



# **Rekommendation om skydd av patient vid röntgenundersökning**

## **ARBETSGRUPP**

Kaartinen Siru, sjukhusfysiker, fil.dr, Norra Savolax välfärdsområde, radiologi

Kotiaho Antti, sjukhusfysiker, fil.dr, Terveystalo, medicinsk utbildning

Larjava Heli, sjukhusfysiker, fil.lic., ÅUCS Medicinsk utbildning, medicinsk fysik

Lepola Pasi, överfysiker, fil.dr, Päijänne-Tavastlands välfärdsområde,  
medicinsk utbildning

Peltonen Juha, sjukhusfysiker, tekn.lic., HUS Diagnostikcentrum, radiologi

Perankoski Merja, röntgenskötare högre YH, Suomen Röntgenhoitajat ry

Sierpowska Joanna, sjukhusfysiker, fil.dr, SiunSote, radiologi

Suutari Juha, inspektör, Strålsäkerhetscentralen

Rekommendation om skydd av patient vid röntgenundersökning

STUK ANVISNINGAR. Helsinki. 32 s.

Pärmbild: Pasi Lepola, Päijänne-Tavastlands välfärdsområde

Övriga bilder: Siru Kaartinen, Norra Savolax välfärdsområde, radiologi

ISBN 978-952-309-596-0 (pdf)

ISSN 1799-9472

# Innehåll

<b>1</b>	Inledning	4
<b>2</b>	Allmänna principer för strålskärmning	6
2.1	Att beakta vid eventuell användning av strålskyddsutrustning	7
<b>3</b>	Modalitetsspecifika särdrag	8
3.1	Konventionella röntgenundersökningar	8
3.2	Datortomografiundersökningar	10
3.3	Bildstyrda åtgärder	12
3.4	Avbildning av munområdet	14
3.5	Mammografi	16
<b>4</b>	Undersökningsobjektens särdrag	17
4.1	Könskörtlar	17
4.2	Sköldkörtel	18
4.3	Bröst	19
4.4	Ögats lins	19
4.5	Foster	21
4.6	Barn	22
<b>5</b>	Sammandrag	23
5.1	Modalitetsspecifika rekommendationer	23
5.2	Undersökningsobjektsspecifika rekommendationer	24
	Referenser	25

**Denna rekommendation har utarbetats i samarbete med följande organisationer:**



# 1 Inledning

Extern strålskyddsutrustning har traditionellt använts vid avbildning med joniserande strålning för att skydda patientens strålningskänsliga vävnader, organ och foster.

**Med extern strålskyddsutrustning avses förkläden, västar eller andra skydd som man klär på sig och som är tillverkade av bly eller ett annat skyddande material.**

Avbildningsteknikernas utveckling har gjort att behovet av strålskyddsutrustning har minskat. Vetenskaplig forskning har också lett till att kunskaperna om vävnaders och organs strålningskänslighet har förbättrats [1]. Inom hälso- och sjukvårdsenheter ska användningen av strålskyddsutrustning baseras på aktuella vetenskapliga forskningsresultat och rekommendationer som utarbetats på basis av dem. Denna rekommendation baserar sig på en europeisk konsensus från 2022 om skydd av patienter vid röntgenundersökningar [1] samt andra vetenskapliga publikationer. Denna rekommendation tar inte ställning till strålskärmning för personal eller stödpersoner.

Symboler används i rekommendationen för att indikera behovet av extern strålskyddsutrustning i modaliteten eller undersökningsobjektet (tabell 1). **Rekommendationen bygger på antagandet att man har vidtagit alla metoder för att berättiga och optimerastrålskyddet (se kap. 2 och 3) innan man överväger att använda extern strålskyddsutrustning.** En grön symbol innebär att det finns väsentliga fördelar med att använda extern strålskyddsutrustning och att strålskyddsutrustning ska användas. En symbol med ett gult mönster innebär att det kan finnas väsentliga fördelar med att använda extern strålskyddsutrustning och att strålskyddsutrustning kan användas då vissa villkor uppfylls. En symbol med en röd tvärrand innebär att det inte finns några väsentliga fördelar med att använda extern strålskyddsutrustning och att strålskyddsutrustning inte behöver användas.

**TABELL 1.** Symboler.

Bedömning av fördelarna med att använda extern strålskyddsutrustning	Rekommendation om att använda extern strålskyddsutrustning	Symbol
Det finns väsentliga fördelar med att använda extern strålskyddsutrustning.	Extern strålskyddsutrustning ska användas	
Det kan finnas väsentliga fördelar med att använda extern strålskyddsutrustning i vissa fall.	Extern strålskyddsutrustning kan användas.	
Det finns inga väsentliga fördelar med att använda extern strålskyddsutrustning.	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	

Denna guide använder termen patient om en person som anlitar hälso- och sjukvårdstjänster eller i övrigt är föremål för dem. I stället för patient skulle man också kunna använda termen undersökningsperson eller klient.

Grund- och påbyggnadsutbildningen för den personal som deltar i användningen av strålning bör i fortsättningen också inkludera undervisning i användningen av strålskyddsutrustning oberoende av riktlinjerna för användning av skyddsutrustning. Personalen ska kunna välja rätt skyddsutrustning, placera den, förvara den samt utföra kvalitetssäkring ifall patienten behöver skyddas med strålskyddsutrustning. Utbildningen är också viktig eftersom stödpersoner och personal alltjämt använder strålskyddsutrustning.

## 2 Allmänna principer för strålskärmning

Behovet av att använda strålskyddsutrustning är starkt kopplat till strålningsrisken och till de tekniska egenskaperna hos den avbildningsmetod som används. När man bedömer behovet av att använda skärmning ska man fundera över fördelarna och nackdelarna med att använda extern strålskyddsutrustning [2–4]. Strålskärmar ska enligt Strålsäkerhetscentralens föreskrift S/4/2019 5 § användas om de väsentligt kan minska exponeringen av personen eller fostret och skärmarna inte försvårar genomförandet av undersökningen. Allmänt taget kan man konstatera att:

- Strålskyddsutrustning utanför bildfältet inte minskar strålningsexponeringen avsevärt.
- Strålskyddsutrustning i bildfältet kan äventyra genomförandet av undersökningen antingen tekniskt eller på grund av den täcker intresseområdet.

Tekniken som används för att producera och upptäcka röntgenstrålning samt metoderna som används för att skapa och behandla bilder har utvecklats avsevärt de senaste årtiondena. Det har gjort att det räcker med mindre strålning för att skapa en diagnostisk bild och att den extra fördel som strålskyddsutrustningen ger i de flesta undersökningar är försvinnande liten [2]. Förståelsen för strålningens effekter och risker har också ökat: den livslånga risken för cancer som till exempel en typisk konventionell röntgenundersökning orsakar är av klass 1:1 000 000 och risken som orsakas av en datortomografiundersökning är av klass 1:10 000 [5].

Extern strålskyddsutrustning erbjuder ett svagt skydd mot strålning som sprids inuti patientens kropp, och därför gör strålskyddsutrustning endast nytta nära strålfältet [6]. Då ökar också risken för att avbildningen misslyckas, eftersom strålskyddsutrustning som placeras fel kan kräva att avbildningen görs om, orsaka artefakter i bilden och störa apparatens dosautomatik. Risken för att strålskyddsutrustningen rör på sig kan dessutom vara större hos vissa specialgrupper (till exempel barn). **I stället för att använda strålskyddsutrustning bör man skydda strålningskänsliga organ och foster genom att fokusera på att avgränsa bilden effektivt. Apparatus dosautomatik, rätt avbildningsriktning och goda förberedelser av patienten inför undersökningen är också till stor nytta. Dessa metoder gör avsevärt mycket mer för att skydda patienten än vad det gör att använda extern strålskyddsutrustning.**

På grund av ovan nämnda faktorer uppnår man inga väsentliga fördelar genom att använda strålskyddsutrustning. Riktlinjerna i denna rekommendation skiljer sig till viss del från den skyddspraxis som såväl arbetstagarna som patienterna är vana vid. Det är oerhört viktigt att informera tillräckligt om grunderna för att minska användningen av skyddsutrustning eftersom användningen av strålskyddsutrustning kan öka patientens trygghetskänsla. Om man emellertid bedömer att undersökningen kommer att gå smidigare om man skyddar patienten och man inte uppnår samma resultat genom att motivera

att andra metoder är tillräckliga kan den som utför undersökningen baserat på sin egen bedömning använda skyddsutrustning om det inte äventyrar undersökningen.

## 2.1 Att beakta vid eventuell användning av strålskyddsutrustning

När man använder strålskyddsutrustning är det också bra att beakta omständigheter som inte är förknippade med stråldosen när man bedömer användningen av strålskärmar enligt ALARA-principerna.

Strålskyddsutrustning har visat sig vara en potentiell smittyta för patogener, så därför måste man reservera tillräckliga resurser för att förvara och rengöra den för att undvika infektionsrisker [8,9]. Man bör också uppmärksamma eventuellt blydamm som lossnar från skyddsutrustning som innehåller bly [10].

Strålskyddsutrustning, både med och utan bly, är relativt tung och man måste ofta sträcka sig lite för att placera den på patienten. Framför allt större strålskyddsutrustning kan upplevas som tung av såväl patienterna som personalen [11,12]. Det är bra att bedöma den försämrade arbetsergonomi som användningen av strålskyddsutrustning orsakar [13].

Man kan också bedöma nyttan med att använda strålskyddsutrustning ur ett ekonomiskt perspektiv. Strålskyddsutrustning slits och går sönder vid användning, så därför ska man kvalitetssäkra utrustningen regelbundet [14]. Själva införskaffningen av skyddsutrustning kräver en direkt ekonomisk investering, men det är också bra att beakta det arbete som yrkespersoner inom hälso- och sjukvården lägger på kvalitetskontroll och det utrymme som förvaringen kräver [15].

## 3 Modalitetsspecifika särdrag

Detta kapitel beskriver i detalj den inverkan som avbildningsmodaliteternas särdrag har på användningen av strålskyddsutrustning för patienten. Vid varje modalitet presenteras kortfattat grunderna för riktlinjerna för användning av skyddsutrustning. Andra metoder som kan användas för att minska patientens stråldos presenteras också kortfattat för varje modalitet.

Rekommendationen tar inte ställning till användningen av strålskyddsutrustning som hör till avbildningsapparaternas konfiguration. Vad gäller sådan skyddsutrustning ska användaren följa apparattillverkarens anvisningar om ändamålsenlig användning. Apparaternas bruksanvisning innehåller normalt sett anvisningar om hur strålskyddsutrustning i anslutning till apparaten ska användas.

### 3.1 Konventionella röntgenundersökningar

Konventionella röntgenundersökningar karaktäriseras av att strålningsexponeringen begränsas mycket noggrant till det använda avbildningsområdet. Utanför avbildningsområdet fortsätter strålningen som en spridning inuti patienten endast cirka 5 cm utanför avbildningsområdet. [16,17]. För att göra en konventionell röntgen med patientstrålskydd som har väsentliga fördelar krävs i praktiken att skyddsutrustningen används i själva avbildningsområdet. Användning av patientstrålskydd i avbildningsområdet rekommenderas dock inte:


- Dosautomatiken i apparater för konventionell röntgen mäter strålningen som går genom patienten och bryter strålningen när strålmängden i bildreceptorn uppnår målnivån. Om strålskyddsutrustningen dämpar mängden strålning som når exponeringsautomatiken blir resultatet en avsevärt högre stråldos och eventuellt en överexponerad bild av väsentliga områden.
- Bildbehandlingen spelar en viktig roll när det gäller att skapa den slutliga bilden vid konventionell röntgen. Standarden för automatiska bildbehandlingsalgoritmer är normalt sett en bild som innehåller anatomiska strukturer, vilket innebär att skyddsutrustning som kraftigt dämpar strålningen kan orsaka en felaktig bildbehandling. Felet går inte nödvändigtvis att rätta till med de verktyg som avbildningspersonalen har tillgång till.
- Strålskyddsutrustning i avbildningsområdet kan om den placeras fel täcka de strukturer som är av intresse och i värsta fall kräva en ny avbildning eller att ett eventuellt fynd inte upptäcks. Ett exempel på detta är en optimal placering av könskörtelskydd, vilket enligt en studie endast lyckades i 38 % av undersökningarna [18].

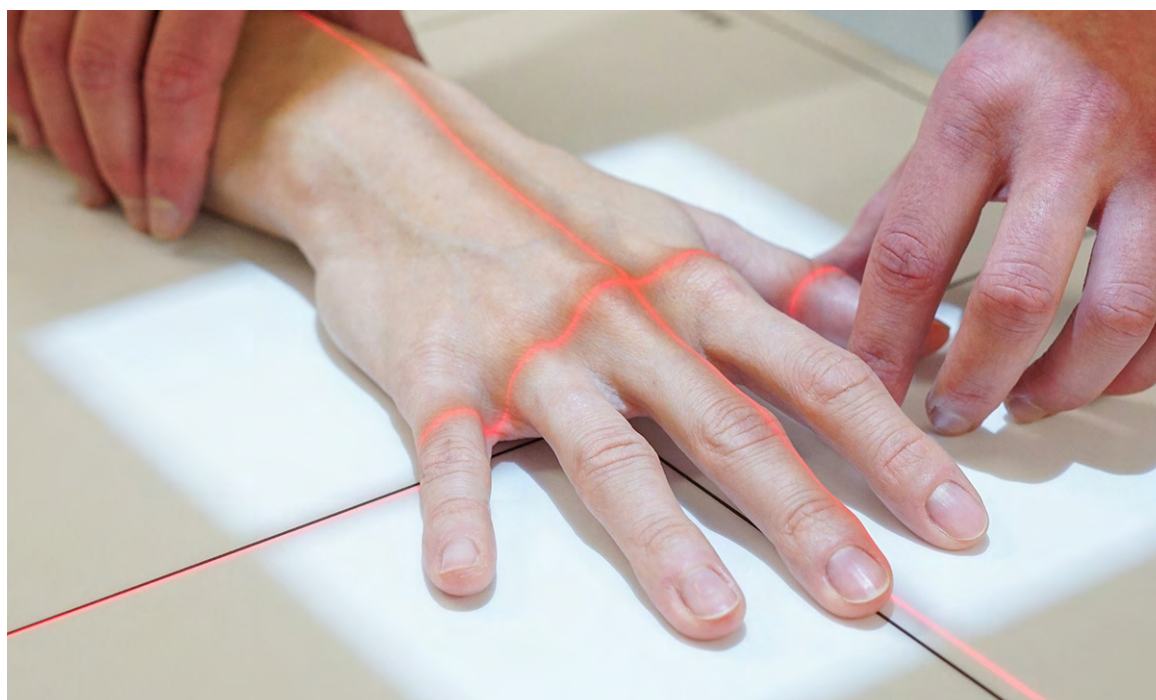


Genom att optimera de konventionella undersökningarna i stället för att använda strålskyddsutrustning kan man uppnå betydande fördelar:

- Avgränsningen av avbildningsområdet ska vara så liten som möjligt, eftersom storleken på patientens stråldos är proportionell mot bildfältets area. God kännedom om apparaten som används gör det lättare att göra exakta avgränsningar. Å andra sidan ska man inte använda alltför strikta avgränsningar i osäkra avbildningssituationer där man riskerar att behöva göra en ny avbildning.
- Direktdigitala bildreceptorer har ett avsevärt större dynamiskt område än den tidigare filmavbildningstekniken. Då kan man med rätt bildbehandling få fram kontrastskillnader mellan proportionellt sett mindre vävnader utan att det försämrar bildkvaliteten. I praktiken kan man använda detta för att beräkna dosen genom att använda en större rörspänning och kraftigare strålfiltrering än tidigare, speciellt vid avbildning av större objekt. Då minskar kraftigt den effekt som strålningsenergierna hos förhållandevis mer dämpande material har på dosen.
- I den mån det är möjligt ska man välja projekteringsriktningarna så att de organ som är känsligare för strålning hamnar utanför avbildningsområdet eller så att de vid avbildningen är på motsatt sida av kroppen från det håll som strålningen kommer från.

**TABELL 2.** När strålskyddet har optimerats på ovan beskrivna sätt kan man följa följande rekommendation vid konventionella röntgenundersökningar:

Modalitet	Rekommendation för skydd av patient	Symbol
Konventionell röntgen	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	



## 3.2 Datortomografiundersökningar

Flera faktorer påverkar dosen vid en datortomografiundersökning (DT), bland annat patientens placering, vilken bildkvalitet som krävs av undersökningen, avgränsningen av avbildningsområdet samt patientens storlek. Bildkvaliteten vid en DT-undersökning justeras ofta automatiskt med hänsyn till patientens storlek, vilket gör att de tekniska lösningar som påverkar bildkvaliteten och stråldosen är särskilt känsliga för extern strålskyddsutrustning. Den senaste tidens rekommendationer för datortomografi förordar inte användning av strålskyddsutrustning på patienter [1,19,20]. Den dosbesparing som strålskyddsutrustningen möjliggör är ofta oansenlig och en motsvarande dosbesparing kan uppnås med andra optimeringsmetoder [21,22]. Skyddsutrustning som placeras på patienten rekommenderas inte av följande skäl:

- Extern strålskyddsutrustning i avbildningsområdet kan minska den ytliga stråldosen på skyddsutrustningens sida, men strålningen som trängt igenom patienten dämpas, bildkvaliteten försämras och patientens totala dos kan stiga då dosautomatikens funktion störs [23].
- Strålskyddsutrustning kan utsätta patienten för en extra strålningsexponering på grund av att dosautomatiken störs, även om skyddsutrustningen placerats flera centimeter utanför avbildningsområdets gräns [24].
- Dubbel- och multienergiavbildningar kan ge felaktiga resultat vid användning av extern strålskyddsutrustning [23].


Vid en datortomografiundersökning får man ofta bästa resultat genom att använda apparaten optimalt. Genom att optimera DT-undersökningarna kan man uppnå betydande fördelar. Vid optimering av DT-protokoll är det bra att beakta:

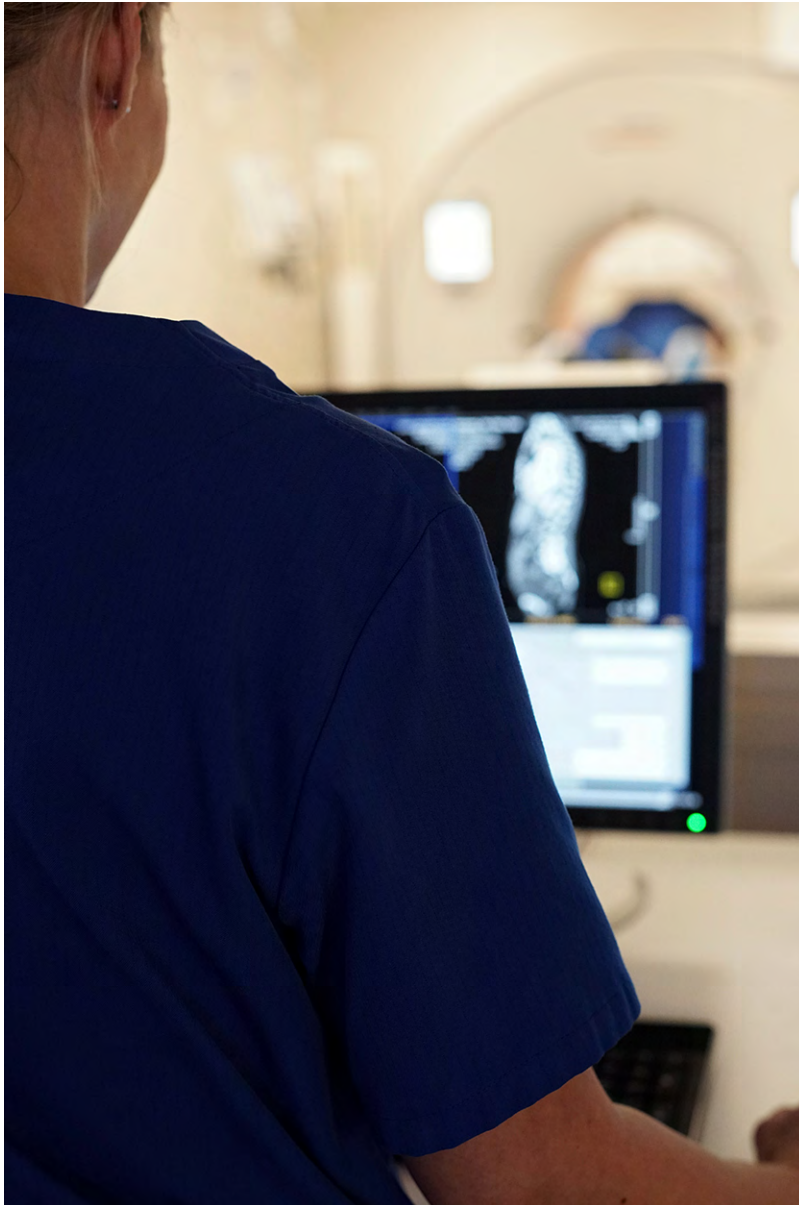
- En rörspänning (kV) som är lämplig för avbildningsindikationen och patientens storlek, modulering av rörströmmen, pitch, rotationstid och insprutning av kontrastmedel.
- En optimal expositionsfas vid synkrona avbildningar med beaktande av avbildningsindikationen.
- En optimal dosnivå och rekonstruktionsparametrar enligt den kliniska indikationen och tillgängliga apparattekniken.
- Modulering av organspecifik rörström för att minska stråldosen till strålningskänsliga organ i den mån det är möjligt.
- Extra filtrering vid avbildning av högkontrastobjekt.

Förutom tekniska metoder ska man också beakta viktiga faktorer i anknytning till förberedelse och avbildning av patienten:

- Endast det nödvändiga avbildningsområdet ska avbildas.
- Tydlig och bra information till patienten om avbildningens förlopp.
- Rätt centrering av patienten vertikalt och horisontalt.
- Lutning av gantry eller huvud enligt anvisningarna till exempel vid avbildning av huvudet för att minska stråldosen till ögats lins.

**TABELL 3.** När strålskyddet har optimerats på ovan beskrivna sätt kan man följa följande rekommendation vid DT-undersökningar:

Modalitet	Rekommendation	Symbol
Datortomografi	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	



### 3.3 Bildstyrda åtgärder

Bildstyrda åtgärder avser alla åtgärder som utförs med hjälp av avbildning för att antingen diagnostisera eller behandla sjukdomar och skador. De kan utföras med en fast monterad eller mobil C-båge eller andra motsvarande apparater. Bildstyrda åtgärder kan utföras på radiologiavdelningen eller på en enhet utanför radiologiavdelningen, till exempel en kardiologienhet eller operationsavdelning. Det som skiljer bildstyrda åtgärder från andra modaliteter är att personalen också är med patienten i avbildningsrummet medan strålningen används. Därmed ska både patientens och arbetstagarnas strålsäkerhet beaktas. Personalens dos är direkt proportionell mot patientens dos [25,26] och nästan alla metoder som används för att minska patientens dos minskar också personalens exponering. Denna rekommendation tar inte ställning till strålskärning för personal, utan endast för patienten. Eftersom dessa saker ofta är kopplade till varandra rekommenderas ett nära samarbete med sjukhusfysikern. Man ska också notera att liknande rekommendationer tillämpas vid DT-styrda åtgärder som vid DT-avbildning i övrigt.

Strålskyddsutrustning som placeras på eller under patienten för att skydda patienten rekommenderas inte av följande skäl:


- C-bågen har ofta automatisk justering av avbildningsvärdena (bland annat spänning, rörström och tid) (automatic brightness control, ABC). Den kopplar ihop röntgenröret med bildreceptorn så att röntgenrörets strålningsproduktion justeras i realtid baserat på objektets genomtränglighet. På så sätt säkerställer man den diagnostiska bildkvaliteten [2]. Apparaterna höjer avbildningsvärdena vid en hög genomträngningstjocklek, till exempel när bildfältet flyttas från lungan till ryggraden eller när projektionen är skarp. Om strålskyddsutrustningen hamnar i bildfältet tolkar apparaten den som en tät punkt och höjer avbildningsvärdena. Det leder till att patientens dos ofta stiger i stället för att patienten skyddas. Det är värt att notera att storleken på doshöjningen beror på apparat och fall (det beror till exempel på vilken typ av program som används, vilken mätkammare i ABC som används vid undersökningen eller till och med hur gammal apparaten är) och därför det oerhört viktigt att ha god kunskap om apparaten.
- Alla apparater har inte nödvändigtvis ABC-justering. I sådana apparater stiger inte dosen när strålskyddsutrustningen är i bildfältet, men bildkvaliteten försämras. Allmänt taget kan man säga att strålskyddsutrustning i bildfältet försämrar bildkvaliteten. Synligheten av vävnaden som täcks av skyddsutrustningen försämras och är ofta icke-diagnostisk. Dosen som den får kan emellertid vara större än om vävnaden avgränsas helt från strålfältet. Strålskyddsutrustning i bildfältet kan dessutom sakta ner åtgärdens förlopp och i värsta fall förlänga genomlysningstiden.
- Vid en åtgärd som utförs med C-båge kan apparatens position och det strålade området variera snabbt under åtgärdens gång. Studier har visat att skyddsutrustning är som effektivast om den placeras högst 5 cm utanför bildfältet [16]. Dessa två omständigheter kan göra det svårt att placera skyddsutrustningen så att den inte begränsar C-bågens rörelser och projektion. I värsta fall måste man flytta på skyddsutrustningen, vilket kan förlänga tiden som åtgärden tar och även genomlysningstiden.
- Skyddsutrustning i bildfältet kan skada efterbehandlingen av bilden.

Patientens exponering utanför strålfältet kommer huvudsakligen från spridning inuti kroppen [27]. För att minimera patientens stråldos ska man i första hand välja bland annat följande metoder:

- Avgränsa strålfältet enligt objektet.
- Välja genomlysning i stället för bildserier.
- Välja en stor fältstorlek och använda kollimator i stället för förstoring. Om man ändå behöver använda förstoring ska man välja digital zoom i stället för traditionell zoom.
- Välja en låg pulshastighet (eller högre pulshastighet, men ställa in en låg dos per puls).
- Undvika att luta C-bågen för mycket [28].
- Välja rätt typ av avbildningsgeometri: hålla detektorn nära patienten och röntgenröret så långt bort som möjligt.
- Minimera genomlysnings- och avbildnings(cine)tiden.

Apparaterna utvecklas dock snabbt och de avancerade egenskaperna kan minska patientens exponering för strålning. Användning av till exempel traditionell förstoring kan höja patientens huddos mindre än man tror. God kännedom om apparaten gör det lättare att optimera undersökningen och skydda patienten. Programmen som används för att visualisera stentar förbättrar stentarnas synlighet, speciellt hos obesa patienter. Olika bildfusionsprogram gör det möjligt att utföra en virtuell angiografi med mindre strålning och kontrastmedel [29].

**TABELL 4.** När strålskyddet har optimerats på ovan beskrivna sätt kan man följa följande rekommendation vid bildstyrda åtgärder:

Modalitet	Rekommendation	Symbol
Bildstyrda åtgärder	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas för att skydda <b>patienten</b> .	

### 3.4 Avbildning av munområdet




Vid avbildning av munområdet är dosen vid varje enskild avbildning liten och består huvudsakligen av en organspecifik dos för sköldkörteln. När man använder skyddsutrustning vid avbildningen ska man fokusera på att skydda sköldkörteln så att skärmningen har en väsentlig effekt. Användningen av strålskyddsutrustning brukar dock inte ha några väsentliga fördelar för patientens stråldos utan att äventyra undersökningen. Användning av skyddsutrustning speciellt vid avbildning av munområdet rekommenderas inte eftersom:

- Patientens strålskyddsutrustning vid panoramatografi, kefalometri och odontologisk volymstomografi (Cone Beam Computed Tomography, CBCT) utgör en risk för att avbildningen misslyckas, bildkvaliteten är otillräcklig och att en ny avbildning behöver göras.
- Vid intraoral avbildning beror den effektiva dosen för patienten som ska avbildas till stor del på projektionen som ska avbildas. En studie som gjordes med ett antropomorfiskt testobjekt konstaterade att en effektiv dos för en projektion hos vuxna är 0,1–2,6  $\mu\text{Sv}$  [30]. Den största effektiva dosen uppstår vid ocklusal projektion, där strålningen riktas direkt mot sköldkörteln. Den effektiva dosen vid ocklusal projektion kan enligt studien vara 2,22  $\mu\text{Sv}$  [31] hos personer under 18 år. Dosen vid projektioner som riktas direkt mot sköldkörteln kan proportionerligt minskas avsevärt genom att använda ett sköldkörtelskydd, men vid andra projektioner har skyddet liten effekt [32]. Som helhet är den absoluta dosminskning som uppnås med ett sköldkörtelskydd dock inte betydande, då den motsvarar den omgivande bakgrundsstrålningen under mindre än ett dygn.
- Förutom strålskyddsutrustning av allmän modell finns det även olika typer av anatomiskt utformad strålskyddsutrustning som till exempel vid kefalometrisk avbildning kan placeras som skydd för patientens sköldkörtel och hjärna så att den inte täcker väsentliga strukturer [33]. Placeringen av sådan skyddsutrustning kräver dock avsevärd noggrannhet för att uppnå en betydande skyddande effekt. Användningen av anatomisk skyddsutrustning minskar inte strålningsexponeringen väsentligen i sin helhet.
- Vid avbildningsundersökning av munområdet på gravida patienter är fostrets exponering för strålning mycket liten. Baserat på forskning kan man minska denna dos ytterligare genom att skydda den gravida patientens underliv med strålskyddsutrustning, men skärmningens effekt på strålningsrisken som helhet är negligerbart liten [34].
- Vid odontologisk volymstomografi (CBCT) kan användningen av strålskyddsutrustning i sköldkörtelområdet beroende på undersökning sänka patientens stråldos avsevärt då det direkta strålfältet träffar sköldkörtelområdet, men det orsakar samtidigt en betydande risk för en försämrad bildkvalitet då den ligger i bildfältet [35–37]. Vid CBCT-avbildning ska man begränsa patientens stråldos genom att avgränsa bildfältet så att sköldkörteln hamnar utanför bildfältet. Då uppnår man inga väsentliga fördelar med extern strålskyddsutrustning för patienten [38]. När man använder apparater med automatisk dosjustering orsakar patientens strålskyddsutrustning en avsevärt ökad risk för fel i automatikens funktion [39]. Risken för en försämrad bildkvalitet och fel på apparaten häver potentiellt den nytta som man uppnår genom att använda strålskyddsutrustning för patienten.


Man kan minska patientens stråldos effektivt vid avbildning av munområdet genom att optimera avbildningen:

- Genom att noggrant avgränsa avbildningsområdet kan man påverka patientens stråldos avsevärt med alla avbildningsmodaliteter avsedda för avbildning av munområdet. Användning av en rektangulär kollimator i intraoralapparater rekommenderas vid avbildning av munområdet. Med panoramatomografiapparater, kefalometriska apparater och CBCT-apparater ska man avgränsa avbildningsområdet så att det blir så litet som det är praktiskt möjligt [40–42].
- Avbildningsinställningarna ska optimeras enligt avbildningsobjektet. Den automatiska dosjusteringen i moderna apparater hjälper användaren att optimera avbildningen.
- Olika redskap som används för att underlätta placeringen av patienten vid avbildning av munområdet minskar behovet av nya bilder och därmed patientens stråldos.

**TABELL 5.** När strålskyddet har optimerats på ovan beskrivna sätt kan man följa följande modalitetsspecifika rekommendationer vid avbildning av munområdet:

Modalitet	Rekommendation	Symbol
Intraoral avbildning	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Panoramatomografi	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Kefalometri	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	




Odontologisk volymstomografi (CBCT)	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
-------------------------------------	---	---

### 3.5 Mammografi

Vid en mammografiundersökning riktas strålningens primärfält endast mot det bröst som ska avbildas, så därför kan man inte använda extern strålskyddsutrustning för att minska bröstens stråldos. På grund av den låga spänning som används vid mammografiundersökning och det tunna avbildningsobjektet är den spridda strålningen mycket liten [43]. Om strålskyddsutrustning placeras nära bildfältet är risken för artefakter eller att avbildningen misslyckas (till exempel på grund av en alltför stor stråldos) mycket större än de fördelar som en eventuell dosbesparing ger. Strålningen mot andra strålningskänsliga vävnader (bland annat ögats lins, sköldkörteln, spottkörtlarna, benmärgen) är mycket liten eller obefintlig vid mammografiundersökning som görs med moderna apparater. Strålningen mot andra organ kommer främst från strålning som sprids inuti kroppen via bröstet [20,44].

I stället för externa strålskärmar bör man vid mammografi optimera undersökningen genom att förbereda patienten och avbildningsobjektet på det sätt som projektionen kräver [45] samt optimera avbildningsparametrarna enligt avbildningsobjektet.

**TABELL 6.** När strålskyddet har optimerats på ovan beskrivna sätt kan man följa följande rekommendation vid mammografi:

Modalitet	Rekommendation	Symbol
Mammografi	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	



## 4 Undersökningsobjektens särdrag

Forskningsrönen om olika organs, vävnaders och undersökningsobjekts strålningskänslighet preciseras ständigt. I detta kapitel har vi kortfattat gått igenom den kända strålningskänsligheten hos väsentliga undersökningsobjekt och baserat på det på ett allmänt plan bedömt behovet av att använda särskild strålskyddsutrustning.

### 4.1 Könskörtlar

Könskörtlarna, dvs. gonaderna, är äggstockarna och testiklarna som hör till de inresekretoriska körtlarna. Tidigare trodde man att könskörtlarna är den del av människokroppen som är viktigast att skydda mot strålning, men man har inte upptäckt några genetiska effekter av strålningen i senare studier på människan. År 2007 sänkte därför den internationella strålskyddskommissionen ICRP den viktkoefficient som används för att beräkna den effektiva dosen för könskörtelvävnad från tidigare 0,2 till nuvarande 0,08 [46]. Vid stråldoser som normalt sett används vid medicinsk avbildning betraktas de ärftliga effekterna av könskörtlarnas stråldos som obetydliga.


Den minskade strålrisk för könskörtlar utanför avbildningsområdet som uppnås med strålskyddsutrustning är obetydlig oberoende av ålder. Könskörtlarnas stråldos ackumuleras främst från spridningen inuti patientens kropp, som man inte kan minska med hjälp av extern skyddsutrustning. Skyddsutrustningen kan till och med orsaka problem om den hamnar innanför avbildningsområdet på grund av ett avgränsningsfel eller för att patienten rör på sig [2,46,47].

Det är inte motiverat att använda strålskärmar när könskörtlarna är i bildfältet, eftersom de eventuella nackdelarna är större än fördelarna med ett rätt placerat skydd. Det är svårt att placera skyddet så att man minskar dosen avsevärt kring könskörtlarna, speciellt när man ska skydda äggstockarna [48,49].

Strålskyddsutrustning som placeras i bildfältet kan täcka de anatomiska områden som är föremål för undersökningen och störa apparatens dosautomatik. I takt med att tekniken utvecklas och den totala dosen minskar är det inte längre motiverat att skydda könskörtlarna hos vuxna eller ens barn på grund av de eventuella biverkningarna [47,50].

De eventuella fördelar [51] som man uppnår med skydden vid en DT-undersökning är också liten jämfört med andra tillgängliga optimeringstekniker (till exempel att avgränsa könskörtlarna utanför avbildningsområdet). Om skydden hamnar i avbildningsområdets direkta närhet riskerar man metallartefakter samt en ökad total dos, då funktionen hos apparatens dosautomatik störs [52].

**TABELL 7.** Med beaktande av undersökningsobjektets särdrag kan man följa följande rekommendation för könskörtlar:

Undersökningsobjekt	Rekommendation	Symbol
Könskörtlar	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	

## 4.2 Sköldkörtel


För att skydda sköldkörteln har man traditionellt sett använt ett sköldkörtelskydd speciellt vid intraoral avbildning. Cancerrisken vid avbildning av munområdet är dock inte större än vid andra röntgenavbildningar [53].

Som motivering för att använda skydd speciellt vid avbildning av munområdet har man framfört stora avbildningsmängder och att ett korrekt placerat sköldkörtelskydd proportionerligt sett kan minska sköldkörteldosen avsevärt [40,54,55]. Den absoluta dosen från en enskild bild är dock försvinnande liten jämfört med den allmänna patientdosen vid röntgenavbildning [30]. Det är svårt att placera skyddet i primärfältet så att det täcker objektet men inte de anatomiska områden som ska undersökas [33]. Ett skydd i bildområdet kan dessutom skada exponeringsautomatikens funktion och bildbearbetningen. Det är inte motiverat att använda ett sköldkörtelskydd i bildfältområdet.

När sköldkörteln inte är i bildområdet är sköldkörtelskyddets minimerande effekt på stråldosen minimal och skyddet ger inga väsentliga fördelar vad gäller patientens strålningsexponering [33]. Risken är då emellertid att skyddet hamnar i avbildningsområdet av misstag, vilket kan försämra bildkvaliteten eller till och med höja den totala strålningsdosen.

Den effektiva dosen för patienten som ska avbildas beror till stor del på projektionen som ska avbildas och på optimeringen. Genom noggrann placering av röntgenröret och detektorn kan man minska sköldkörtelns stråldos avsevärt även utan att använda skydd. Optimeringsmetoderna listas i kapitel 3.4 ovan.

**TABELL 8.** Med beaktande av undersökningsobjektets särdrag kan man följa följande rekommendation för sköldkörteln:


Undersökningsobjekt	Rekommendation	Symbol
Sköldkörteln	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	

### 4.3 Bröst

Bröstkörtelvävnaden är oerhört känslig för strålning speciellt hos personer under 30 år och ammande[1,56]. För att bröstet ska skyddas effektivt ska skyddsutrustningen täcka bröstets yta helt. När skyddet är innanför avbildningsområdet kan det emellertid försämra bildkvaliteten och göra att nya bilder måste tas. Dosautomatiken kan också höja den totala dosen, vilket gör att den skyddande effekten hos strålskyddsutrustningen som används för bröstet försämras och stråldosen till strålningskänsliga organ (lungor och hjärta) nära bröstet ökar [46]. En stråldos utanför avbildningsområdet har rapporterats bero främst på spridning inuti patientens kropp och den skyddande effekten hos bröstets strålskyddsutrustning har rapporterats vara minimal [57,58].

För att minska stråldosen till bröstet har man traditionellt sett använt PA-projektion i stället för AP-projektion vid röntgen av lungorna. Det är bra praxis, eftersom bröstkörtelvävnaden är längre bort från röntgenröret vid PA-projektion än vid AP-projektion. Genom att välja projekteringsriktning kan man avsevärt minska stråldosen som absorberas i vävnaden [59]. Samma princip kan också tillämpas på DT-apparatens layoutbilder. DT-apparaterna har den senaste tiden även fått andra optimeringsmetoder för att minska dosen till bröstet (till exempel modulering av rörströmmen) och de bör alltid utnyttjas i den mån det är möjligt. När man ska använda mer avancerade optimeringsmetoder bör man alltid konsultera sjukhusfysikern.

**TABELL 9.** Med beaktande av undersökningsobjektets särdrag kan man följa följande rekommendation för bröstet:

Undersökningsobjekt	Rekommendation	Symbol
Bröst	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	

### 4.4 Ögats lins

Strålning i ögats lins ökar till skillnad från vad fallet är för övriga vävnader inte risken för cancer, utan risken för starr och grumling av linsen. Enligt de senaste forskningsrönen har ögats lins en lägre tröskel för strålningsskador och man har också sänkt det nuvarande gränsvärdet från ICRP till 500 mGy [60]. Det finns också studier som visar att starr kan uppstå redan vid lägre doser stokastiskt utan ett bestämt gränsvärde i stället för ett deterministiskt gränsvärde [61–63].

Det bästa sättet att minimera stråldosen till ögats lins vid konventionella röntgenavbildningar är att avgränsa fältet optimalt och använda PA-projektion. Det är också god praxis att vänta bort ansiktet från primärstrålningen i den mån det är möjligt.


Upprepade DT-undersökningar exponerar ögats lins för eventuellt stora stråldoser. Vid enskilda DT-undersökningar kan dosen till ögats lins vid undersökningar av huvudet vara 1–130 mGy, beroende på vilket protokoll och vilken typ av apparat som används [64,65]. Vid

DT-undersökningar av bröstkorgen är dosen till ögats lins cirka 0,06 mGy [66]. Vid DT-undersökningar kan externa skydd som används för att skydda linsen minska dosen till ögats lins, men samtidigt försämra bildkvaliteten [67,68]. Vid DT-undersökningar är andra metoder för att optimera strålningen (avgränsning av avbildningsområdet, rätt centrering av patienten, lutning av gantry, patientens placering, rörströmsmodulering, lämpliga rekonstruktionsalgoritmer) effektivare för att minimera linsdosen utan de skador som externa skydd orsakar [69,70].

Vid interventionell radiologi kan dosen till ögats lins vid ingrepp i huvudet vara 500–1500 mGy, till stor del beroende på vilket ingrepp som görs [71]. Optimering av den använda vinkeln och avgränsningen av fältet samt minimering av den tid som strålningen är på är viktiga optimeringsmetoder.

Vid tandröntgenavbildningar varierar doserna till ögats lins mellan 0,02–0,2 mGy beroende på avbildningsmodalitet [72–74]. I de flesta undersökningar går det inte att skydda ögats lins med externa skydd utan att täcka för de objekt som är föremål för undersökningen.

**TABELL 10.** Med beaktande av undersökningsobjektets särdrag kan man följa följande rekommendation för ögats lins:

Undersökningsobjekt	Rekommendation	Symbol
Ögats lins	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	



## 4.5 Foster

Tröskelvärde för direkta fosterskador har normalt sett bedömts som märkbart större än den genomsnittliga dos som fostret utsätts för vid avbildningsundersökningar [6]. Man har bedömt att doser på under 100 mGy utgör en låg eller mycket låg risk för fostret [75–77]. Tabell 11 listar doserna för foster i typiska undersökningar. Doserna är, med undantag för trauma-DT, alla klart under 10 mGy. På grund av strålningens slumpeffekt och eventuella risk för cancer är det dock nödvändigt att undvika fosterdoser. Effekternas sannolikhet är kopplad till fostrets utvecklingsstadium [75]. Metoderna för att minimera fostrets dos är desamma som med de aktuella modaliteterna för att skydda patienten även i övrigt [se kap. 2].

**TABELL 11.** Dosbedömningar för fostre exponering vid typiska avbildningsundersökningar.


Undersökning	Fostrets dos (mGy)	Referens
Konventionella röntgenundersökningar av mage och bäcken	0,001–4	[75,78]
Andra konventionella röntgenundersökningar än dem av mage och bäcken	< 0,003	[82]
Avbildning av munområdet	0,0001–0,007	[34,69]
Mammografi	< 0,01	[45,86]
DT-undersökningar av lungor	0,1–1	[79]
DT-undersökningar av mage och bäcken	1–6	[79,80]
Trauma-DT	10–100	[79,81]
Bildstyrda åtgärder där fostret inte är direkt i bildfältet	<1	[83–85]

Det är nästintill omöjligt att skydda fostret med skydd som placeras ovanpå kroppen. Enligt forskning har användning av extern strålskyddsutrustning begränsad nytta för att minimera fostrets stråldos, då merparten av den stråldos till fostret som orsakas vid avbildning av annat än magen eller bäckenet orsakas av spridd strålning inuti patienten [69].

Om strålningen ska riktas nära magen eller bäckenet vid undersökningen strävar man efter att skjuta upp avbildningen av den gravida personen till ett senare tillfälle eller ersätta den med en undersökning som inte orsakar någon strålningsexponering [87]. En berättigandebedömning gjord av den remitterande läkaren har en viktig roll vid undersökningar som exponerar fostret för strålning. Om en undersökning som använder

joniserande strålning däremot anses nödvändig ska man vidta alla möjliga åtgärder för att minska fostrets dos (avgränsa bildfältet, patientens placering, minimera antalet bilder).

**TABELL 12.** Med beaktande av undersökningsobjektets särdrag kan man följa följande rekommendation för foster:

Undersökningsobjekt	Rekommendation	Symbol
Foster	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	

## 4.6 Barn


Samma rekommendationer för användning av strålskyddsutrustning kan användas för barn som för vuxna.

Särskilda krav har ställts på optimering av de avbildningsundersökningar av barn som använder joniserande strålning eftersom barn är mer strålningskänsliga än vuxna. Barnens större känslighet för strålning beror framför allt på tre faktorer [88]:

- Den kraftigare fördelningen av celler jämfört med vuxna gör dem känsligare bland annat för förändringar på cellnivå orsakade av strålning.
- Den långa förväntade livslängden ökar sannolikheten för statistiska biverkningar av strålning.
- Strålningskänsliga inre organ ligger i genomsnitt närmare huden hos barn än hos vuxna, vilket gör att strålningen inte dämpas lika mycket i vävnaden innan den träffar de inre organen.

Som helhet förändrar dock barnens högre strålningskänslighet inte läget för någon avbildningsmodalitet eller organ så att användningen av strålskyddsutrustning skulle ge några väsentligt andra fördelar än hos vuxna [46,89].









**TABELL 13.** Med beaktande av undersökningsobjektets särdrag kan man följa följande rekommendation för barn:

Undersökningsobjekt	Rekommendation	Symbol
Barn	Skyddas på samma sätt som vuxna. Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	

## 5 Sammandrag

### 5.1 Modalitetsspecifika rekommendationer

**TABELL 14.** När strålskyddet har optimerats på ovan beskrivna sätt kan man följa följande modalitetsspecifika rekommendationer:

Modalitet	Rekommendation	Symbol
<b>Allmän radiologi</b>		
Konventionell röntgen	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Datortomografi	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Bildstyrda åtgärder	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas för att skydda <b>patienten</b> .	
Mammografi	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
<b>Avbildning av munområdet</b>		
Intraoral avbildning	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Panoramatomografi	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Kefalometri	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Odontologisk volymstomografi (CBCT)	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	

## 5.2 Undersökningsobjektsspecifika rekommendationer

**TABELL 15.** När strålskyddet har optimerats på ovan beskrivna sätt kan man följa följande undersökningsobjektsspecifika rekommendationer:

Undersökningsobjekt	Rekommendation	Symbol
Könskörtlar	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Sköldkörteln	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Bröst	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Ögats lins	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Barn	Skyddas på samma sätt som vuxna. Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	
Foster	Extern strålskyddsutrustning behöver inte användas.	



# Referenser

1. Hiles P, Gilligan P, Damilakis J et al. European consensus on patient contact shielding. *Radiography* 2022;28:353–9.
2. Marsh RM, Silosky M. Patient Shielding in Diagnostic Imaging: Discontinuing a Legacy Practice. *American Journal of Roentgenology* 2019;212:755–7.
3. Karami V, Zabihzadeh M, Shams N et al. Gonad Shielding during Pelvic Radiography: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Iran Med* 2017;20:113–23.
4. Kaplan SL, Magill D, Felice MA et al. Female gonadal shielding with automatic exposure control increases radiation risks. *Pediatr Radiol* 2018;48:227–34.
5. Martin CJ. Effective dose: how should it be applied to medical exposures? *Br J Radiol* 2007;80:639–47.
6. AAPM. AAPM Position Statement on the Use of Patient Gonadal and Fetal Shielding PP 32-A. 2019.
7. Lee MC, Lloyd J, Solomito MJ. Poor Utility of Gonadal Shielding for Pediatric Pelvic Radiographs. *Orthopedics* 2017;40, DOI: 10.3928/01477447-20170418-03.
8. Balter S, Rodriguez MA, Pike JA et al. Microbial Contamination Risk and Disinfection of Radiation Protective Garments. *Health Phys* 2021;120:123–30.
9. Jaber M, Harvill M, Qiao E. Lead aprons worn by interventional radiologists contain pathogenic organisms including MRSA and tinea species. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2014;25:S99–100.
10. Manocchio F, Ni T, Pron G et al. Lead-Dust Contamination on Radiation Protection Apparel. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2023;34:563–7.
11. Iball GR, Brettle DS. Use of lead shielding on pregnant patients undergoing CT scans: Results of an international survey. *Radiography* 2011;17:102–8.
12. Iball GR, Brettle DS. Patient and radiographer perspectives of two lead shielding devices for foetal dose reduction in CT scanning. *Radiography* 2011;17:297–303.

13. Siewert B, Brook OR, Mullins MM et al. Practice Policy and Quality Initiatives: Strategies for Optimizing Staff Safety in a Radiology Department. *RadioGraphics* 2013;33:245–61.
14. Kellens P-J, De Hauwere A, Gossye T et al. Integrity of personal radiation protective equipment (PRPE): a 4-year longitudinal follow-up study. *Insights Imaging* 2022;13:183.
15. Rahul G. Radiation Protection Apparels Market Research Report., 2023.
16. ICRP Publication 121: Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology. *Ann ICRP* 2013;42:1–63.
17. ICRP Publication 34: Protection of the Patient in Diagnostic Radiology. *Ann ICRP* 1982;9:1–91.
18. FAWCETT SL, BARTER SJ. The use of gonad shielding in paediatric hip and pelvis radiographs. *Br J Radiol* 2009;82:363–70.
19. Samara ET, Saltybaeva N, Sans Merce M et al. Systematic literature review on the benefit of patient protection shielding during medical X-ray imaging: Towards a discontinuation of the current practice. *Physica Medica* 2022;94:102–9.
20. Hiles P, Benson E, Hughes H et al. Guidance on Using Shielding on Patient (the British Institute of Radiology). London, 2020.
21. Yu L, Bruesewitz MR, Vrieze TJ et al. Lead Shielding in Pediatric Chest CT: Effect of Apron Placement Outside the Scan Volume on Radiation Dose Reduction. *American Journal of Roentgenology* 2019;212:151–6.
22. Wang J, Duan X, Christner JA et al. Radiation dose reduction to the breast in thoracic CT: Comparison of bismuth shielding, organ-based tube current modulation, and use of a globally decreased tube current. *Med Phys* 2011;38:6084–92.
23. AAPM. AAPM Position Statement on the Use of Bismuth Shielding for the Purpose of Dose Reduction in CT scanning. 2012.
24. Rautiainen J, Juntunen MAK, Kotiaho AO. The effect of out-of-plane patient shielding on ct radiation exposure and tube current modulations: a phantom study across three vendors. *Radiat Prot Dosimetry* 2022;198:229–37.
25. IAEA. 10 Pearls: Radiation Protection of Staff in Fluoroscopy.
26. IAEA. Radiation protection of medical staff in interventional procedures.

27. Phelps AS, Gould RG, Courtier JL et al. How Much Does Lead Shielding during Fluoroscopy Reduce Radiation Dose to Out-of-Field Body Parts? *J Med Imaging Radiat Sci* 2016;47:171–7.
28. Järvinen H (toim.). Säteilyn käytön turvallisuus kardiologiassa. STUK opastaa. Säteilyturvakeskus, 2018.
29. Fresse-Warin K, Plessis J, Benelhadj H et al. Impact of fused computed tomography and fluoroscopy in the catheterization laboratory. *Arch Cardiovasc Dis* 2018;111:449–55.
30. Granlund C, Thilander-Klang A, Ylhan B et al. Absorbed organ and effective doses from digital intra-oral and panoramic radiography applying the ICRP 103 recommendations for effective dose estimations. *Br J Radiol* 2016;89:20151052.
31. Schüler IM, Hennig C-L, Buschek R et al. Radiation Exposure and Frequency of Dental, Bitewing and Occlusal Radiographs in Children and Adolescents. *J Pers Med* 2023;13:692.
32. Hoogeveen RC, Hazenoot B, Sanderink GCH et al. The value of thyroid shielding in intraoral radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2016;45:20150407.
33. Hoogeveen RC, Rottke D, van der Stelt PF et al. Dose reduction in orthodontic lateral cephalography: dosimetric evaluation of a novel cephalographic thyroid protector (CTP) and anatomical cranial collimation (ACC). *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44:20140260.
34. Kellaranta A, Ekholm M, Toroi P et al. Radiation exposure to foetus and breasts from dental X-ray examinations: effect of lead shields. *Dentomaxillofacial Radiology* 2016;45:20150095.
35. Goren A, Prins R, Dauer L et al. Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofacial Radiology* 2013;42:20120260.
36. Hidalgo A, Davies J, Horner K et al. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom. *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44:20140285.
37. Vogiatzi T, Menz R, Verna C et al. Effect of field of view (FOV) positioning and shielding on radiation dose in paediatric CBCT. *Dentomaxillofacial Radiology* 2022;51, DOI: 10.1259/dmfr.20210316.
38. Kaasalainen T, Ekholm M, Siiskonen T et al. Dental cone beam CT: An updated review. *Physica Medica* 2021;88:193–217.

39. Pauwels R, Horner K, Vassileva J et al. Thyroid shielding in cone beam computed tomography: recommendations towards appropriate use. *Dentomaxillofacial Radiology* 2019;48:20190014.
40. Rush ER, Thompson NA. Dental radiography technique and equipment: How they influence the radiation dose received at the level of the thyroid gland. *Radiography* 2007;13:214–20.
41. Van Acker JWG, Pauwels NS, Cauwels RGEC et al. Outcomes of different radioprotective precautions in children undergoing dental radiography: a systematic review. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2020;21:463–508.
42. Johnson KB, Ludlow JB. Intraoral radiographs. *The Journal of the American Dental Association* 2020;151:726–34.
43. Sechopoulos I, Suryanarayanan S, Vedantham S et al. Radiation Dose to Organs and Tissues from Mammography: Monte Carlo and Phantom Study. *Radiology* 2008;246:434–43.
44. Candela-Juan C, Ciraj-Bjelac O, Sans Merce M et al. Use of out-of-field contact shielding on patients in medical imaging: A review of current guidelines, recommendations and legislative documents. *Physica Medica* 2021;86:44–56.
45. Kalliomäki H, Soikkeli H eds. *Mammografian Kuvausopas* 2021. Suomen röntgenhoitajaliitto ry., 2021.
46. ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 2007;37.
47. Jeukens CRLPN, Kütterer G, Kicken PJ et al. Gonad shielding in pelvic radiography: modern optimised X-ray systems might allow its discontinuation. *Insights Imaging* 2020;11:15.
48. Fawcett SL, Gomez AC, Barter SJ et al. More harm than good? The anatomy of misguided shielding of the ovaries. *Br J Radiol* 2012;85:e442–7.
49. Yoneda A, Fujii H, Tanaka Y. Location of the ovaries in children and efficacy of gonadal shielding in hip and pelvis radiography. *Journal of Orthopaedic Science* 2022, DOI: 10.1016/j.jos.2022.07.012.
50. Frantzen MJ, Robben S, Postma AA et al. Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: disadvantages prevail over benefit. *Insights Imaging* 2012;3:23–32.

51. Dauer LT, Casciotta KA, Erdi YE et al. Radiation dose reduction at a price: the effectiveness of a male gonadal shield during helical CT scans. *BMC Med Imaging* 2007;7:5.
52. Begano D, Söderberg M, Bolejko A. To use or not use patient shielding on pregnant women undergoing ct pulmonary angiography: a phantom study. *Radiat Prot Dosimetry* 2020;189:458–65.
53. Han MA, Kim JH. Diagnostic X-Ray Exposure and Thyroid Cancer Risk: Systematic Review and Meta-Analysis. *Thyroid* 2018;28:220–8.
54. Qu X, Li G, Sanderink G et al. Dose reduction of cone beam CT scanning for the entire oral and maxillofacial regions with thyroid collars. *Dentomaxillofacial Radiology* 2012;41:373–8.
55. Han G-S, Cheng J-G, Li G et al. Shielding effect of thyroid collar for digital panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2013;42:20130265.
56. Cohen SL, Wang JJ, Chan N et al. CT pulmonary angiography in pregnancy: Specific conversion factors to estimate effective radiation dose from dose length product: A retrospective cross-sectional study across a multi-hospital integrated healthcare network. *Eur J Radiol* 2021;143:109908.
57. Mekiš N, Zontar D, Skrk D. The effect of breast shielding during lumbar spine radiography. *Radiol Oncol* 2013;47:26–31.
58. Liu H, Zhuo W, Chen B et al. Patient doses in different projections of conventional diagnostic X-ray examinations. *Radiat Prot Dosimetry* 2008;132:334–8.
59. Tapiovaara M, Pukkila O, Miettinen A. Röntgensäteily diagnostiikassa. Kirjassa: Säteilyn käyttö. Säteilyturvakeskus, 2004.
60. ICRP Publication 118: ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. *Ann ICRP* 2012;41.
61. Chylack LT, Peterson LE, Feiveson AH et al. NASA Study of Cataract in Astronauts (NASCA). Report 1: Cross-Sectional Study of the Relationship of Exposure to Space Radiation and Risk of Lens Opacity. *Radiat Res* 2009;172:10–20.
62. Worgul B V., Kundiyev YI, Sergiyenko NM et al. Cataracts among Chernobyl Clean-up Workers: Implications Regarding Permissible Eye Exposures. *Radiat Res* 2007;167:233–43.

63. Minamoto A, Taniguchi H, Yoshitani N et al. Cataract in atomic bomb survivors. *Int J Radiat Biol* 2004;80:339–45.
64. Ota J, Yokota H, Kobayashi T et al. Head CT dose reduction with organbased tube current modulation. *Med Phys* 2022;49:1964–71.
65. Poon R, Badawy MK. Radiation dose and risk to the lens of the eye during CT examinations of the brain. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2019;63:786–94.
66. Vázquez-Bañuelos J, Campillo-Rivera GE, García-Duran Á et al. Doses in eye lens, thyroid, and gonads, due to scattered radiation, during a CT radiodiagnosis study. *Applied Radiation and Isotopes* 2019;147:31–4.
67. Zhang D, Cagnon CH, Villablanca JP et al. Peak Skin and Eye Lens Radiation Dose From Brain Perfusion CT Based on Monte Carlo Simulation. *American Journal of Roentgenology* 2012;198:412–7.
68. Huggett J, Mukonoweshuro W, Loader R. A phantom-based evaluation of three commercially available patient organ shields for computed tomography X-ray examinations in diagnostic radiology. *Radiat Prot Dosimetry* 2013;155:161–8.
69. Hiles P, Gilligan P, Damilakis J et al. European consensus on patient contact shielding. *Insights Imaging* 2021;12:194.
70. Lawrence S, Seeram E. The Current Use and Effectiveness of Bismuth Shielding in Computed Tomography: A Systematic Review. *Radiol Open J* 2017;2:7–16.
71. Safari MJ, Wong JHD, Kadir KAA et al. Real-time eye lens dose monitoring during cerebral angiography procedures. *Eur Radiol* 2016;26:79–86.
72. Campillo-Rivera GE, Vázquez-Bañuelos J, García-Duran Á et al. Doses in eye lens, thyroid, salivary glands, mammary glands, and gonads, due to radiation scattered in dental orthopantomography. *Applied Radiation and Isotopes* 2019;146:57–60.
73. Nasrepour F, Karami V, Gholami M. An Estimate of Radiation Dose to the Lens of the Eyes, Parotid Gland, and Thyroid Gland in Dental Panoramic Radiography. *Iranian Journal of Medical Physics* 2019;16:425–9.
74. Kanzaki T, Takahashi Y, Yarita K. Absorbed dose to the eye lens during dental radiography. *Oral Radiol* 2017;33:246–50.
75. Brent R, Frush D, Gorson R et al. Report No. 174 – Preconception and Prenatal Radiation Exposure: Health Effects and Protective Guidance., 2013.

76. Ursprung WM, Howe JW, Yochum TR et al. Plain Film Radiography, Pregnancy, and Therapeutic Abortion Revisited. *J Manipulative Physiol Ther* 2006;29:83–7.
77. Guilbaud L, Beghin D, Dhombres F et al. Pregnancy outcome after first trimester exposure to ionizing radiations. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 2019;232:18–21.
78. Chaparian A, Aghabagheri M. Fetal radiation doses and subsequent risks from X-ray examinations: Should we be concerned? *Iran J Reprod Med* 2013;11:899–904.
79. Kellaranta A, Mäkelä T, Kaasalainen T et al. Fetal radiation dose in three common CT examinations during pregnancy – Monte Carlo study. *Physica Medica* 2017;43:199–206.
80. Qu S, Liu H, Xie T et al. Patientspecific fetal radiation dosimetry for pregnant patients undergoing abdominal and pelvic CT imaging. *Med Phys* 2023;50:3801–15.
81. Abback P-S, Benchetrit A, Delhaye N et al. Multiple trauma in pregnant women: injury assessment, fetal radiation exposure and mortality. A multicentre observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2023;31:22.
82. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD et al. Radiation Exposure and Pregnancy: When Should We Be Concerned? *RadioGraphics* 2007;27:909–17.
83. Kuba K, Wolfe D, Schoenfeld AH et al. Percutaneous Coronary Intervention in Pregnancy: Modeling of the Fetal Absorbed Dose. *Case Rep Obstet Gynecol* 2019;2019:1–5.
84. Orchard E, Dix S, Wilson N et al. Reducing ionizing radiation doses during cardiac interventions in pregnant women. *Obstet Med* 2012;5:108–11.
85. Williams MC, Stewart C, Weir NW et al. Using radiation safely in cardiology: what imagers need to know. *Heart* 2019;105:798–806.
86. Chetlen AL, Brown KL, King SH et al. JOURNAL CLUB: Scatter Radiation Dose From Digital Screening Mammography Measured in a Representative Patient Population. *American Journal of Roentgenology* 2016;206:359–65.
87. STUK S/4/2019, Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. 2019.
88. Brody AS, Frush DP, Huda W et al. Radiation Risk to Children From Computed Tomography. *Pediatrics* 2007;120:677–82.
89. ICRP Publication 147: Use of Dose Quantities in Radiological Protection. *Ann ICRP* 2021;50:9–82.



ISBN 978-952-309-596-0 (pdf)

ISSN 1799-9472



**STUK**

Säteilyturvakeskus  
Strålsäkerhetscentralen  
Radiation and Nuclear Safety Authority

Ånäsgränden 1  
01370 Vanda  
Tel. (09) 759 881  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)