

5. Zusammenfassung

Der transjuguläre intrahepatische portosystemische Shunt (TIPS) ist eine etablierte interventionell angiographische Behandlungsmethode von Komplikationen der portalen Hypertension, wie rezidivierender Varizenblutung und medikamentös nicht beherrschbarem Aszites. Charakteristisch für die interventionelle Angiographie ist die im Vergleich zur diagnostischen Angiographie höhere Strahlenexposition, die zu vergleichsweise hohen Risiken für stochastische und deterministische Strahlenschäden führen kann. Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) und Food and Drug Administration (FDA) haben die Risikoeffizienten für stochastische Schäden und Schwellenwerte für deterministische Strahlenschäden angegeben. Nach der Röntgenverordnung unterliegen die effektive Dosis und die Dosis in anderen Organen und Geweben („Teilkörperdosis“) von beruflich strahlenexponierten Personen Dosisgrenzwerten. Die vorliegende Arbeit soll die beim Interventionalisten, der Assistentin und beim Sonographeur bei der Anlage eines TIPS auftretenden Strahlendosen untersuchen. Es soll beurteilt werden, wie hoch die Strahlenrisiken sind und inwieweit die Dosisgrenzwerte überschritten werden können. Dabei soll auch die Wertigkeit von einigen Strahlenschutzabschirmungen beurteilt werden.

Es wurden Dosismessungen bei insgesamt 30 Interventionen von 30 verschiedenen Patienten an einer DSA-Anlage durchgeführt. Der Interventionalist, die Assistentin und der Sonographeur trugen eine nach unten bis Kniehöhe reichende Bleischürze mit 0,35 mm Bleiäquivalent. Bei den ersten 15 Interventionen wurden keine Dauerschutz-einrichtungen, kein Schilddrüsenschutz und kein bleiarmierter Handschuh verwendet. Bei den nächsten 15 Interventionen wurde eine Bleiglasscheibe mit 1 mm Bleiäquivalent zwischen den Interventionalisten und den Bildverstärker positioniert. Ein Unterkörper-schutz mit Lamellenform und 0,5 mm Bleiäquivalent wurde zwischen dem Sonographeur und der Röntgenröhre, welche eine Untertischröhre war, an der seitlichen Kante des Angiographie-Tisches befestigt. Sowohl der Interventionalist als auch die Assistentin und der Sonographeur trugen einen Schilddrüsenschutz mit 0,5 mm Bleiäquivalent. Der Sonographeur trug an der den Schallkopf haltenden Hand einen bleiarmierten Handschuh mit einer Dicke von 304,8 μm , welcher 53 bis 62% der auftreffenden Strahlung bei einer Energie von 80 bis 100 keV durchließ.

Der Interventionalist stand am Kopf des Patienten. Die Assistentin stand rechts leicht hinter dem Interventionalisten. Der Sonographeur fing an mitzuwirken, wenn der Führungsdraht durch den Interventionalisten in die Lebervene platziert wurde. Der Sonographeur stand links vom Patienten und streckte den linken Arm an die rechte Patientenseite oder er stand rechts vom Patienten und sonographierte mit der rechten Hand. Er entfernte sich aus Strahlenschutzgründen aus dieser Position, sobald die Punktion des Pfortadergefäßes erfolgt war. Bei den 15 Messungen ohne und 15 Messungen mit Dauerschutzeinrichtungen, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh stand der Sonographeur jeweils 8 mal an der linken und 7 mal an der rechten Patientenseite.

Zur Messung der Strahlenexposition des Interventionalisten, des Sonographeurs und der Assistentin wurden TLD oberhalb der Augenlider, an beiden Seiten der Schilddrüse ohne Schilddrüsenschutz bzw. unter den Schilddrüsenschutz, an beiden Handrücken nahe des Mittelfingergrundgelenkes ohne bzw. unter den Bleihandschuh, an beiden Unterschenkeln über der Tibia, unter der Schutzschürze an der Brust mittig in Höhe der Mamille, am Abdomen über dem Nabel und am Unterleib über der Symphyse fixiert.

Das Dosis-Flächen-Produkt (DFP) betrug bei den ersten 15 Interventionen ohne Dauerschutzeinrichtung, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh $460,9 \pm 297,2$ Gy cm^2 und bei den weiteren 15 Interventionen, die mit den zusätzlichen Strahlenschutzmaßnahmen durchgeführt wurden, $417,5 \pm 266,9$ Gy cm^2 .

Bei den Interventionen ohne Schutzmaßnahmen und mit Position des Sonographeurs an der linken Patientenseite betrug das DFP $465,1 \pm 268,5$ Gy cm^2 und mit Position des Sonographeurs an der rechten Patientenseite $456,0 \pm 326,7$ Gy cm^2 .

Bei den Interventionen mit Schutzmaßnahmen und mit Position des Sonographeurs an der linken Patientenseite betrug das DFP $345,8 \pm 192,3$ Gy cm^2 und mit Position des Sonographeurs an der rechten Patientenseite $495,5 \pm 311,9$ Gy cm^2 .

Bei den Interventionen ohne Dauerschutzeinrichtung, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh wurde die höchste Oberflächendosis beim Interventionalisten und der Assistentin an der rechten Tibia, beim links stehenden Sonographeur an der linken Tibia und dem rechts stehenden Sonographeur an der rechten Tibia gemessen. Die Teilkörperdosis des roten Knochenmarkes, das vereinfachend der Oberflächendosis an

der Tibia gleichgesetzt wurde, war im Hinblick auf die Einhaltung der Dosisgrenzwerte bei allen 3 Personen am stärksten limitierend und erlaubte maximal 12, 18, 62 bzw. 32 TIPS pro Jahr.

Bei den Interventionen ohne Dauerschutzeinrichtung, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh wurde die höchste Oberflächendosis beim Interventionalisten und der Assistentin an der rechten Tibia, beim links stehenden Sonographen an der linken Hand und dem rechts stehenden Sonographen auch an der linken Hand gemessen. Die Teilkörperdosis des roten Knochenmarkes, das vereinfachend der Oberflächendosis an der Tibia gleichgesetzt wurde, war im Hinblick auf die Dosisgrenzwerte bei allen 3 Personen am stärksten limitierend und erlaubte maximal 15, 21, über 750 bzw. 312 TIPS pro Jahr.

Mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe für den Interventionalisten wurde für das Risiko für einen letal endenden Krebs ein um 35% geringerer Wert ($9,2 \times 10^{-6}$ vs. $6,0 \times 10^{-6}$) ermittelt. Das ermittelte Risiko für die Assistentin war um 41% ($6,8 \times 10^{-6}$ vs. $4,0 \times 10^{-6}$) niedriger. Mit Bleihandschuh und Unterkörperschutz war für den an der linken Patientenseite stehenden Sonographen das ermittelte Risiko um mindestens 67% ($1,2 \times 10^{-6}$ vs. 4×10^{-7}) geringer als für den, der außer der Bleischürze keine weiteren Strahlenschutzmaßnahmen verwendete. Für den an der rechten Patientenseite stehenden Sonographen war das ermittelte Risiko bei den Interventionen mit Strahlenschutzmaßnahmen um 62,5% ($3,2 \times 10^{-6}$ vs. $1,2 \times 10^{-6}$) geringer als für den ohne die Strahlenschutzmaßnahmen.

Das Risiko für einen genetischen Defekt war am größten für den Interventionalisten und lag bei 6×10^{-7} .

Deterministische Strahlenschäden waren als Linsentrübung und lokale Depression der Blutbildung beim Interventionalisten und der Assistentin nur bei großen Interventionsfrequenzen über viele Jahre denkbar.

Die von der Bleischürze geschützten Teilkörper einschließlich des Uterus der gebärfähigen Frau haben Dosen erfahren, die eine Überschreitung der Grenzwerte praktisch nicht

zulassen. Eine Ausnahme bildet die Teilkörperdosis des Uterus oder die mit der Uterusdosis gleich gesetzte Dosis des ungeborenen Kindes der schwangeren am TIPS beteiligten Frau. Für die schwangere Interventionalisten und Assistentin ist eine maximal zulässige Zahl an TIPS von 16 bzw. 20 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft durchaus erreichbar, wenn sie einmal pro Woche am TIPS mitwirkt. Für die an der rechten Patientenseite stehende schwangere Sonographeurin kann die maximal zulässige Zahl von 50 bei größeren Interventionsfrequenzen von 2 pro Woche nach 6 Monaten erreicht werden, während die an der linken Patientenseite stehende schwangere Sonographeurin kaum über 100 TIPS mitmachen könnte.

Das Risiko, einen strahleninduzierten tödlich endenden Krebs zu erleiden, mag für den Interventionalisten, die Assistentin und den Sonographen nach einer einzelnen Intervention, die außer mit der Bleischürze ohne weitere Schutzmaßnahmen erfolgt ist, sehr klein sein. Etwa 1 bis 9 Personen von 1.000.000 würden diesen Schaden erleiden. Bei einer Interventionsfrequenz von 50 pro Jahr und über 10 Jahre kann sich das Risiko um den Faktor 500 erhöhen und damit im gut vorstellbaren Bereich von 5:10.000 bis 4,5:1000 liegen. Das Risiko, einen letalen Schilddrüsenkrebs zu erleiden, liegt etwa um den Faktor 10 niedriger und dürfte damit auch noch im vorstellbaren Bereich liegen. Das Risiko, einen letalen Brustkrebs zu erleiden, ist wesentlich kleiner.

Das Risiko des Interventionalisten und der Assistentin für einen genetischen Defekt ist bei 6 bzw. 5 Personen von 10.000.000 im vernachlässigbaren Bereich. Rechnet man wie oben mit 500 Interventionen im Verlauf der beruflichen Tätigkeit, dann beläuft sich das Risiko jedoch auf 3 bzw. 2,5 von 10.000 und ist damit durchaus zu beachten. Beim rechts stehenden Sonographen kann das Risiko als halb so groß angesehen werden und beim links stehenden Sonographen ist das Risiko wesentlich geringer (Dosen unterhalb der Nachweisgrenze).

Deterministische Strahlenschäden könnten sich bei größeren Frequenzen und jahrelanger Tätigkeit des Interventionalisten und der Assistentin unter den hier beschriebenen Bedingungen und wenn überhaupt am Knochenmark und an der Linse manifestieren. Die Depression der Blutbildung würde dabei sicher nur lokal auftreten, da das Knochenmark nicht überall stark exponiert war.

Die Dosen des rechts stehenden Sonographeurs an der Linse, Schilddrüse und am Unterschenkel liegen um den Faktor 2 bis 3 höher als die des links stehenden Sonographeurs. Der Unterschied zwischen den Dosen der Hände ist insgesamt deutlich geringer, da zumindest die Schallkopf haltende Hand unabhängig von der Stehposition des Sonographeurs an der gleichen Position gehalten wurde.

Die entscheidende Bedeutung des Unterkörperschutzes liegt in der Einhaltung der Dosisgrenzwerte, da das Knochenmark der Tibia ohne Unterkörperschutz einer hohen Dosis ausgesetzt ist. Die Bleiglasscheibe kann das Risiko einer Linsentrübung für den Interventionalisten und die Assistentin bei großer Interventionsfrequenz deutlich senken, hat aber nur untergeordnete Bedeutung für den Sonographeur. Der Handschuh ist für den Sonographeur im Hinblick auf die Einhaltung der Dosisgrenzwerte nicht wesentlich. Der Interventionalist könnte allenfalls bei sehr großer Interventionsfrequenz von der Reduktion der Dosis der linken Hand durch den Handschuh profitieren, um die Dosisgrenzwerte einzuhalten. Für die Assistentin ist der Handschuh unwesentlich. Der Schilddrüsenschutz sollte im Hinblick auf die maximal zulässige Zahl bei sehr großer Interventionsfrequenz vom Interventionalisten und der Assistentin getragen werden. Insbesondere aber ist der Schilddrüsenschutz für alle 3 Personen jedenfalls zu empfehlen, da dieser die Wahrscheinlichkeit für einen Schilddrüsenkrebs erheblich senken kann. Eine Bleiglasbrille könnte für den Interventionalisten mit großer Interventionsfrequenz sinnvoll sein, wenn keine Bleiglasscheibe zur Verfügung steht.