m	Per technet	75,0	0,7	1,7	0,6
SD-Szintigraphie	I-123	Iodid	10,0	29,0	70,0	27,0
Radioiodtest	I-131	Iodid	2,0	810,0	1950,0	760,0
Therapie Hyperthyreose	I-131	Iodid	750,0	300 Sv	730 Sv	280 Sv

Wie Tab. 4-5 zeigt, kann I-131 schon bei diagnostischer Anwendung zu erheblichen Werten der fetalen Schilddrüsendosis führen. Die therapeutische Applikation von I-131 bei der Mutter führt nach dem ersten Trimester mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Ablation der fetalen Schilddrüse. Auch der Radioiodtest wird heute jedoch fast ausschließlich vor einer Therapie angewendet und - außer wenn ärztlich indiziert - nicht während einer Schwangerschaft. Sofern für eine Nierenfunktionsszintigraphie Radioiod-markiertes Hippuran eingesetzt wird, wird in der Regel eine pharmakologische Schilddrüsenblockade durchgeführt.

Insgesamt ist also die übliche nuklearmedizinische Diagnostik mit Werten der mittleren Embryonal- oder Fetaldosis von meist weniger als 10 mGy verbunden