



HƯỚNG DẪN AN TOÀN

**SỬ DỤNG THIẾT BỊ SOI CHIẾU HUỖNH
QUANG CHO BÁC SĨ VÀ CÁC NHÂN VIÊN Y TẾ**

◀ *Biên soạn: TS. Đặng Thanh Lương & Lê Thảo Ngọc*

Xuất bản năm 2023



Mục lục

LỜI MỞ ĐẦU	
GIỚI THIỆU CHUNG	1
CHƯƠNG 1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN	2
1.1 Khái niệm về bức xạ ion hóa	2
1.1.1 Bức xạ ion hoá gián tiếp và trực tiếp	3
1.2 Hiệu ứng sinh học bức xạ	4
1.2.1 Tổn thương bức xạ	4
1.2.2 Hiệu ứng ngẫu nhiên	4
1.2.3 Hiệu ứng tất định	5
1.2.4 Độ nhạy xạ	8
1.3 Một số khái niệm cơ bản về liều lượng bức xạ áp dụng trong bảo vệ bức xạ và chẩn đoán X-quang	9
1.3.1 Các đại lượng vật lý	9
1.3.2 Các đại lượng bảo vệ chống bức xạ	10
1.3.3 Các đại lượng liều dùng trong chẩn đoán X-quang	13
1.4 Rủi ro bức xạ	15
1.4.1 Liều bệnh nhân trong chẩn đoán hình ảnh và những rủi ro bức xạ có liên quan	16
1.4.2 Liều nhân viên trong chẩn đoán X-quang và những rủi ro bức xạ có liên quan, liều nhân viên trong can thiệp X-quang.	17
1.5 Các nguyên tắc cơ bản bảo vệ chống bức xạ	17
1.5.1 Nguyên tắc luận chứng	18
1.5.2 Nguyên tắc tối ưu hoá (ALARA)	18
1.5.3 Nguyên tắc giới hạn liều	21
CHƯƠNG 2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY SOI CHIẾU	23
2.1 Nguyên lý tạo hình ảnh X-quang	23
2.2 Máy soi chiếu	24
2.2.1 Cấu tạo máy soi chiếu	24
2.2.2 Nguyên lý hoạt động	25
2.3 Phân bố liều trong phòng soi chiếu	27
2.4 Phơi nhiễm đối với bệnh nhân và nhân viên	28
2.5 Mối quan hệ giữa liều bệnh nhân và nhân viên bức xạ	28
2.6 Các thủ thuật soi chiếu liều cao	29

CHƯƠNG 3. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ CHỐNG BỨC XẠ, GIẢM LIỀU.....	31
3.1 Đối với bệnh nhân	31
3.1.1 Kích thước trường chiếu và bộ chuẩn trực	31
3.1.2 Chế độ phóng đại (Magnification Mode)	32
3.1.3 Chế độ tăng cường (Boost Mode/ Hight Dose Rate Mode)	33
3.1.4 Chế độ kiểm soát độ sáng tự động (Automatic Brightness Control - ABC)	34
3.1.5 Chế độ giữ hình ảnh cuối cùng (Last image hold)	34
3.1.6 Chế độ xung so với chế độ liên tục (Pulsed modes vs. Continuous modes)	35
3.2 Đối với nhân viên	36
3.2.1 Nguyên tắc giảm thiểu bức xạ	36
3.2.2 Điều chỉnh vị trí đặt ống tia X phù hợp	36
3.2.3 Giảm khe hở không khí	37
3.2.4 Sử dụng phép chiếu thay thế (Alternate Projections).....	37
3.2.5 Sử dụng ống chuẩn trực (Collimator)	38
3.2.6 Lưới chống tán xạ	39
3.2.7 Vị trí đứng an toàn cho người vận hành máy soi chiếu.....	39
3.3 Các thiết bị bảo hộ cá nhân	41
CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG VĂN HOÁ AN TOÀN	43
4.1 Bảo đảm nguồn nhân lực cho ekip can thiệp.....	43
4.2 Giám sát liều bức xạ.....	43
4.2.1 Kiểm soát liều bệnh nhân, theo dõi bệnh nhân	44
4.2.2 Kiểm soát liều cá nhân và liều khu vực làm việc.....	44
4.3 Đào tạo an toàn bức xạ	47
4.4 Quản lý sự cố bức xạ y khoa trong chẩn đoán x-quang	47
4.4.1 Phân loại sự cố bức xạ y khoa	48
4.4.2 Nhận dạng sự cố bức xạ trong X-quang	48
4.5 Chương trình xây dựng đảm bảo chất lượng và kiểm tra chất lượng.....	50
4.6 Liều tham chiếu trong chẩn đoán	51

DANH MỤC HÌNH ẢNH

STT	Tên hình ảnh	Trang
1	Hình 1.1: Hình ảnh mô tả bức xạ trong môi trường sống	2
2	Hình 1. 2: Hiện tượng giãn mạch trên da bệnh nhân.	7
3	Hình 1. 3: Mô tả mức độ nhạy xạ của từng loại tế bào.	8
4	Hình 1. 4: Độ sâu được xác định để đo tương đương với liều cá nhân.	12
5	Hình 1. 5: Mô tả điểm tham chiếu trong không gian phòng.	15
6	Hình 2.1: Đặc trưng tạo ảnh của tia X khi đi qua từng cơ quan khác nhau.	24
7	Hình 2. 2: Cấu tạo máy soi chiếu huỳnh quang.	25
8	Hình 2.3: Hình ảnh mô tả công tác bàn chân.	27
9	Hình 2.4: Mức độ phân tán liều bức xạ trong phòng thực hiện thủ thuật	28
10	Hình 2.5: Mô tả về kích thước cơ thể bệnh nhân có ảnh hưởng liều lên nhân viên y tế	30
11	Hình 3.1: Nguyên lý tạo chế độ phóng đại của bộ thu nhận hình ảnh	33
12	Hình 3. 2: Tỷ lệ khoảng cách hình học	34
13	Hình 3. 3: Hình ảnh mô tả sự phân bố lượng tia tán xạ khi áp sát bộ thu nhận hình ảnh vào bệnh nhân	38
14	Hình 3. 4: Ống chuẩn trực.	39
15	Hình 3. 5: Vị trí đặt ống phát tia X ảnh hưởng đến nhân viên y tế.	41
16	Hình 3. 6: Tay bác sĩ khi ở trong trường chiếu chính	41
17	Hình 3. 7: Một số dụng cụ che chắn bức xạ	42
18	Hình 4.1: Liều kế cá nhân.	47
19	Hình 4.2: Sổ theo dõi liều kế cá nhân cho nhân viên y tế.	48
20	Hình 4.3: Phân loại sự cố bức xạ	50
21	Hình 4.4: Cấp bậc quản lý rủi ro bức xạ	52

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

STT	Tên bảng	Trang
1	Bảng 1.1: Tỷ lệ rủi ro khi phơi nhiễm bức xạ	5
2	Bảng 1.2: Thông số kỹ thuật của FDA về các tổn thương da do bức xạ	6
3	Bảng 1.3: Tổn thương bức xạ thể hiện qua từng giai đoạn	8
4	Bảng 1.4: Khuyến nghị theo dõi ELD định kỳ theo hướng dẫn IRPA 2017	13
5	Bảng 1.5: Giới hạn liều theo khuyến cáo ICRP 103]	14
6	Bảng 1.6: Thang đo mức bức xạ tương đối (Peek & Samei, 2017)	16
7	Bảng 1.7 Mức liều tham chiếu trong chẩn đoán X – quang theo thông tư 13/2018/TTLT – BKHCN – BYT	20
8	Bảng 1.8: Giá trị giới hạn liều tiếp xúc tối đa cho phép trong một năm (Đơn vị tính bằng mSv/năm)	22
9	Bảng 2.1: Mô tả khả năng tương tác khi tia X đi qua mô	25
10	Bảng 3.1: Minh họa việc thay đổi chế độ xem trong hệ thống soi huỳnh quang	33
11	Bảng 4.1: Giám sát liều lượng khi sử dụng liều kế ngón tay	48
12	Bảng 4.2: Nhận dạng sự cố trong X-quang	51

KÍ HIỆU CÁC CỤM TỪ VIẾT TẮT

STT	TỪ VIẾT TẮT	GIẢI THÍCH	
1	AAPM		American Association of Physicists in Medicine
2	ABC	Kiểm soát độ sáng tự động	Automatic brightness control
3	AEC	Bộ kiểm soát độ phơi chiếu tự động	Automate Exposure Control
4	AERC	Bộ kiểm soát suất liều tự động	Automate Exposure Rate Control
5	ALARA	Thấp đến mức có thể đạt được một cách hợp lý	As low as reasonably achievable
6	BYT	Bộ y tế	
7	BKHCN	Bộ khoa học công nghệ	
8	CT	Chụp cắt lớp vi tính	Computed Tomography
9	DRL	Mức liều tham chiếu chẩn đoán	Diagnostic Reference Levels
10	DSA		Digital subtraction angiography
11	ESE	Độ phơi nhiễm qua da	Entrance Skin Exposure
12	FDA	Cơ quan quản lý dược Hoa Kỳ	Food & Drug Administration
13	FGI	Can thiệp hướng dẫn fluoroscopy	Fluoroscopy Guided Interventional
14	Gy (mGy)		Gray (miligray)
15	IAEA	Cơ Quan Năng Lượng Nguyên Tử Quốc Tế	International Atomic Energy Agency
16	IRP	Điểm tham chiếu can thiệp	Interventional Reference Point
17	ICRP	Ủy ban Quốc Tế về Bảo vệ	International Commission

		Phóng xạ	on Radiation Protection
18	ICRU	Ủy ban Quốc tế về Đo lường và Đơn vị Bức xạ	International Commission on Radiation Units and Measurements
19	IUPUI		Indiana University–Purdue University Indianapolis
20	MRI	Chụp cộng hưởng từ	Magnetic Resonance Imaging
21	PET/CT	Chụp ghi hình cắt lớp positron	Positron Emission Tomography and Computed Tomography
22	PTCA	Nong mạch vành qua da	Percutaneous transluminal coronary angioplasty
23	QA	Đảm bảo chất lượng	Quality Assurance
24	QC	Kiểm soát chất lượng	Quality Control
25	SCAI	Hiệp hội chụp và can thiệp tim mạch	Society for Cardiovascular Angiography and Interventions
26	SPECT	Chụp cắt lớp vi tính phát xạ đơn	Single Photon Emission Computed Tomography
27	Sv (mSv)		Sievert (millisievert)
28	TLD	Liều kế nhiệt phát quang	Thermoluminescent Dosimeter
29	TTLT	Thông tư liên tịch	
30	VLYK	Vật lý y khoa	
31	UNSCEAR	Ủy ban Khoa học Liên Hợp Quốc về Tác động Bức xạ Nguyên tử	The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
32	WHO	Tổ chức Y tế Thế giới	World Health Organization

LỜI MỞ ĐẦU

Từ trước đến nay, nhân viên y tế luôn là người đi chăm sóc và bảo vệ sức khỏe cho bệnh nhân, nhưng có ai biết rằng nhân viên y tế cũng cần được chăm sóc và bảo vệ?

Với nền y tế ngày càng hiện đại và phát triển, việc sử dụng các thiết bị bức xạ y tế đã trở thành phổ biến và trở nên không thể thiếu tại các bệnh viện. Lợi ích mà chúng đem lại cho bệnh nhân vô cùng to lớn. Mặt khác, Nhân viên y tế thường xuyên làm việc trong môi trường bức xạ phát ra từ các thiết bị y tế, do phải liên tục thực hiện cho nhiều bệnh nhân khác nhau trong một ngày. Trong khi đó, báo cáo của UNSCEAR 2020-2021 [1] riêng với X-quang can thiệp đã có số quy trình tăng lên gấp 6 lần và liều tập thể đã tăng lên gấp 8 lần so với báo cáo năm 2008. Khi số lượng và độ phức tạp của quy trình tăng lên, điều đó có nghĩa làm tăng mức phơi nhiễm bức xạ cho cả bệnh nhân và nhân viên y tế. Theo nghiên cứu của SCAI - Hiệp hội chụp mạch và can thiệp tại Hoa Kỳ nhận định rằng, khi phơi nhiễm liều cao, nhân viên y tế dễ có khả năng mắc ung thư, u não đặc biệt là phía bên trái, đục thủy tinh thể, tổn thương mạch máu,...và thủ thuật can thiệp tim mạch đang có tỷ lệ bệnh đáng báo động nhất. Từ đó cho thấy rằng, kiến thức về bảo vệ chống bức xạ là vô cùng quan trọng, không gì có thể bảo vệ được khi chính bản thân những người đang làm việc và tiếp xúc với bức xạ không ý thức được sự nguy hiểm của nó. Vì vậy, cần tăng cường thực hiện công tác tự đào tạo từ những bước đầu sử dụng bức xạ, đặc biệt từ khi họ vẫn còn ở trên ghế nhà trường.

Để thúc đẩy các nhân viên y tế nâng cao ý thức sử dụng biện pháp bảo vệ chống bức xạ, giảm liều, chúng tôi đã xây dựng Hướng dẫn dựa trên kinh nghiệm được đúc kết từ các công bố, tài liệu và thực tiễn trên thế giới, đồng thời dựa trên thông tư của BKHCN để phù hợp với hoàn cảnh Việt Nam hơn. Mục đích là hướng tới sự an toàn của các nhân viên y tế trong quá trình sử dụng thiết bị soi chiếu huỳnh quang nói riêng, cũng như trong quá trình làm việc và tiếp xúc với bức xạ ion hóa nói chung, như một cách hỗ trợ nhân viên y tế có cái nhìn bao quát hơn về bức xạ, và áp dụng các phương pháp giảm liều khi sử dụng thiết bị soi chiếu huỳnh quang.

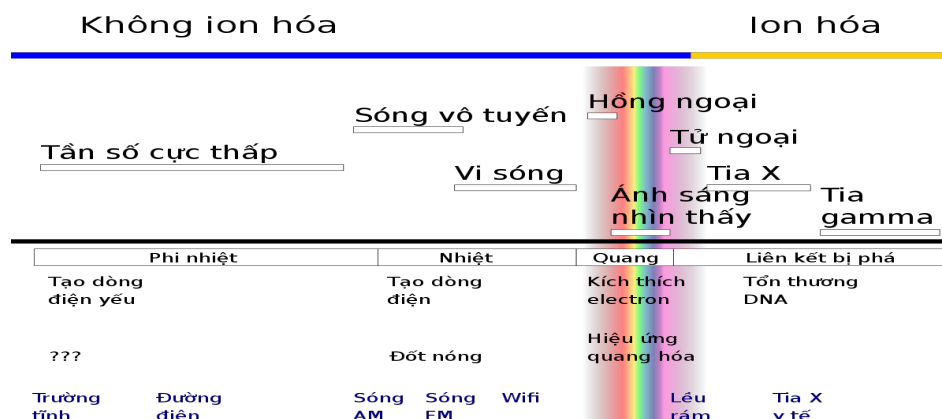
GIỚI THIỆU CHUNG

Với nhu cầu sử dụng các thiết bị bức xạ công nghệ cao ngày càng trở nên phổ biến, vấn đề an toàn bức xạ phải luôn được đảm bảo và ưu tiên hàng đầu. Việc sử dụng phương pháp soi huỳnh quang gần đây đã tăng lên đáng kể, đặc biệt là thủ thuật tìm mạch can thiệp. Các quy trình soi ngày càng phức tạp và kéo dài cùng với việc sử dụng các chế độ liều cao [4], nếu không được trang bị đầy đủ kiến thức về an toàn cũng như kỹ năng vận hành thiết bị thì nhân viên y tế sẽ rất dễ bị ảnh hưởng nghiêm trọng, không những thế mà còn có khả năng gây mất an toàn cho bệnh nhân. Theo thống kê trong sự nghiệp của một chuyên viên can thiệp, khả năng bị chấn thương chính hình chiếm từ 30 - 60%, bị mắc bệnh ung thư 3%, tổn thương da 8%, tăng huyết áp hoặc tăng cholesterol máu 12% và đục thủy tinh thể 5%. Qua đó cho thấy thủ tục can thiệp gây tổn thương cao hơn từ 2 - 7 lần so với các ngành nghề y tế khác [5].

Do đó, trong mỗi quy trình đòi hỏi các nhân viên y tế đều phải tự giác nâng cao ý thức bảo vệ bức xạ bằng cách tuân thủ nghiêm ngặt các nguyên tắc, sử dụng các dụng cụ che chắn theo quy chuẩn được đề ra, giữ khoảng cách an toàn với bệnh nhân và thiết bị phát tia trong khu vực, để ý các vị trí an toàn mà nhân viên y tế nên đứng trong quá trình thực hiện thủ thuật đã được đề cập trong Hướng dẫn. Nhân viên y tế cần lưu ý, hầu như lượng tia tán xạ từ bệnh nhân là nguyên nhân chính gây phơi nhiễm cho nhân viên y tế [1]. Vì thế, việc giảm liều cho bệnh nhân cũng là cách bảo vệ cho chính mình. Bên cạnh đó, nhân viên y tế cần được giám sát liều bức xạ một cách cẩn thận bằng những loại liều kế cá nhân và thông tin phơi nhiễm phải ghi nhận đầy đủ để đảm bảo mức liều vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Nên sử dụng Hướng dẫn như một cuốn cẩm nang, có thể sử dụng bất cứ khi nào cần để tổng hợp kiến thức cũng như một cách để giúp hạn chế rủi ro trong quá trình làm việc. Ngoài ra, bất kỳ ai cũng nên hiểu về mối nguy hiểm của bức xạ và tầm quan trọng của việc kiểm soát bức xạ. Cần mở rộng các chương trình đào tạo và tuyên truyền rộng rãi về việc đảm bảo an toàn bức xạ trong y tế cũng như đào tạo quy trình vận hành thiết bị cho các bác sĩ ngoài khoa X-quang. Qua Hướng dẫn này, chúng tôi đề cao việc xây dựng văn hóa an toàn khi sử dụng bức xạ. Nên sẵn sàng chia sẻ và khai báo sự cố theo cấp bậc quản lý phù hợp, cũng như rút kinh nghiệm cho những thủ thuật về sau.

CHƯƠNG 1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1 Khái niệm về bức xạ ion hóa



Hình 1. 1: Hình ảnh mô tả bức xạ trong môi trường sống

Nguồn:

https://vi.wikipedia.org/wiki/B%E1%BB%A9c_x%E1%BA%A1_ion_h%C3%B3a

Bức xạ là sự giải phóng năng lượng dưới dạng sóng, dạng hạt [6]. Trong môi trường sống hằng ngày, con người chúng ta vẫn luôn sử dụng và tiếp xúc với các loại bức xạ được mô tả như trong hình 3.1. Bức xạ không ion hóa như sóng radio, sóng điện thoại, wifi,.. gọi là sóng vô tuyến hay sóng vi ba dùng để truyền thông tin vệ tinh [7]. Tia hồng ngoại và tia tử ngoại, ánh sáng nhìn thấy được cũng đều rất phổ biến trong môi trường sống, với tia hồng ngoại được sử dụng thường xuyên như bếp, máy sưởi hoặc mọi vật có nhiệt độ cao hơn 0⁰K [8]. Tia tử ngoại được phát ra từ mặt trời, hồ quang điện hay có thể sử dụng để tiệt trùng dụng cụ y tế,... Nhìn chung, các loại bức xạ không ion hóa ít gây nguy hiểm, mặt khác còn đem lại rất nhiều lợi ích, ứng dụng phổ biến trong cuộc sống hằng ngày của con người. Bên cạnh đó là dạng bức xạ ion hóa, là bất kỳ loại bức xạ nào có đủ năng lượng để loại bỏ điện tử khỏi nguyên tử hoặc phân tử. Bức xạ ion hoá có hai loại: loại bức xạ thứ nhất có nguồn gốc tự nhiên sinh ra từ các đồng vị của các nguyên tố có trên vỏ trái đất của chúng ta như Uranium, Thorium, Kali hoặc các tia vũ trụ; loại bức xạ thứ hai có nguồn gốc nhân tạo, do con người chế tạo ra từ các lò phản ứng hạt nhân hay trên các thiết bị gia tốc hạt như bức xạ gamma phát ra từ các đồng vị Co-60, Cs-137, Tc-99m hoặc tia X phát ra từ các máy phát tia X. Bức xạ ion hóa được ứng dụng phổ biến trong y tế như trong

y học hạt nhân hay trong các thiết bị phát tia bao gồm tia X (máy X-quang, CT, DSA, soi chiếu huỳnh quang,...); tia gamma (gamma knife, SPECT,...) dùng để ghi hình, chẩn đoán và điều trị khối u [7]. Ảnh hưởng của bức xạ ion hóa đến từ bất kỳ nguồn nào cũng đều là mối quan tâm, đặc biệt đối với cơ thể người, nơi mà chúng tương tác mạnh mẽ với các tế bào sinh học và có thể gây tổn thương các mô và cơ quan, nội tạng của cơ thể. Bức xạ ion hóa rất nguy hiểm, vì nguy cơ gây tổn thương DNA rất cao, nên việc sử dụng loại bức xạ này phải được kiểm soát, không được quá lạm dụng, nhất là các ứng dụng trong y tế. Chúng phải được quản lý chặt chẽ để đảm bảo an toàn cho bệnh nhân và các nhân viên trong bệnh viện [9].

Ngoài ra, bức xạ ion hóa được phân làm hai loại: bức xạ ion hóa trực tiếp và bức xạ ion hóa gián tiếp.

1.1.1 Bức xạ ion hoá gián tiếp và trực tiếp

a) Bức xạ ion hóa trực tiếp

Bất kỳ loại bức xạ ion hóa nào mang điện tích đều có khả năng tác dụng trực tiếp lên các điện tử quỹ đạo của các nguyên tử trong vật liệu mà nó truyền qua. Ví dụ như các hạt alpha và beta có quỹ đạo xác định, chúng mất năng lượng liên tục cho đến khi tất cả năng lượng được chuyển hết cho chất hấp thụ. Do đó, bất kỳ loại bức xạ ion hóa nào mang điện như hạt alpha hay beta đều được gọi là bức xạ ion hóa trực tiếp. Các hạt alpha là loại ít xâm nhập nhất trong các loại bức xạ. Quỹ đạo ngắn và khả năng đâm xuyên kém, alpha có thể dễ dàng ngăn chặn bằng tờ giấy mỏng hoặc bằng quần áo khi ở ngoài cơ thể nhưng ngược lại sẽ rất nguy hiểm khi alpha ở trong cơ thể con người [10].

Các hạt beta rất nhỏ, chúng có điện tích âm hoặc điện tích dương, khối lượng gần như không đáng kể. Các hạt beta có khả năng gây ra ion hóa trực tiếp dọc theo đường đi của chúng ít hơn so với các hạt alpha, nên nó sẽ di chuyển xa hơn dù có cùng một năng lượng. Beta có khả năng đâm xuyên qua không khí và giấy, chúng có khả năng thâm nhập vào da người nếu không được che chắn. Một hạt beta 3,5 MeV sẽ di chuyển khoảng 11 m trong không khí và 17 mm trong mô. Tuy nhiên, các hạt beta năng lượng thấp không di chuyển xa trong không khí hoặc mô (ví dụ: hạt beta 0.157 MeV phát ra từ carbon-14, di chuyển chỉ 300 mm trong không khí và 0,8 mm trong mô). Để ngăn chặn tia beta có thể sử dụng một tấm nhôm hoặc quần

áo dày dặn [11].

b) Bức xạ ion hóa gián tiếp

Các loại bức xạ không mang điện tích như tia X, tia gamma và neutron, được gọi là ion hóa gián tiếp. Bức xạ ion hóa gián tiếp di chuyển qua môi trường hấp thụ không gây ra bất kỳ lực nào trên các điện tử quỹ đạo cho đến khi có cơ hội va chạm với một phần của nguyên tử [10].

Cách thức mà tia gamma và tia X tương tác với vật chất khi chúng truyền qua khác với tia alpha hoặc beta. Tia X và tia gamma di chuyển xa hơn trong mô và phụ thuộc vào năng lượng của chúng do không bị hấp thụ hoàn toàn mà chỉ làm giảm cường độ. Trong dải năng lượng của photon được ứng dụng trong y tế, tia gamma và tia X tương tác với vật chất thông qua ba hiệu ứng: quang điện, tán xạ Compton và tạo cặp. Mỗi tương tác này gây ra ion hóa trong chất hấp thụ và điều này được gọi là ion hóa sơ cấp. Các điện tử được tạo ra trong sự kiện ion hóa sơ cấp sau đó tiếp tục ion hóa các nguyên tử khác trong chất hấp thụ được gọi là ion hóa thứ cấp. Một sự kiện ion hóa sơ cấp có thể gây ra rất nhiều ion hóa thứ cấp và kích thích, tương tác thứ cấp sẽ chuyển hầu hết năng lượng đến chất hấp thụ, điều đó sẽ gây tổn thương mô của con người [11].

1.2 Hiệu ứng sinh học bức xạ

1.2.1 Tổn thương bức xạ

Tổn thương bức xạ là những tổn thương mô do bị phơi nhiễm bức xạ ion hóa với liều lượng không phù hợp trong phạm vi giới hạn liều. Số ca chấn thương được báo cáo ngày càng tăng đối với bệnh nhân và nhân viên y tế từ các thủ thuật soi [12]. Các quy trình dễ gây chấn thương là những quy trình can thiệp phức tạp, bao gồm tạo hình mạch máu qua da, xuyên tắc mạch máu, cắt bỏ qua ống thông tim tằm số vô tuyến, các thủ thuật tiết niệu và đường mật phức tạp.

Tổn thương bức xạ có các dấu hiệu đa dạng để nhận diện mức độ nghiêm trọng khác nhau và được biểu hiện qua hai dạng là hiệu ứng ngẫu nhiên và hiệu ứng tất định [13].

1.2.2 Hiệu ứng ngẫu nhiên

Bảng 1. 1: Tỷ lệ rủi ro khi phơi nhiễm bức xạ

Liều hằng năm (mSv)	Tổng liều trong 30 năm (mSv)	Nguy cơ gia tăng ung thư và tử vong (%)
5	150	0,6
10	300	1,2
20	600	2,4
50	1500	6,0

St. Joseph's Hospital Health Center. (2011, May). FLUOROSCOPY USERS' MANUAL FOR PHYSICIANS. Medical Imaging Services. Syracuse, NY 13203, USA: St. Joseph's Hospital Health Center. (315) 448-5274.

Hiệu ứng ngẫu nhiên là các hiệu ứng có khả năng tăng theo liều lượng, nhưng mức độ nghiêm trọng của nó không phụ thuộc vào liều lượng, nghĩa là hiệu ứng có thể xảy ra khi bị phơi nhiễm ở bất kỳ ngưỡng liều nào. Ngẫu nhiên nghĩa là mang tính xác suất. Ung thư là một hiệu ứng ngẫu nhiên, vì ung thư có thể có hoặc không xảy ra. Nguy cơ ung thư tăng theo liều lượng nhưng liều lượng không đánh giá mức độ nghiêm trọng ung thư. Hiệu ứng ngẫu nhiên có thể là những thay đổi di truyền trong các tế bào sinh sản, mặc dù điều này chưa được quan sát thấy ở người [14]. Trẻ em dễ bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng ngẫu nhiên do liều bức xạ hơn nhiều lần so với người lớn, do tốc độ luân chuyển tế bào nhanh hơn và nguy cơ xảy ra của người trẻ kéo dài trong nhiều năm hơn. Nguy cơ ngẫu nhiên đối với trẻ sơ sinh cao hơn khoảng 15 lần so với người lớn 60 tuổi. Đối với nhân viên y tế, việc giảm một lượng nhỏ phơi nhiễm bức xạ rất quan trọng, được thực hiện bằng cách thay đổi và đảm bảo kỹ thuật hợp lý để bảo vệ cá nhân khỏi rủi ro khi phải liên tục tích lũy liều trong suốt thời gian làm việc [15]. Thông qua bảng 1.1 cho thấy khi càng tăng mức phơi nhiễm bức xạ thì tổng rủi ro đối với một cá nhân sẽ liên tục tăng.

1.2.3 Hiệu ứng tất định

Hiệu ứng tất định không giống hiệu ứng ngẫu nhiên, nó là hiệu ứng chỉ xảy ra khi liều vượt qua một ngưỡng nhất định và mức độ nghiêm trọng tăng theo liều lượng. Dưới ngưỡng liều cho phép thì tổn thương da không biểu hiện rõ ràng. Tất định là những vấn đề có thể xác định bởi các sự kiện trước đó. Bỏng da là một vấn đề đã

được xác định vì mức độ nghiêm trọng của vết thương được biết thông qua liều lượng. Liều vừa phải sẽ gây ban đỏ, hoặc nguy cơ hoại tử mô khi sử dụng liều cao [14]. Ngoài ra có thể để lại các vấn đề khác như rụng lông, vô sinh và đục thủy tinh thể. Với ngưỡng liều ở 2 Gy thì chỉ là vấn đề tạm thời, tuy nhiên đối với ngưỡng liều lớn hơn 6 Gy đồng nghĩa với việc tổn thương bắt đầu nghiêm trọng hơn. Ngay cả khi chỉ cần liều vượt ngưỡng 0,5 Gy đã có thể nhận thấy số lượng bạch cầu giảm đi đáng kể. Các ngưỡng liều gây tổn thương được thể hiện chi tiết qua bảng 1.2. Hầu hết các tác động này được nhìn thấy trong vòng vài ngày hoặc vài tuần sau khi tiếp xúc bức xạ, nhưng riêng đục thủy tinh thể có thể sẽ xuất hiện sau vài năm. Và mắt là bộ phận được quan tâm nhiều nhất trong quá trình soi chiếu vì thường là bộ phận nhạy xạ nhất dù đã có bảo hộ che chắn [15].

Bảng 1. 2: Thông số kỹ thuật của FDA về các tổn thương da do bức xạ

Hiệu ứng da	Ngưỡng liều lượng	Thời gian bật soi chiếu		Thời gian khởi phát
	Sv	Thông thường (0,1 Gy/phút)	Liều cao (0,2 Gy/phút)	
Ban đỏ tạm thời	2	20 phút	10 phút	Ngay lập tức
Rụng lông tạm thời	3	30 phút	15 phút	20 ngày
Bỏng da	6	60 phút	30 phút	10 ngày
Rụng lông vĩnh viễn	7	70 phút	35 phút	20 ngày
Bong tróc vảy	10	100 phút	50 phút	30 ngày
W. Robeson, "Fluoroscopy Re-Credentialing," Presentation created by M. Yoshida-Hay, Radiation Safety Officer, North Shore University Hospital Radiology/Radiation Safety Office, (516) 562-3895. [16]				

Sau đây là một số trường hợp tổn thương do thực hiện thủ thuật soi chiếu huỳnh quang kéo dài để lại trên da bệnh nhân. Sau khi thực hiện thủ thuật nong mạch vành kéo dài với thời lượng khoảng vài chục phút (34 phút), tổn thương được phát hiện sau khoảng 1 năm khi bệnh nhân thăm khám lại, bác sĩ đã trông thấy vùng mất sắc tố với kích thước $1 \times 25 \text{ cm}^2$, và trên vai trái bệnh nhân có hiện tượng giãn mạch [15]. Một ca khác tương tự, sau một năm thực hiện PTCA soi trong thời gian khoảng 66 phút, phát hiện vùng tăng sắc tố có đường kính 10 cm với chứng giãn mao mạch xuất hiện rõ ràng trên vai phải của bệnh nhân [15]. Những vấn đề này được liệt kê vào nhóm phản ứng da có triệu chứng muộn được minh họa như hình 1.2.







Hình 1. 2: Hiện tượng giãn mạch trên da bệnh nhân

Nguồn: Internet

Trường hợp tổn thương da biểu hiện sớm được phát hiện ở một người đàn ông 40 tuổi phải chụp mạch vành, nong mạch vành và thực hiện chụp mạch vành lần thứ hai (do biến chứng), sau đó là ghép động mạch vành. Tổng thời gian soi ước tính hơn 120 phút vào ngày 29 tháng 3 năm 1990. Hình ảnh từ 6-8 tuần là khi da bị tổn thương sau thủ thuật. Vết thương được mô tả là "chuyển sang màu đỏ khoảng một tháng sau khi làm thủ thuật và bong tróc một tuần sau đó". Vào giữa tháng 5 năm 1990, có biểu hiện bỏng cấp độ hai. Xuất hiện tổn thương da khoảng vào tuần 16-21 sau các thủ thuật với diện tích vết loét nhỏ. Xuất hiện tổn thương da khoảng tuần 18 đến 21 sau các thủ thuật, vết thương bị hoại tử và đóng vùng tổn thương. Khắc phục tổn thương lưng cho bệnh nhân bằng cách phẫu thuật ghép da. Thông tin trường hợp này dựa trên một nghiên cứu điển hình năm 2010 của FDA xảy ra vào đầu những năm 1990 [15]. Tổn thương bức xạ qua từng giai đoạn được thể hiện qua bảng 1.3.

Bảng 1. 3: Tổn thương bức xạ thể hiện qua từng giai đoạn

Tổn thương da do bức xạ			
6-8 tuần	16-21 tuần	18-21 tuần	Khắc phục
			
Theo ICRP 85: Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures & doi: 10.2349/bij.3.2.e22. [17]			

Các bác sĩ thực hiện các thủ thuật soi chiếu cần nhận thức được khả năng tổn thương da nghiêm trọng sẽ ảnh hưởng trong một thời gian dài do bức xạ gây ra. Sau đó những tổn thương này mới xuất hiện, do vậy, cần phải có chế độ theo dõi bệnh nhân sau khi làm thủ thuật cho phù hợp.

1.2.4 Độ nhạy xạ



**Hình 1. 3: Mô tả mức độ nhạy xạ của từng loại tế bào.
Nguồn: An toàn bức xạ trong chẩn đoán X-quang và can thiệp**

Tia X gây tác động đến DNA, RNA hoặc protein để tạo ra ion hoặc gốc tự do. Độ nhạy xạ là một chức năng của chu kỳ tế bào, với giai đoạn cuối S là giai đoạn kháng bức xạ nhất, các giai đoạn G1, G2 và quá trình nguyên phân nhạy cảm hơn với bức xạ. Theo định luật Bergonie-Tribondeau, độ nhạy xạ cao nhất ở các tế bào chưa biệt hóa và tăng sinh tích cực, tỷ lệ thuận với số lượng hoạt động phân bào và phát triển mà chúng phải trải qua. Các tế bào có thể tự sửa chữa khỏi những thiệt hại gây chết

người [18]. Tuy nhiên, bức xạ cường độ cao liên tục tạo ra tổn thương lớn hơn so với việc phân đoạn để sửa chữa tế bào. Việc sửa chữa các enzym và hệ thống miễn dịch làm giảm khả năng gây ung thư hoặc biến đổi gen, chúng cần có thời gian để hoạt hoá. Nếu lượng bức xạ tiếp nhận ít và chậm trong một thời gian dài, sẽ giảm nguy cơ hơn nhiều so với việc tiếp nhận cùng một liều lượng lớn trong thời gian ngắn [14]. Đối với các tế bào thần kinh có chu kỳ tế bào cực kỳ dài sẽ rất nguy hiểm nếu lại tiếp tục nhận lượng bức xạ trong khoảng thời gian chúng sửa chữa tế bào [15]. Mức độ nhạy xạ của các tế bào được biểu thị như trong hình 1.3.

Bức xạ cũng đều có mặt lợi và mặt hại của nó. Việc ứng dụng bức xạ ion hóa vào đời sống con người dường như đã rất phổ biến, đặc biệt trong quá trình chẩn đoán và điều trị bệnh đã hỗ trợ bác sĩ rất nhiều. Tuy nhiên, khi sử dụng bức xạ mà không có sự kiểm soát, không nằm trong giới hạn liều an toàn thì sẽ để lại nhiều rủi ro nghiêm trọng. Có thể nhận thấy được tầm quan trọng của sự hiểu biết về bức xạ cũng như việc kiểm soát bức xạ qua các tác động sinh học do bức xạ gây ra đã được đề cập ở trên. Khi sử dụng bức xạ, cần phải tối ưu hóa để đảm bảo an toàn cho bệnh nhân nhưng vẫn đáp ứng được mục đích chẩn đoán và điều trị. Việc nhận thức được ảnh hưởng của bức xạ lên cơ thể con người sẽ giúp bác sĩ nhận biết được mức độ nghiêm trọng và mối nguy hiểm của chúng. Từ đó, có thể là động lực để thực hiện các biện pháp bảo vệ bức xạ hiệu quả hơn cho bệnh nhân và chính các nhân viên y tế.

1.3 Một số khái niệm cơ bản về liều lượng bức xạ áp dụng trong bảo vệ bức xạ và chẩn đoán X-quang

Đại lượng liều bức xạ được sử dụng để đánh giá và kiểm soát mức độ phơi nhiễm bức xạ, cung cấp thông tin quan trọng về lượng bức xạ mà bệnh nhân đã nhận được, có thể đảm bảo an toàn và đem lại hiệu quả trong quá trình sử dụng bức xạ ion hóa.

1.3.1 Các đại lượng vật lý

Bác sĩ sử dụng các đại lượng vật lý để đánh giá mức độ hấp thụ ở bề mặt da để có thể dễ dàng đánh giá hiệu ứng tác động cho bệnh nhân. Điều này giúp đảm bảo bức xạ được sử dụng trong phạm vi an toàn và không gây hại đến sức khỏe của bệnh nhân.

a) Liều hấp thụ

Liều hấp thụ là lượng năng lượng bức xạ được hấp thụ trên một khối lượng vật chất. Được định nghĩa qua công thức như sau:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (1.1)$$

Trong đó: dE là năng lượng trung bình do bức xạ ion hóa truyền cho vật chất trong một phân tử thể tích có khối lượng là dm .

Cơ quan nhận liều cao nhất là da nơi chùm tia X đi vào cơ thể. Liều hấp thụ cho bệnh nhân được biểu thị bằng đơn vị Gray (Gy). Máy soi chiếu huỳnh quang có thể hiển thị liều hấp thụ ước tính theo đơn vị miligray (mGy) [19].

b) Kerma trong không khí

Kerma không khí là năng lượng được không khí hấp thụ tại vị trí giả định của da. Vị trí này được gọi là điểm tham chiếu hoặc điểm tham chiếu can thiệp (IRP). Máy soi chiếu huỳnh quang tính toán kerma không khí từ lượng bức xạ đã biết ở tâm chùm tia khi nó rời khỏi nguồn tia X, hiệu chỉnh khoảng cách từ nguồn tia X đến điểm tham chiếu. Kerma được thể hiện bằng đơn vị Gy [14].

1.3.2 Các đại lượng bảo vệ chống bức xạ

a) Liều hiệu dụng, liều tương đương

Khái niệm liều hiệu dụng được đưa ra để giải thích cho vấn đề thực tế liên quan tới sự phơi nhiễm với bức xạ thường không đồng đều trên cơ thể người, là thước đo mức độ rủi ro bức xạ, đưa ra một ước lượng về mức độ tác động toàn diện trên tất cả các cơ quan và mô trong cơ thể. ICRP công bố liều hiệu dụng có giá trị thực tế, dùng để so sánh rủi ro bức xạ đối với các thủ tục chụp X-quang khác nhau (Protection, 2007) [20] và nếu liều bức xạ vượt quá mức liều hiệu dụng cho phép, ta có thể xác định đây là giới hạn liều và cần phải thực hiện các biện pháp để giảm thiểu liều bức xạ đến mức chấp nhận được. Vì giá trị này là giá trị gần đúng được tính toán, không phải là đại lượng vật lý có thể đo được, nó được sử dụng để thiết lập các giới hạn quy định nhằm bảo vệ ảnh hưởng sức khỏe lâu dài cho toàn bộ dân chúng. Đơn vị của liều hiệu dụng là sievert (Sv, đơn vị quốc tế) và được biểu thị bằng công thức: [21]

$$E = \sum_T W_T \times H_T \quad (1.2)$$

Trong đó:

E: là liều hiệu dụng (Sv).

W_T : Trọng số mô hoặc cơ quan T.

H_T : Liều tương đương trong mô hoặc cơ quan T (Sv).

Đại lượng liều tương đương được sử dụng như một thước đo tác động sinh học của

một loại bức xạ cụ thể lên các cơ quan hoặc mô, dựa trên mức độ hấp thụ năng lượng và trọng số tương ứng cho loại bức xạ đó, để đưa ra các biện pháp phòng ngừa và giảm thiểu tác động tiềm ẩn của bức xạ. Công thức tính liều tương đương là: [21]

$$H_{T,R} = W_R \times D_{T,R} \quad (1.3)$$

Trong đó:

$H_{T,R}$: là liều tương đương (Sv).

W_R : là trọng số bức xạ đối với loại bức xạ R.

$D_{T,R}$: là liều hấp thụ do loại bức xạ R trong mô, cơ quan T (Gy).

b) Các đại lượng thực hành

Vì không thể đo trực tiếp được lượng năng lượng đọng lại của từng loại bức xạ trong mỗi cơ quan của cơ thể khi bức xạ đi qua, nên đại lượng liều tương đương và liều hiệu dụng không thể đo trong thực tế. Để khắc phục khó khăn này, ICRU đề xuất một đại lượng thực hành có thể đo được là các đại lượng mô tả gần đúng tốt các đại lượng liều hiệu dụng và liều tương đương được dùng để đánh giá các rủi ro bức xạ đối với những người bị phơi nhiễm bức xạ. Các đại lượng thực hành có thể được sử dụng để chứng minh sự tuân thủ các giới hạn liều do ICRP và IAEA khuyến nghị. Các đại lượng này được xác định theo cách nhằm cung cấp một ước lượng hợp lý, thận trọng về các đại lượng bảo vệ chống bức xạ. Chúng dựa trên liều tương đương H, tại một điểm cụ thể trong mô hoặc vật liệu tương đương với mô. [19]

$$H = Q \cdot D \quad (1.4)$$

Trong đó:

D: là liều hấp thụ tại một điểm của mô hoặc vật liệu tương đương mô (Gy)

Q: là hệ số chất lượng bức xạ phụ thuộc năng lượng tuyến tính (keV^{-1})

Ba đại lượng đã được xác định để giám sát liều khu vực, giám sát liều cá nhân và giới hạn liều thực hành.

* Đối với giám sát liều khu vực

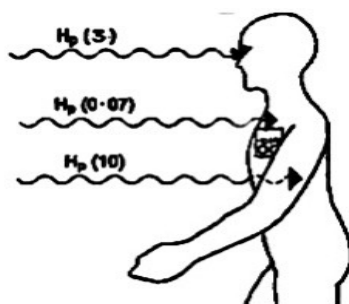
Tương đương liều môi trường (ký hiệu là $H^*(d)$) tại một điểm trong trường bức xạ được định nghĩa là tương đương liều sẽ được tạo bởi trường bức xạ tương ứng trong quả cầu ICRU ở độ sâu d mm. Đại lượng này chủ yếu được sử dụng để đánh giá liều từ bức xạ đâm xuyên mạnh trong đó độ sâu khuyến nghị là 10 mm. Trong điều kiện thực tế, hầu hết các thiết bị giám sát bức xạ đều được hiệu chuẩn theo đại

lượng này (theo khuyến nghị của ICRP). Vì thế, chúng sẽ đưa ra một giá trị gần đúng, hợp lý với liều hiệu dụng [19].

*** Giám sát liều cá nhân**

Đối với giám sát liều cá nhân có một đại lượng thực hành khác gọi là tương đương liều cá nhân được thiết lập, được ký hiệu là $H_p(d)$ như hình 1.4. Tương đương liều cá nhân là tương đương liều trong mô mềm dưới một điểm được chỉ định trên cơ thể ở độ sâu d mm. Tùy thuộc vào loại bức xạ tới, độ sâu có thể được lấy là 0,07 mm đối với da hoặc 3 mm đối với mắt khi bức xạ đâm xuyên yếu và 10 mm đối với toàn bộ cơ thể phơi nhiễm khi bức xạ đâm xuyên mạnh. Đặc biệt với liều bức xạ đối với thủy tinh thể vượt quá ngưỡng sẽ gây ra các hiệu ứng xác định (đục thủy tinh thể) sau vài năm làm việc nếu không sử dụng các công cụ bảo vệ bức xạ [19].

Theo hướng dẫn IRPA 2017 [22] qua bảng 1.4, khi liều mắt EL hàng năm đạt



Hình 1. 4: Độ sâu được xác định để đo tương đương với liều cá nhân.

Nguồn: Internet

mức 6 mSv nên được các chuyên gia theo dõi thường xuyên về phơi nhiễm liều mắt EL. Liều hàng năm lớn hơn 15 mSv bắt buộc phải đeo liều kế gần mắt dưới kính bảo hộ [23].

Bảng 1. 4: Khuyến nghị theo dõi ELD định kỳ theo hướng dẫn IRPA 2017

Ước tính liều mắt EL hàng năm	Giám sát EL định kỳ	Liều kế để ước tính ELD	Vị trí liều kế
Dưới 6 mSv	Không bắt buộc		
Giữa 6-15 mSv	Bắt buộc	Liều kế trên tạp dề OA Liều kế mắt EL	Ở ngực, phía trên tạp dề chì Gần mắt, bên dưới kính bảo hộ

Trên 15 mSv	Bắt buộc	Liều kế mắt EL	Gắn mắt nhất và bên dưới kính bảo hộ
IRPA, IRPA guidance on implementation of eye dose monitoring and eye protection of workers, ed.2017.			

*** Giới hạn liều thực hành**

Giới hạn liều nghề nghiệp được ICRP định nghĩa dưới dạng liều tương đương và liều hiệu dụng, nhưng trong thực tế những đại lượng này không thực sự đo được. Tuy nhiên, khi các đại lượng liều thực hành đo được có thể được coi là gần đúng đối với liều tương đương và liều hiệu dụng. Vì thế có thể áp dụng giới hạn liều nghề nghiệp này cho các đại lượng liều thực hành cũng như đại lượng theo lý thuyết [19]. Giới hạn liều thực hành được thể hiện qua bảng 1.5

Bảng 1. 5: Giới hạn liều theo khuyến cáo ICRP 103 [20]

Đại lượng theo lý thuyết	Đại lượng thực hành	Giới hạn liều nghề nghiệp
Liều hiệu dụng (E)	Tương đương liều cá nhân cho toàn thân H _p (10)	20 mSv/năm Lấy trung bình trong 5 năm liên tục, trong 1 năm đơn lẻ không quá 50 mSv
Liều tương đương trong: - Thủy tinh thể của mắt H _T - Da H _T	Tương đương liều cá nhân trong: - Thủy tinh thể của mắt H _P (3) - Da H _P (0.07)	- 20 mSv Lấy trung bình trong 5 năm liên tục, trong 1 năm riêng lẻ không quá 50 mSv - 500 mSv
International Commission on Radiological Protection, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," ICRP Publication 103, 2007. [20]		

1.3.3 Các đại lượng liều dùng trong chẩn đoán X-quang

Sử dụng các đại lượng liều dùng trong chẩn đoán X-quang để giúp bác sĩ đánh giá mức độ phơi nhiễm của bệnh nhân với bức xạ X-quang, kiểm soát liều bức xạ để đảm

bảo an toàn và tuân thủ các hướng dẫn liên quan đến bức xạ, đánh giá và theo dõi hiệu suất, chất lượng của thiết bị, phân tích và so sánh liều bức xạ giữa các quy trình khác nhau để tối ưu hóa việc sử dụng bức xạ và giảm liều phơi nhiễm cho bệnh nhân.

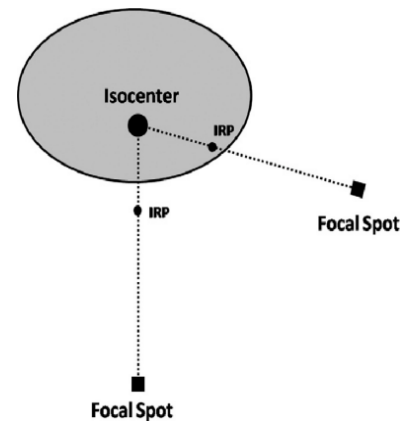
a) Tích kerma diện tích KAP

DAP (Dose-Area Product) là số đo lường bức xạ tổng hợp, nhưng được tính bằng tích của liều bức xạ trên diện tích vùng chiếu xạ. DAP thường được sử dụng để đánh giá mức độ bức xạ mà bệnh nhân và nhân viên y tế nhận được khi thực hiện quá trình soi chiếu huỳnh quang. Tuy nhiên thuật ngữ DAP phần lớn đã được thay thế bằng thuật ngữ "tích kerma diện tích" (KAP) [24].

KAP (Kerma-Area Product) là tổng lượng bức xạ trên một diện tích của cơ thể. Nó được tính bằng tích của kerma trên diện tích vùng chiếu xạ, biểu thị bằng đơn vị Gy.cm² (Gy nhân cm bình phương) [25]. Thông số này được hiển thị trên thiết bị soi chiếu huỳnh quang mới. KAP có thể được sử dụng như một biện pháp kiểm soát phơi nhiễm trong kỹ thuật soi huỳnh quang, dùng để đánh giá liều bức xạ mà bệnh nhân hấp thụ trong quá trình soi huỳnh quang. KAP không phải là một công cụ hợp lý để ước tính liều lượng trên da, nhưng nó đặc biệt hữu ích để đo tổng năng lượng tia X truyền tới bệnh nhân, và do đó có thể được sử dụng để ước tính rủi ro ngẫu nhiên từ các thủ thuật can thiệp. KAP tăng lên khi thời gian phát tia tăng lên. KAP tích lũy nhanh hơn khi diện tích hoặc cường độ của chùm tia tăng lên [26]. Vì thế, các tham số này phải càng nhỏ càng tốt. Chúng ta có thể coi tổng Kerma không khí là một yếu tố dự đoán các hiệu ứng xác định, trong khi KAP là một yếu tố dự đoán các hiệu ứng ngẫu nhiên [25].

b) Điểm đo tham chiếu

Liều tham chiếu là kerma không khí cho toàn bộ quy trình, được đo (tính bằng Gy) tại một điểm cố định trong không gian được gọi là điểm tham chiếu giữa các cơ quan [27]. Bức xạ tán xạ không được bao gồm trong phép đo liều tham chiếu. Điểm tham chiếu can thiệp là một điểm xác định trong không gian, cố định so với thiết bị X-quang, không phải bệnh nhân. Đối với đèn huỳnh quang C-arm, điểm này được cố định so với ống tia X và cách ống tia X 15 cm, nằm dọc theo trung tâm của chùm tia như hình minh họa 1.5 [28]. Những thay đổi về góc của C-arm hoặc chiều cao của bàn không ảnh hưởng đến liều tham chiếu, nhưng ảnh hưởng đến liều tối đa trên da. Ở đây, góc của C-arm được xem là di chuyển IRP – Interventional Reference Point từ một điểm nằm trên bề mặt da đến một điểm bên trong bệnh nhân. Những thay đổi về chiều cao của bàn cũng ảnh hưởng đến mối quan hệ giữa IRP và bề mặt da.



Hình 1. 5: Mô tả điểm tham chiếu trong không gian phòng.






Nguồn: <https://www.researchgate.net/figure>

1.4 Rủi ro bức xạ

Rủi ro bức xạ là một nguy cơ tiềm ẩn đối với sức khỏe con người khi tiếp xúc với các loại bức xạ ion hóa như tia X. Khi bị tác động bởi bức xạ, các tế bào và mô trong cơ thể con người sẽ bị phá hủy hoặc biến đổi gen di truyền, dẫn đến các bệnh lý và ung thư. Vì thế, việc ứng dụng bức xạ vào y học dùng để chẩn đoán và điều trị cho bệnh nhân phải được kiểm soát chặt chẽ và đưa ra mức độ sử dụng phù hợp, nếu không sẽ để lại hậu quả vô cùng nghiêm trọng [29]. Đã có rất nhiều trường hợp xảy ra ngoài ý muốn khi vượt quá liều cho phép, bệnh nhân phải chịu những rủi ro do vấn đề gia tăng liều hiệu dụng và liều tích lũy cá nhân như nhận định ở cuộc họp kỹ thuật do IAEA tổ chức (IAEA, 4-6 March 2019) [30] (IAEA, 19023 October 2020) [31]. Rủi ro xảy ra là những điều không mong muốn, nhưng cũng là một lời nhắc nhở, là kinh nghiệm cho nhân viên y tế, cần phải kiểm soát bức xạ một cách an toàn và đưa ra những quyết định phù hợp hơn.

1.4.1 Liều bệnh nhân trong chẩn đoán hình ảnh và những rủi ro bức xạ có liên quan

Bảng 1. 6: Thang đo mức bức xạ tương đối (Peek & Samei, 2017)

Mức bức xạ tương đối	Ước tính liều hiệu dụng cho người lớn	Ước tính liều hiệu dụng cho trẻ em	Thủ tục kiểm tra
0	0 mSv	0 mSv	Siêu âm; MRI
	< 0.1 mSv	< 0.03 mSv	X-quang phổi; X-quang tay
	0.1 - 1 mSv	< 0.03 - 0.3 mSv	X-quang khung chậu; Chụp nhũ ảnh
	1 – 10 mSv	0.3 – 3 mSv	CT bụng với thuốc cản quang IV. Y học hạt nhân. Xạ hình xương
	10 – 30 mSv	3 – 10 mSv	CT bụng không và có cản quang; PET / CT toàn thân
	30 – 100 mSv	10 – 30 mSv	CTA ngực bụng và khung chậu có cản quang; Đặt shunt hệ thống cống nội khớp trong gan
Theo ACR (American college of radiology) Appropriateness Criteria® Radiation Dose Assessment Introduction.			

Qua thang đo mức bức xạ của Peek & Samei, 2017 [32] cho thấy giá trị liều hiệu dụng của một số thủ tục bao gồm chụp X-quang, CT, và thủ thuật can thiệp. Trong đó, liều hiệu dụng của X-quang phát bức xạ chỉ nằm ở mức 2, CT phát bức xạ ở mức 3, nhưng với thủ thuật soi chiếu can thiệp đang ở mức liều cao nhất là mức 5, với mức liều hiệu dụng cho người lớn là từ 30 - 100 mSv và liều hiệu dụng cho trẻ em là 10-30 mSv. Ở ngưỡng liều này, hiệu ứng tất định có thể không xảy ra đối với số đông bệnh nhân, nhưng trước khi thực hiện các thủ thuật cần xem xét tới lịch sử phơi nhiễm của bệnh nhân cho những khả năng tiềm ẩn của hiệu ứng ngẫu nhiên có nguy cơ xảy ra.

1.4.2 Liều nhân viên trong chẩn đoán X-quang và những rủi ro bức xạ có liên quan, liều nhân viên trong can thiệp X-quang.

Việc phơi nhiễm trong môi trường có bức xạ ion hóa liên tục trong thời gian dài, nhân viên y tế thực hiện các thủ tục can thiệp trong các quá trình soi chiếu luôn phải hứng chịu những rủi ro về sức khỏe, dẫn đến tăng khả năng mắc bệnh nghề nghiệp.

Đục thủy tinh thể: Những vấn đề về đục thủy tinh thể được biểu hiện rõ ràng, 50% bác sĩ tim mạch [33] có biểu hiện thay đổi trong thủy tinh thể là tiền thân của đục thủy tinh thể liên quan đến phơi nhiễm phóng xạ [33]. Phơi nhiễm dẫn đến đục thủy tinh thể có thể dao động từ 2 Gy đến hơn 7,5 Gy. Trước đây, ICRP ra khuyến nghị về giới hạn liều bức xạ đối với thủy tinh thể mắt là 150 mSv/năm, nhưng nay phát hiện ngưỡng liều này chưa đủ để đảm bảo an toàn cho mắt, ngưỡng gây ra các phản ứng mô đối với mắt là 0,5 Gy, nên ICRP đã giảm giới hạn liều tương đương mắt xuống còn 20 mSv/năm, trung bình trong 5 năm không có năm nào vượt quá 50 mSv [29].

Khả năng gây ung thư cao đặc biệt với não bên trái của các bác sĩ can thiệp, vì thông thường khoảng 85% nguồn tia X và bệnh nhân được đặt phía bên trái cơ thể của họ, mức liều bức xạ ở não trái gấp 4,7 lần liều ở não phải [33].

Bệnh lý về tuyến giáp, ngưỡng gây ung thư tuyến giáp cho bác sĩ trong soi chiếu huỳnh quang là khoảng < 100 Gy [34].

Bệnh lý liên quan đến chấn thương chỉnh hình, khoảng 50% nhân viên can thiệp có ít nhất một vấn đề về chấn thương chỉnh hình do sử dụng các thiết bị che chắn nặng nề trong thời gian dài [35].

Nghiên cứu về việc lão hóa mạch máu sớm mới cung cấp bằng chứng cho thấy việc tiếp tục tiếp xúc với bức xạ ion hóa liều thấp cũng làm tăng nguy cơ tim mạch (CV). Độ dày lớp nội trung mạc động mạch cảnh (CIMT) và chiều dài telomere của bạch cầu (LTL) lần lượt là các dấu hiệu cho chứng xơ vữa động mạch và lão hóa sinh học. Ngoài ra, cũng chưa ghi nhận trường hợp dẫn đến tử vong do bức xạ nào được chứng minh [35].

1.5 Các nguyên tắc cơ bản bảo vệ chống bức xạ

Bảo vệ bức xạ là một trong những lĩnh vực y tế rất quan trọng vì liên quan đến sự an toàn của bệnh nhân trong X quang chẩn đoán và can thiệp. Ba nguyên tắc cơ bản bảo vệ bức xạ mà nhân viên y tế buộc phải tuân thủ là luận chứng, tối ưu hóa và áp

dụng các giới hạn liều lượng (ICRP103) [20].

1.5.1 Nguyên tắc luận chứng

Bất kỳ quyết định nào về tình trạng phơi nhiễm bức xạ nên đưa ra để cân nhắc giữa việc đem lại lợi ích phải hơn rủi ro mà chúng mang lại. Một khía cạnh rất quan trọng trong thực tế là một phương pháp hoặc quy trình có thể được coi là hợp lý nhưng không có nghĩa áp dụng lên cho từng bệnh nhân cụ thể là phù hợp. Cần áp dụng nguyên tắc luận chứng ở 3 cấp độ trong thực hành X quang trong y tế như sau: [36].

Cấp độ I, việc sử dụng bức xạ trong y học được chấp nhận là phải mang lại nhiều lợi ích hơn là gây hại cho sức khỏe. Vì nếu mà sử dụng bức xạ để điều trị hay chẩn đoán mà khả năng cao để lại những vấn đề khác cho bệnh nhân thì việc chẩn đoán và điều trị này trở nên vô nghĩa.

Cấp độ II, với một quy trình có mục tiêu cụ thể phải được xác định và chứng minh. Mục đích là để đánh giá liệu quy trình X-quang có cung cấp thông tin cần thiết vì lợi ích của bệnh nhân trong việc chẩn đoán và điều trị không. Đối với các quy trình can thiệp bằng soi chiếu huỳnh quang ở mức luận chứng cấp độ II là chưa đủ, nhân viên y tế và bác sĩ nên tính đến những thông tin phơi nhiễm của những lần trước đó như trong cấp độ III.

Cấp độ III, việc áp dụng từng quy trình cho cá nhân phải được chứng minh rõ ràng minh bạch về các nguy cơ tiềm ẩn và lợi ích đem lại của thủ tục đó. Tất cả các trường hợp phơi nhiễm phải được giải thích phù hợp cho từng cá nhân, tính đến mục tiêu cụ thể của việc phơi nhiễm theo kế hoạch và đặc điểm lâm sàng của từng cá nhân.

1.5.2 Nguyên tắc tối ưu hoá (ALARA)

Mục đích cơ bản của việc tối ưu hóa là điều chỉnh các biện pháp bảo vệ cho nguồn bức xạ sao cho đem lại lợi ích tối đa, hạn chế khả năng xảy ra phơi nhiễm. Số người bị phơi nhiễm và cường độ liều lượng cá nhân đều phải giữ liều lượng ở mức “thấp nhất có thể đạt được một cách hợp lý (ALARA), có tính đến các yếu tố kinh tế và xã hội”, và tốt nhất là quản lý liều bức xạ cho bệnh nhân tương xứng với mục đích y tế [36].

Điều này có nghĩa là mức độ bảo vệ phải là tốt nhất trong các hoàn cảnh phổ biến, tối đa hóa lợi ích so với tác hại. Để tránh các vấn đề không mong muốn của quy trình này, cần phải có các hạn chế về liều lượng hoặc rủi ro đối với các cá nhân từ một

nguồn cụ thể (các hạn chế về liều lượng hoặc rủi ro và mức tham chiếu).

Việc tối ưu hóa bảo vệ bức xạ cho bệnh nhân trong y học thường được áp dụng ở ba cấp độ: [36]

Cấp độ 1: thiết kế, xây dựng và lựa chọn thiết bị, lắp đặt phù hợp;

Cấp độ 2: Các phương pháp làm việc hàng ngày cần phải thực hiện công tác QA/QC (Quality Assurance/ Quality Control) định kỳ, đặc biệt cần có sự tham gia của nhà vật lý y khoa, đồng thời các nhân viên y tế cũng cần phải hiểu biết rõ ràng về an toàn bức xạ để đảm bảo trong quá trình làm việc;

Cấp độ 3: Áp dụng mức liều tham chiếu (DRL) trong chẩn đoán.

Mức liều tham chiếu trong chuẩn đoán X-quang (DRL) là mức liều khuyến cáo áp dụng trong chẩn đoán nhằm tối ưu hoá việc sử dụng bức xạ và đảm bảo an toàn cho bệnh nhân cũng như bảo đảm chất lượng hình ảnh luôn ổn định, được trình bày chi tiết trong bảng 1.7

Bảng 1. 7: Mức liều tham chiếu trong chẩn đoán X-quang dựa theo phụ lục của thông tư 13/2018/TTLT- BKHCN-BYT. [37]

Mức chỉ dẫn liều đối với chụp X-quang chẩn đoán			
TT	Kiểu chụp		Liều xâm nhập bề mặt trong 1 lần chụp (mGy)
(1)	(2)		(3)
1	Chụp sọ		
1.1	Tư thế sau - trước	PA	5
1.2	Tư thế nghiêng	LAT	3
2	Chụp ngực		
2.1	Tư thế sau - trước	PA	0,4
2.2	Tư thế nghiêng	LAT	1,5

3	Chụp cột sống vùng ngực		
3.1	Tư thế trước - sau	AP	7
3.2	Tư thế nghiêng	LAT	20
4	Chụp bụng, chụp tĩnh mạch, chụp đường tiết niệu và chụp túi mật		
	Tư thế trước - sau	AP	10
5	Chụp cột sống thắt lưng		
5.1	Tư thế trước - sau	AP	10
5.2	Tư thế nghiêng	LAT	30
5.3	Hướng chụp khớp thắt lưng - đốt sống cùng	LSJ	40
6	Chụp khung chậu		
	Tư thế trước - sau	AP	10
7	Chụp khớp háng		
	Tư thế trước - sau	AP	10
8	Chụp răng		
8.1	Chụp răng sử dụng phim đặt sau huyết ổ răng		7
8.2	Tư thế trước - sau	AP	5
Mức chỉ dẫn liều đối với chụp cắt lớp vi tính CT Scanner			
TT	Kiểu chụp	Liều trung bình cho một lần chụp với nhiều lát cắt (mGy)	
1	Chụp đầu	50	
2	Chụp cột sống thắt lưng	35	
3	Chụp ổ bụng	25	
Mức chỉ dẫn suất liều đối với soi chiếu X-quang			
TT	Kiểu soi chiếu	Suất liều ló vào bề mặt (mGy/phút)	
1	Bình thường	25	
2	Mức cao	100	

1.5.3 Nguyên tắc giới hạn liều

Giới hạn liều là một nguyên tắc liên quan đến từng cá nhân và được áp dụng trong các tình huống phơi nhiễm có kế hoạch, được định nghĩa là lượng bức xạ được hấp thụ không vượt quá các điều kiện bình thường. Giới hạn liều nghề nghiệp được thiết lập nhằm mục đích đảm bảo không có cá nhân nào bị phơi nhiễm với những rủi ro không chấp nhận được, cũng như ngăn chặn bất kỳ hiệu ứng tất định và giảm thiểu nguy cơ xảy ra hiệu ứng ngẫu nhiên [19]. Giới hạn liều không áp dụng trong tình huống chiếu xạ y tế. Giới hạn liều đối với nhân viên bức xạ và dân chúng áp dụng trong các tình huống chiếu xạ theo kế hoạch được quy định trong Thông tư 19/2012/TT-BKHHCN [38].

Bảng 1. 8: Giá trị giới hạn liều tiếp xúc tối đa cho phép trong một năm

Loại liều và đối tượng áp dụng	Nhân viên bức xạ (mSv/năm)	Người học việc, học nghề, sinh viên (mSv/năm)	Công chúng (mSv/năm)
Liều hiệu dụng toàn thân	20	6	1
Liều tương đương đối với thủy tinh thể của mắt	20	20	15
Liều tương đương đối với tay, chân, da	500	150	50

Theo bảng 1.8 được trình bày dựa trên thông tư 19/2012/TT-BKHHCN, liều hiệu dụng toàn thân và liều tương đương thủy tinh thể mắt đối với nhân viên bức xạ là 20 mSv/năm được lấy trung bình trong 5 năm làm việc liên tục, nhưng trong một năm riêng lẻ không vượt quá 50 mSv. Giới hạn liều tương đương đối với da là giá trị được lấy trung bình trên 1 cm² của vùng da bị chiếu xạ nhiều nhất không vượt quá 500 mSv [38].

Giới hạn liều nghề nghiệp đối với người học việc trong quá trình đào tạo nghề có liên quan đến bức xạ và đối với học sinh, sinh viên tuổi từ 16 đến 18 tuổi sử dụng nguồn bức xạ trong quá trình học tập là liều hiệu dụng 6 mSv trong một năm. Liều tương đương đối với thủy tinh thể mắt 20 mSv trong một năm. Liều tương đương đối với chân và tay hoặc da là giá trị được lấy trung bình trên 1 cm² của vùng da bị chiếu

xạ không vượt quá 150 mSv trong một năm [38].

Giới hạn liều đối với công chúng có liều hiệu dụng là 1 mSv trong một năm. Trong những trường hợp đặc biệt, có thể áp dụng giá trị giới hạn liều hiệu dụng cao hơn 1 mSv, với điều kiện giá trị liều hiệu dụng lấy trung bình trong 5 năm kế tiếp nhau không vượt quá 1 mSv trong một năm. Liều tương đương đối với thủy tinh thể mắt 15 mSv trong một năm. Liều tương đương đối với da 50 mSv trong một năm. Liều bức xạ của người chăm sóc, hỗ trợ và thăm bệnh nhân trong chẩn đoán, xét nghiệm và điều trị từ 16 tuổi trở lên không được vượt quá 5 mSv trong cả thời kỳ bệnh nhân điều trị [38].

ICRP khuyến cáo rằng khi nhân viên mang thai đã thông báo, liều tương đương ở bề mặt vùng bụng của nhân viên này nên được giới hạn ở mức 2 mSv và lượng phóng xạ hấp thu nên được giới hạn trong khoảng gần một phần mười hai giới hạn liều hấp thu đối với các nhân viên bức xạ khác [39].

Ngoài ra, liều bức xạ của người chăm sóc, hỗ trợ và thăm bệnh nhân trong chẩn đoán và điều trị bằng bức xạ ion hóa có độ tuổi nhỏ hơn 16 tuổi không được vượt quá 1 mSv trong cả thời kỳ. Liều của một cá nhân bất kỳ tham gia chăm sóc, hỗ trợ bệnh nhân và khách đến thăm cần phải được kiểm chế sao cho liều bức xạ không vượt quá 5 mSv trong cả thời kỳ bệnh nhân được chẩn đoán hoặc điều trị [14].

CHƯƠNG 2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY SOI CHIẾU

2.1 Nguyên lý tạo hình ảnh X-quang



Hình 2. 1: Đặc trưng tạo ảnh của tia X khi đi qua từng cơ quan khác nhau.

Nguồn: <https://helloworld.com/suc-khoe/xet-nghiem-y-khoa/x-ray-tests/>

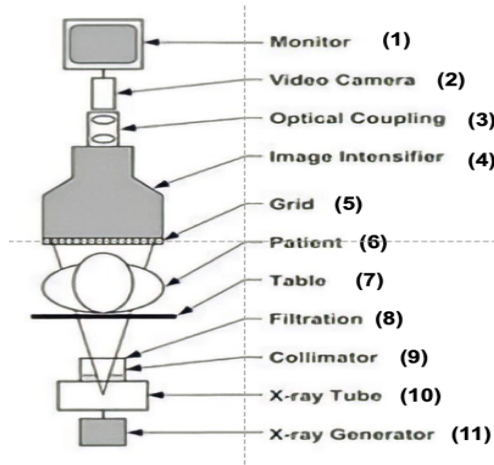
Khi tia X đi qua cơ thể người để lại những vết (hình ảnh) khác nhau vì cơ thể người là một tập hợp các mô có khả năng hấp thụ tia x khác nhau. Ví dụ, khi tia X đi qua xương, có mật độ vật chất cao nhất, sẽ để lại hiệu ứng trên hình ảnh là màu trắng, vì tia X khó đi qua hơn so với các mô mềm. Ngược lại khi tia X đâm xuyên qua phổi sẽ cho ra hình ảnh có màu đen, vì chúng hầu như giữ nguyên vẹn năng lượng đến bộ thu nhận ảnh nên hình ảnh đậm đặc và rõ nét như hình minh họa 2.1 [13] và bảng 2.1 mô tả khả năng tương tác của tia X qua mô.

Bảng 2. 1: Mô tả khả năng tương tác khi tia X đi qua mô

<p>Complete Penetration Generates Image</p> <p>Total Absorption Causes Patient Dose</p> <p>Scatter Interaction Distorts Image Causes Patient and Staff Dose</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Không tương tác: Tia X đi hoàn toàn đi qua mô và đi vào thiết bị ghi hình ảnh. ➤ Hấp thụ hoàn toàn: Năng lượng tia X được hấp thụ hoàn toàn. Không có kết quả thông tin hình ảnh. ➤ Hấp thụ một phần với tán xạ: Sự tán xạ liên quan đến việc truyền một phần năng lượng đến mô, kết quả là tia X bị tán xạ có ít năng lượng hơn và có quỹ đạo khác. Bức xạ tán xạ có xu hướng làm giảm chất lượng hình ảnh và là nguồn phơi nhiễm bức xạ chính cho người vận hành và nhân viên.
<p>Theo St. Joseph's Hospital Health Center Medical Imaging Services 301 Prospect Ave. Syracuse, NY 13203 (315) 448-5274</p>	

2.2 Máy soi chiếu

2.2.1 Cấu tạo máy soi chiếu



Hình 2. 2: Cấu tạo máy soi chiếu huỳnh quang.
Nguồn: <https://www.imagewisely.org/Imaging-Modalities/Fluoroscopy/Modern-Imaging-Systems>

Các thiết bị soi chiếu huỳnh quang được cấu tạo bởi các thành phần cơ bản như hình minh họa 2.2, bao gồm một màn hình hiển thị (1), bộ thu nhận hình ảnh (4), lưới chống tán xạ (5), miếng đệm phân tách, bàn bệnh nhân (7), bộ lọc tia (8), ống chuẩn trực (9), ống tia X phát tia X (10). Máy soi chiếu huỳnh quang được sản xuất theo nhiều kiểu dạng khác nhau để phù hợp với các ứng dụng lâm sàng cụ thể. Có loại là

di động và một số khác được cố định tại chỗ. Một số kiểu có nguồn tia X và bộ thu hình ảnh được thiết kế sao cho chúng luôn trong trạng thái một cái nằm trên và một cái nằm dưới bàn bệnh nhân. Ngoài ra, có loại được gọi là “soi C-arm”, cho phép định hướng chùm tia X một cách linh hoạt, phù hợp cho từng mục đích sử dụng. Mặc dù, các thiết bị này có thể khác nhau về cách bố trí, nhưng nhìn chung thì chúng đều có các thành phần cơ bản và cách thức hoạt động tương tự nhau. Hầu hết các máy soi trong thực tế sẽ tự động chọn kích thước tiêu điểm phù hợp [40].

2.2.2 Nguyên lý hoạt động

Các thiết bị soi chiếu huỳnh quang có một ống phát tia X để tạo tia X và một bộ thu nhận hình ảnh giúp chuyển đổi năng lượng tia X tới thành hình ảnh nhìn thấy được. Đầu ra của bộ thu nhận hình ảnh sau đó được phân phối tới hệ thống video mạch kín, cuối cùng tạo ra hình ảnh có thể quan sát trực tiếp trên màn hình video. Đầu ra được gửi đến thiết bị lưu trữ các hình ảnh, cho phép bác sĩ X quang xem lại chuỗi hình ảnh khi cần. Mỗi thành phần trong thiết bị soi chiếu đều có công dụng và cách thức hoạt động khác nhau, nhưng chúng bổ trợ cho nhau, mục đích đem lại một thiết bị soi chiếu huỳnh quang hoàn chỉnh [41].

Ống tia X trong máy soi chiếu thường nằm dưới bàn bệnh nhân, là một buồng chân không bằng thủy tinh chứa dây tóc tích điện âm, là nguồn cung cấp điện tử và cực dương là vonfram tích điện dương, đóng vai trò làm bia cho các điện tử. Quá trình tạo ra tia X bắt đầu khi cực âm được nung nóng, với dòng điện có điện áp thấp được điều chỉnh trên máy soi huỳnh quang, các electron được giải phóng từ cực âm di chuyển qua trường điện áp cao, trường này tăng tốc chúng để có động năng lớn trước khi chúng va chạm với vonfram và phát ra tia X. Người vận hành có thể điều chỉnh dòng điện trong ống tia X, khi thay đổi miliampe (mA) là thay đổi số lượng electron trong một đơn vị thời gian chạy từ cực âm sang cực dương. Thay đổi kVp của ống phát tia X là thay đổi năng lượng và số lượng tia X, kVp càng cao thì càng nhiều photon đi qua, nhưng sự khác biệt giữa các mô càng ít (độ tương phản giảm). Giữ mA càng thấp và kVp càng cao để hài hoà giữa chất lượng hình ảnh (độ tương phản) và liều bức xạ cho bệnh nhân. Tổng số tia X được tạo ra phụ thuộc vào tổng thời gian phơi nhiễm là tích của mA và giây (mAs). Ống tia X được bao quanh bởi vỏ chì cho phép tia X chỉ đi qua một cổng nhỏ. Hình ảnh trên màn hình được truyền

bằng video mạch kín hoặc được ghi lại bằng phim. Ngoài ra, khi sử dụng chế độ Cineangiography cung cấp một bản ghi hình ảnh dài (quay phim), việc tạo tia X phải được tăng lên để có đủ độ phơi sáng cho phim, do đó sẽ tăng suất liều lên 10 đến 20 lần (ESE từ 900 mGy/phút trở lên) [14] [15].

Ống chuẩn trực có thể điều chỉnh, được gắn vào cổng chùm tia của nguồn tia X, chùm bức xạ sơ cấp này được định hình bởi ống chuẩn trực, chứa các dải chì để tạo ra các hình dạng hoặc kích cỡ chùm tia khác nhau và có thể giới hạn vùng cơ thể được chiếu xạ. Vì ống chuẩn trực chỉ cho phép những tia có hướng song song đi qua và loại bỏ các tia đi chéo, đi xiên. Do đó có thể loại bỏ được những tia không cần thiết. Đưa ống chuẩn trực tới vùng cần quan sát sẽ giảm thiểu bức xạ cho bệnh nhân cũng như cho chính nhân viên y tế. Độ tương phản hình ảnh và tỷ lệ nhiễu cũng có thể được cải thiện vì giới hạn chùm tia sẽ ít tạo ra các photon tán xạ hơn. Đặc biệt người vận hành phải liên tục điều chỉnh cài đặt ống chuẩn trực trong suốt quá trình thực hiện cho phù hợp [14] [15].

Bên cạnh đó, để có thể linh hoạt kiểm soát tia phát ra thì người ta sử dụng công tắc bàn chân, được sử dụng để phát tia liên tục và tự động ngắt khi nhả ra, nó có hình dáng như hình 2.3. Máy soi cập nhật hình ảnh bằng cách sử dụng tính năng giữ hình ảnh cuối cùng là hình ảnh được xem trong khi ngừng phát tia. Phương pháp này là một phương tiện hiệu quả để giảm tổng thời gian phát tia đối với một số quy trình ít dịch chuyển hoặc nếu người vận hành chỉ muốn kiểm tra, xác định vị trí. Mục đích của thiết kế công tắc là để đảm bảo tia X chỉ được tạo ra khi cần dùng đến, vì vậy có thể ngăn chặn nguy cơ vô tình phát tia. Điều này giúp hạn chế phơi nhiễm cho bệnh nhân và cả nhân viên trong cả quá trình soi chiếu [14] [15].



Hình 2. 3: Hình ảnh mô tả công tắc bàn chân.

Nguồn:

<https://www.slideshare.net/magdyelmasry1422/radiation-safety-in-the-cath-lab>

Bộ thu nhận hình ảnh chuyển đổi từ tia X có cường độ thấp thành tín hiệu có thể được xem dưới dạng hình ảnh trên màn hình video và có thể được lưu trữ. Có hai loại bộ thu nhận hình ảnh là bộ tăng cường hình ảnh và bộ thu nhận phẳng. Với bộ tăng cường hình ảnh, tia X chiếu vào một chất photpho cesium iodide chuyển đổi bức xạ thành ánh sáng nhìn thấy được. Ánh sáng được phát hiện bởi máy quay video CCD

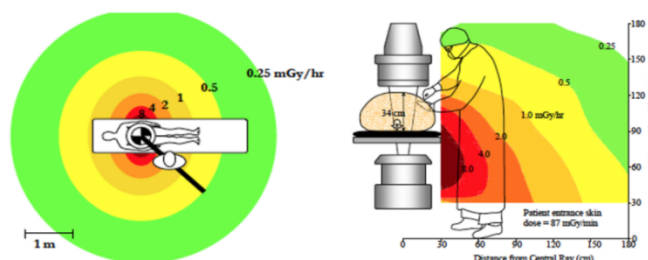
và hiển thị trên màn hình. Bộ khuếch đại hình ảnh có hình dạng to, công kênh hơn so với bộ thu nhận phẳng. Với sự phát triển hiện đại hơn, hầu như ngày nay người ta sử dụng bộ thu nhận phẳng với thiết kế vuông gọn, có thể tháo ra lắp lại dễ dàng. Bộ thu nhận phẳng truyền hình ảnh trực tiếp đến màn hình hiển thị mà không cần máy quay video can thiệp, có khả năng giảm liều bức xạ cho bệnh nhân vì nó có độ nhạy với tia X lớn hơn so với bộ tăng cường hình ảnh [14] [15].

Lưới chống tán xạ có công dụng chặn các tia X tán xạ bởi bệnh nhân có thể gây ra hiện tượng mờ hình ảnh. Không có lưới, phần lớn bức xạ đến đầu dò là tia X bị tán xạ. Một lưới bao gồm nhiều tấm chì mỏng nhỏ được xếp thẳng hàng về phía nguồn. Lưới được đặt ngay trước bộ thu hình ảnh. Chỉ những photon đang di chuyển theo đường thẳng từ nguồn, tức là không bị tán xạ, mới có thể đi qua giữa các tấm chì và đập vào máy dò. Mặt khác, loại lưới này cũng vô tình loại bỏ đi một phần đáng kể các tia X không tán xạ có ích đi qua bệnh nhân [14] [15].

Màn hình hiển thị ngày nay thường sử dụng có dạng màn hình phẳng. Màn hình không chỉ hiển thị hình ảnh, mà còn hiển thị các chế độ cài đặt đang sử dụng và các thông số đo liều lượng tia X. Có các chế độ xem trực tiếp, xem hình ảnh tĩnh và các dấu hiệu sinh lý [14] [15].

Ngoài ra, máy soi chiếu huỳnh quang còn có một số chức năng hỗ trợ trong quá trình chẩn đoán như chế độ xung, chế độ khuếch đại, chế độ tăng cường, chế độ điều chỉnh độ sáng tự động,... có loại sẽ giúp hạn chế liều bức xạ, nhưng có loại tuy mang lại lợi ích nhưng chúng gây tăng liều cao. Vì thế, mọi chế độ đều phải xem xét, đánh giá kỹ lưỡng trước khi sử dụng. Nội dung này sẽ được trình bày rõ hơn trong Phần 3.

2.3 Phân bố liều trong phòng soi chiếu



Hình 2. 4: Mức độ phân tán liều bức xạ trong phòng thực hiện thủ thuật
Nguồn: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-a-Distribucion-de-dosis-de-exposicion-con-la-geometria-del-tubo-de-rayos-X-bajo_fig1_340588887

Hình 2.4 cho thấy sự phân bố liều trong phòng thực hiện thủ thuật soi chiếu. Bác sĩ nên đứng cách xa bệnh nhân tối thiểu một bước chân khoảng 30 cm, hoặc đứng xa hơn bất cứ khi nào có thể. Điều này sẽ giúp làm giảm lượng bức xạ mà có thể bị phơi nhiễm theo định luật nghịch đảo bình phương khoảng cách [42].

2.4 Phơi nhiễm đối với bệnh nhân và nhân viên

Đối với bệnh nhân, nếu họ bị soi chiếu với thời gian lâu và tần suất phát tia X lớn sẽ gây ra phơi nhiễm nghiêm trọng. Nếu bệnh nhân đang mang thai, nguy cơ phơi nhiễm có thể ảnh hưởng đến sức khỏe của thai nhi. Nhân viên y tế ít bị chiếu xạ trực tiếp từ chùm tia sơ cấp như bệnh nhân mà bị ảnh hưởng chủ yếu bởi tán xạ từ bệnh nhân, tia tán xạ phân bố không đồng đều xung quanh bệnh nhân và suất liều của tia tán xạ phụ thuộc vào nhiều thông số. Bộ phận bị chiếu xạ trực tiếp từ tia X sơ cấp là hai bàn tay, khi thao tác dưới chùm tia [15].

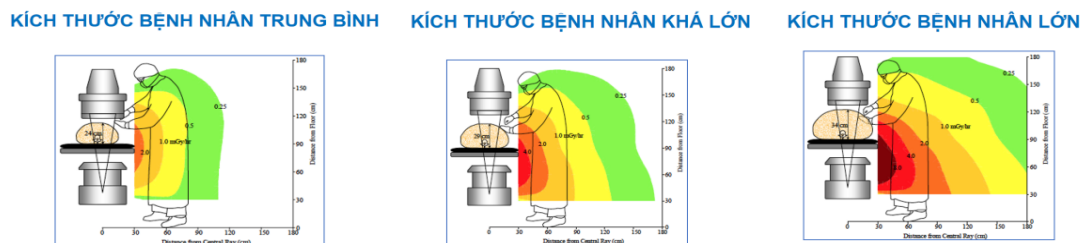
Nhân viên bức xạ là những người phải làm việc trong môi trường nhiều phóng xạ. Tuy nhiên, để giảm thiểu nguy cơ phơi nhiễm chiếu ngoài, cần phải áp dụng các biện pháp bảo vệ bức xạ, như sử dụng dụng cụ che chắn, bảo vệ và tối đa hóa khoảng cách với nguồn phóng xạ sẽ giảm nguy cơ phơi sáng cho nhân viên. Ngoài ra, nhân viên y tế cần được đào tạo về cách sử dụng các thiết bị và biện pháp bảo vệ chống bức xạ. Đồng thời, các phòng đặt thiết bị phát tia cần được thiết kế và bố trí để giảm thiểu nguy cơ nhiễm xạ cho công chúng [15].

2.5 Mối quan hệ giữa liều bệnh nhân và nhân viên bức xạ

Bệnh nhân là nguồn tán xạ chính gây tăng liều cho ekip can thiệp. Vốn dĩ, phần lớn phơi nhiễm bức xạ mà người vận hành hoặc nhân viên trong phòng soi nhận được trong một quy trình là do bức xạ tán xạ từ bệnh nhân [43].

Số lượng tia X tán xạ phụ thuộc vào năng lượng chùm tia phát ra, diện tích trường chiếu xạ, kích thước bệnh nhân và suất liều xâm nhập bề mặt da của bệnh nhân. Với bệnh nhân có thể tích, bề dày cơ thể lớn, ABC sẽ tự động điều chỉnh kVp và mA thành các giá trị cao hơn, sử dụng năng lượng lớn hơn. Từ đó, lượng tán xạ càng lớn và ảnh hưởng đến nhân viên y tế càng nhiều được mô tả như hình 2.5. Trong một số trường hợp người vận hành không hạn chế kích thước trường chiếu cũng sẽ làm tăng độ tán xạ. Ngoài ra, khi bệnh nhân có thân hình nhỏ, người vận hành sử dụng lưới chống tán xạ hay đeo găng tay chì, điều này sẽ vô tình làm tăng liều cho bệnh nhân

vì thiết bị sẽ tự động điều chỉnh kVp và mA nếu hình ảnh bị thiếu sáng, hay chưa đủ lượng tia để tạo hình ảnh, và tăng lượng tán xạ lên nhân viên y tế. Các trường hợp can thiệp phức tạp đòi hỏi thời gian tiến hành thủ thuật dài, càng tăng mức độ phơi nhiễm và tăng mức tán xạ trong phòng soi chiếu, tăng liều cho cả bệnh nhân và bác sĩ soi huỳnh quang [44].



Hình 2. 5: Mô tả về kích thước cơ thể bệnh nhân có ảnh hưởng liều lên nhân viên y tế

Nguồn: An toàn bức xạ trong chẩn đoán X-quang và can thiệp

Vì thế, kiến thức vận hành rất quan trọng, phải nhận biết được trường hợp nào cần thiết phải dùng các dụng cụ hỗ trợ, vị trí đứng an toàn để giảm liều do tán xạ. Phải đảm bảo liều bệnh nhân có liều thấp nhất có thể đạt được một cách hợp lý, từ đó mới đảm bảo an toàn cho nhân viên y tế.

Khi thực hiện soi chiếu cho bệnh nhân, nhân viên y tế sẽ nhận từ 10 - 50 mGy/phút với thủ thuật soi chiếu bình thường và thủ thuật liều cao nhận từ 100 - 200 mGy/phút. Người vận hành phải nên hạn chế nhất có thể liều vào da cho bệnh nhân bao gồm cả thủ thuật soi chiếu cine, và soi chiếu digital. Suất liều tia tán xạ cách 1 m với trường chiếu là 20 mGy/phút hoặc 1,2 Gy/giờ [45]. Lưu ý rằng, mức độ tán xạ cao hơn đáng kể đối với bệnh nhân có kích thước cơ thể càng lớn. Liều xâm nhập bề mặt da và kVp tăng lên, dẫn đến lượng tán xạ cao hơn. Chất lượng hình ảnh giảm có thể kéo theo thời gian phát tia tăng. Vì vậy, người vận hành phải kiểm soát thủ thuật soi chiếu bình thường hạn chế ở ngưỡng 10 mGy/phút và ở thủ thuật liều cao là 200 mGy/phút [45].

2.6 Các thủ thuật soi chiếu liều cao

12 thủ thuật X-quang can thiệp tiềm ẩn liều cao cho bệnh nhân [46]

- Shunt đặt stent tạo thông cửa chủ trong gan (TIPSS)
- Dẫn lưu/ đặt stent đường mật qua da ± sinh thiết, lấy sỏi
- Hóa trị liệu gan/ thuyên tắc động mạch bụng
- Thuyên tắc động mạch chậu

- EVAR can thiệp động mạch chủ lòng ngực/ ổ bụng
- Chứng tắc nghẽn thần kinh/ đầu (dị dạng động mạch [AVM], chứng phình động mạch, khối u)
- Sự tắc nghẽn thần kinh/ cột sống (AVM, chứng phình động mạch, khối u)
- Phẫu thuật cắt huyết khối cơ học (đột quỵ)
- Liệu pháp bức xạ bên trong có chọn lọc (SIRT/ Y-90 radioembolization)
- Cấy ghép van động mạch chủ qua máy đo (TAVI)
- Can thiệp mạch vành qua da (đặt stent mạch vành, cắt đốt,..)
- Tạo hình đốt sống qua da và tạo hình cột sống.

CHƯƠNG 3. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ CHỐNG BỨC XẠ, GIẢM LIỀU

3.1 Đối với bệnh nhân

Chế độ bình thường được sử dụng trong phần lớn các thủ tục soi huỳnh quang. Đầu ra bức xạ đủ để cung cấp hình ảnh video cho các quy trình hướng dẫn hoặc quan sát các chức năng động. Liều xâm nhập bề mặt da - Entrance Skin Exposure (ESE) là 20 mGy/phút. Cơ quan quản lý dược Hoa Kỳ (FDA) khuyến cáo giới hạn ESE tối đa là 10 mGy/phút cho các quy trình thông thường [18].

Người vận hành thiết bị khi thực hiện thủ thuật soi chiếu, phải đưa ra quyết định phù hợp khi sử dụng các chế độ khác nhau. Sau đây là một số khuyến cáo khi sử dụng để giảm thiểu liều bức xạ cho bệnh nhân và nhân viên y tế nhất có thể.

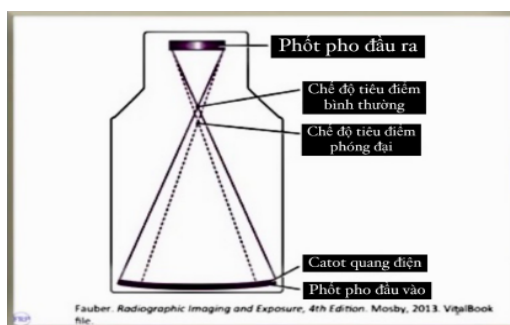
3.1.1 Kích thước trường chiếu và bộ chuẩn trực

Ống chuẩn trực là dụng cụ biến chùm tia phân kỳ thành chùm tia có hướng đi song song, chỉ những tia truyền song song mới có thể đi qua, đồng thời loại bỏ được những tia không cần thiết cho quy trình ghi hình. Vì thế, việc thu hẹp chùm tia, làm cho diện tích chùm tia tiếp xúc với bệnh nhân nhỏ hơn, giúp giảm liều và thu được hình ảnh rõ nét hơn. Ngoài ra, ống chuẩn trực rất hiệu quả trong việc giảm tán xạ. Với độ rộng chùm tia giảm đi một nửa đồng nghĩa với việc tán xạ chỉ còn 1/4 so với ban đầu. Hầu hết các hệ thống soi cho phép người vận hành giảm kích thước trường thông qua việc sử dụng ống chuẩn trực. Kích thước trường chiếu xạ lớn thì sẽ làm tăng khả năng tạo ra bức xạ tán xạ nhiều hơn. Một phần của sự tán xạ sẽ đi vào bộ thu nhận hình ảnh, làm giảm chất lượng hình ảnh video thu được. Vì thế, việc sử dụng ống chuẩn trực cũng có thể cải thiện chất lượng hình ảnh bằng cách chặn "vùng sáng" của video, cho phép phân giải các mô khác tốt hơn [14] [15].

Trong trường hợp trường nhìn bị giảm do sử dụng chế độ phóng đại, lúc này ống chuẩn trực tự động đóng lại. Tuy nhiên, cũng không gây ảnh hưởng đáng kể đến vùng da trung tâm tiếp xúc với chùm tia X, nhưng nếu có ống chuẩn trực sẽ làm giảm phần diện tích da tổn thương, và khi không may bị tổn thương da, sẽ để lại vết thương nhỏ và nhanh lành hơn so với một vùng da lớn bị tiếp xúc vì các tế bào góc có thể di chuyển vào vùng da nhỏ để chữa lành dễ hơn. Sử dụng chuẩn trực hiệu quả ngoài bớt

rủi ro cho bệnh nhân cũng giảm thiểu được mối bận tâm về việc tán xạ, gây ảnh hưởng lên nhân viên y tế [14] [15].

3.1.2 Chế độ phóng đại (Magnification Mode)



Hình 3. 1: Nguyên lý tạo chế độ phóng đại của bộ thu nhận hình ảnh
Nguồn: Internet

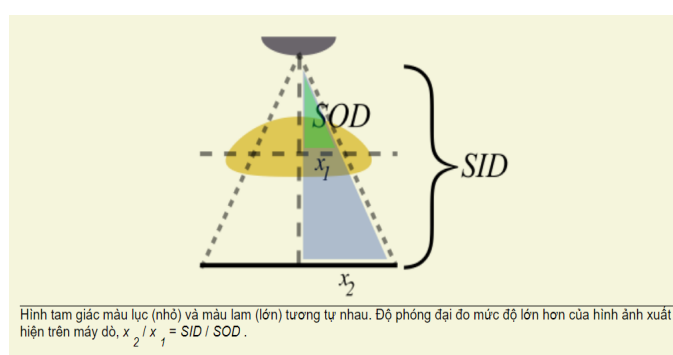
Bộ thu nhận hình ảnh thường nằm phía trên bệnh nhân, có cấu tạo như hình 3.1, khi tia X đâm xuyên qua bệnh nhân sẽ được bộ phận này ghi nhận lại ở đầu vào hay còn gọi là trường nhìn (FOV) và đầu ra nằm ở trên cùng cho ra hình ảnh. Khi trường nhìn được mở rộng tức là chùm tia sẽ đi vào toàn bộ với diện tích đầu vào đó, sẽ cho hình ảnh đầy đủ độ sáng. Nhưng khi muốn quan sát một bộ phận hay một vị trí nào đó một cách chi tiết, cần phải phóng đại hình ảnh thì bộ thu nhận hình ảnh sẽ thu nhỏ diện tích trường nhìn lại. Hình ảnh ghi nhận được là một phần của bộ phận quan sát sẽ được chiếu lấp đầy màn hình hiển thị. Trường nhìn nhỏ giúp cải thiện khả năng hiển thị các cấu trúc nhỏ nhưng đổi lại phải nhận liều cao hơn, do khi giảm diện tích ghi nhận tức là các tia chiếu tới đầu ra giảm nên hình ảnh nhận được sẽ bị thiếu sáng [14] [15].

Bảng 3. 1: Minh họa việc thay đổi chế độ xem trong hệ thống soi huỳnh quang

Chế độ Mag	ESE (R/phút)	Hệ số khuếch đại
Bình thường (23 cm)	1.2	1.0
Mag 1 (15 cm)	2.9	2.4
Mag 2 (11 cm)	5.2	4.4

St. Joseph's Hospital Health Center. (2011, May). FLUOROSCOPY USERS' MANUAL FOR PHYSICIANS. Medical Imaging Services. Syracuse, NY 13203, USA: St. Joseph's Hospital Health Center. (315) 448-5274.

Ví dụ, kích thước trường nhìn thông thường là 23cm, khi giảm diện tích ghi nhận hình ảnh xuống còn 15cm, lúc này hình ảnh sẽ bị thiếu sáng và ABC tự động kích hoạt, tăng cường sản xuất tia X và tăng mA để có được hình ảnh đủ sáng, phóng to, có thể dễ dàng quan sát, nhưng kết quả là gây tăng liều phơi nhiễm lên 2,4 lần. Khi giảm trường nhìn gần một nửa so với thông thường (11 cm), liều sẽ tăng 4,4 lần để bù sáng cho hình ảnh soi chiếu. Thông qua bảng kết quả 3.1 có thể kết luận rằng, khi càng thu nhỏ kích thước đầu vào thì ESE càng tăng. Vì vậy cần cân nhắc sử dụng chế độ phóng đại ở mức vừa phải, đủ quan sát trong quá trình soi chiếu để giảm thiểu liều cho bệnh nhân nhiều nhất có thể [14] [15].



Hình 3. 2: Tỷ lệ khoảng cách hình học
Nguồn: <http://xrayphysics.com/radio.html>

Đối với chế độ phóng đại hình học có dạng như hình 3.2, cần quan tâm đến khoảng cách từ nguồn đến bệnh nhân (SOD), từ bệnh nhân đến bộ thu nhận (OID) và từ nguồn đến bộ thu nhận (SID). Kích thước của bệnh nhân tại cơ quan tiếp nhận hình ảnh là kích thước thực nhân với tỷ lệ khoảng cách từ nguồn đến cơ quan tiếp nhận chia cho khoảng cách từ nguồn đến bệnh nhân [47]. Việc di chuyển bệnh nhân và máy dò có thể được nhìn thấy bằng phương pháp các tam giác đồng dạng. Có thể đạt được độ phóng đại hình học bằng cách di chuyển bệnh nhân đến gần nguồn tia X hơn, hoặc di chuyển bộ thu nhận ra xa hơn để tăng khoảng cách OID [48]. Chế độ này cần được xem xét mức độ cần thiết và hiệu quả đem lại kỹ lưỡng khi sử dụng. Tuy nhiên, nhân viên y tế cần đảm bảo khoảng cách cho SOD tối thiểu từ 30-40cm [47].

3.1.3 Chế độ tăng cường (Boost Mode/ High Dose Rate Mode)

Mục đích sử dụng chế độ tăng cường là tăng lượng bức xạ đến cơ quan tiếp nhận hình ảnh, vì thế có thể giảm nhiễu hình ảnh và làm rõ nét của các cấu trúc hoặc vật thể liên quan đến quy trình lâm sàng [14] [15].

Theo quy định của FDA, thông thường máy soi chiếu tự động giới hạn liều ước tính trên da là 0,1 Gy/phút, nhưng đối với soi chiếu sử dụng chế độ tăng cường cho phép vượt quá tính năng an toàn đó nhưng được giới hạn liều ước tính trên da là 0,2 Gy/phút. Chế độ này hoạt động tức là khi chùm bức xạ phát ra gấp hơn 2 lần so với soi chiếu bình thường, vì thế liều bức xạ sẽ càng tích lũy nhanh chóng cho bệnh nhân và nhân viên y tế. Khi kích hoạt chế độ tăng cường phải nhấn giữ nút điều khiển liên tục, đồng thời thiết bị sẽ phát ra âm thanh báo hiệu đang sử dụng chức năng chế độ tăng cường này. Những bệnh nhân lớn tuổi hay bệnh nhân đã từng nhận liều trước đó, khi sử dụng chế độ này cần cân nhắc kỹ lưỡng, vì khi nhận liều cao thì nguy cơ tổn thương cũng rất cao. Chỉ nên sử dụng khi thật sự cần thiết và đặc biệt lưu ý khi vận hành thiết bị phải nắm rõ nút soi chiếu thông thường và nút kích hoạt chế độ tăng cường để đảm bảo an toàn cho bệnh nhân và cả nhân viên y tế [14] [15].

3.1.4 Chế độ kiểm soát độ sáng tự động (Automatic Brightness Control - ABC)

Kiểm soát độ sáng tự động (ABC) là thiết bị được sử dụng trong máy soi chiếu huỳnh quang, dùng để cung cấp hình ảnh nhất quán trong quá trình chụp ảnh động. Để ghi nhận được ảnh là khi các bức xạ đi qua cơ thể bệnh nhân và được bộ thu nhận hình ảnh ghi lại tạo thành đoạn video để quan sát, nên cần làm sáng hình ảnh phù hợp. Có thể tùy thuộc điều chỉnh thủ công từ bác sĩ hoặc sử dụng chế độ kiểm soát độ sáng tự động. Tuy nhiên, hình ảnh có thể bị ảnh hưởng do soi chiếu ở một số vùng mô có độ dày hay cấu trúc khác nhau, điều đó làm hình ảnh kém chất lượng. Vì thế, việc sử dụng ABC là cần thiết trong việc soi chiếu huỳnh quang [15].

Khi sử dụng ABC, hình ảnh sẽ được theo dõi liên tục và tia X được điều chỉnh tự động để tạo ra độ sáng ổn định và chất lượng hình ảnh nhất quán, phù hợp tại cơ quan đó. Khi bị thiếu sáng hoặc dư sáng ABC sẽ tự động điều chỉnh mA và kVp. Nếu mô dày đặc, mA và kV được tăng lên để tạo ra nhiều photon hơn và các photon năng lượng cao hơn sẽ xuyên qua tốt hơn nhưng đổi lại mức phơi nhiễm tăng và ngược lại. Tuy nhiên, khi tăng lượng tia X đâm xuyên quá nhiều vẫn sẽ làm giảm độ tương phản hình ảnh. Vì thế người vận hành cần cân nhắc điều chỉnh phù hợp để vừa có thể đủ quan sát hình ảnh đồng thời cũng có thể giảm bớt liều cho bệnh nhân và các nhân viên y tế [5].

Khi tối ưu hóa hình ảnh, người ta có thể sử dụng ống chuẩn trực để giúp máy soi

chiếu huỳnh quang tìm thấy cài đặt mong muốn. Ví dụ, nếu đang quan sát một cơ quan với ống chuẩn trực mở rộng, vô số photon sẽ đi qua bộ phận đó và đập vào bộ thu nhận hình ảnh, mA sẽ giảm xuống và hình ảnh sẽ trở nên quá tối. Bằng cách thu hẹp ống chuẩn trực, cài đặt phơi sáng và độ sáng tự động được chọn chính xác [50].

3.1.5 Chế độ giữ hình ảnh cuối cùng (Last image hold)

Hầu như các hệ thống soi chiếu ngày nay đều được trang bị khả năng giữ hình ảnh cuối cùng. Thực chất giữ hình ảnh cuối cùng là khi ngừng soi vẫn giữ lại được hình ảnh tại thời điểm đó thay vì để màn hình trống, có thể giúp người vận hành quan sát kỹ hơn các mà không cần phát tia liên tục. Chức năng này vừa lưu lại được các hình ảnh trước đó để tiện nghiên cứu, đồng thời góp phần hạn chế phát tia cho bệnh nhân và nhân viên y tế [48].

3.1.6 Chế độ xung so với chế độ liên tục (Pulsed modes vs. Continuous modes)

Thiết bị soi chiếu huỳnh quang hiện đại được trang bị hai chế độ hoạt động tiện ích nhờ đó dòng điện tới ống tia X được sử dụng ở chế độ liên tục hoặc có thể bật và tắt xung. Điều này có thể giúp hạn chế được liều cho bệnh nhân khi không cần đến, bởi vì khi sử dụng chế độ soi xung, chùm tia sẽ tắt giữa các xung nhưng hình ảnh vẫn được hiển thị liên tục và được cập nhật theo từng xung. Qua một cuộc khảo sát người ta thấy rằng soi xung giảm 76% thời gian soi chiếu và 64% liều bức xạ so với soi liên tục [50]. Hình ảnh huỳnh quang xung là vừa đủ cho hầu hết các ca soi chiếu đơn giản. Việc sử dụng bật tắt xung giảm liều đáng kể cho bệnh nhân và nhân viên y tế.

Tốc độ xung có thể được lựa chọn tùy thuộc vào mục đích sử dụng. Tốc độ phổ biến là 3,75; 7,5; 15 và 30 xung mỗi giây. Việc lựa chọn tốc độ xung tốt nhất phụ thuộc vào tốc độ di chuyển của các đối tượng. Nếu chuyển động chậm, ghi nhận 3 hình ảnh mỗi giây có thể là đủ dùng và giảm được liều bức xạ đáng kể. Nếu cần theo dõi chuyển động chi tiết của ống thông nội mạch hoặc truyền chất cản quang qua động mạch vành, nhịp tim phải sử dụng xung cao hơn để tránh chuyển động bị giật trên màn hình hiển thị. Đối với các thủ thuật mạch vành ở người lớn thường sử dụng với tốc độ xung 15 mỗi giây. Tốc độ xung cao khoảng 30 mỗi giây có thể cần thiết cho các thao tác khó trong quá trình phẫu thuật mạch vành. Tuy nhiên, điều này có thể khiến liều có thể cao hơn việc soi chiếu liên tục nên lúc này việc sử dụng xung sẽ không còn ý nghĩa [14].

3.2 Đối với nhân viên

3.2.1 Nguyên tắc giảm thiểu bức xạ

Để đảm bảo liều bức xạ phù hợp và đảm bảo nhất thì nhân viên y tế buộc phải tuân thủ các nguyên tắc thời gian, che chắn, khoảng cách để giảm thiểu phơi nhiễm nhất có thể. Một trong những yếu tố giúp giảm phơi nhiễm bức xạ chính là thời gian phát tia khi sử dụng thiết bị, phơi nhiễm bức xạ trong quá trình soi chiếu tỷ lệ thuận với khoảng thời gian thiết bị được kích hoạt bằng công tắc chân. Máy soi huỳnh quang hiện đại ngày nay khi phát tia sẽ có tín hiệu âm thanh sau mỗi năm phút phát tia, giúp người vận hành nhận thức được việc tắt tia thủ công. Bằng cách theo dõi số khoảng thời gian năm phút, sẽ biết được liệu quy trình có mất nhiều thời gian hơn bình thường hay không [14].

Có thể giảm thiểu thời gian phơi nhiễm bằng cách không để bệnh nhân phơi sáng khi bác sĩ đang xem hình ảnh. Nên sử dụng chế độ giữ hình ảnh cuối cùng để quan sát ảnh, hạn chế việc tăng liều không đáng có cho bệnh nhân. Định vị bệnh nhân chính xác trước khi thực hiện quy trình soi chiếu để loại bỏ việc "lia máy" không cần thiết [15]. Giảm thiểu thời gian phát tia là yếu tố cần thiết trong việc bảo vệ bức xạ cho bệnh nhân và cả nhân viên y tế. Do đó, cần giảm thời gian soi càng nhiều càng tốt.

Việc giữ khoảng cách với nguồn phát tia là vô cùng quan trọng, suất liều bức xạ tăng hoặc giảm theo luật nghịch đảo bình phương khoảng cách. Việc giữ khoảng cách xa hơn với nguồn phát tia có hiệu quả giảm liều hơn nhiều lần so với giảm thời gian sử dụng hay dùng các biện pháp che chắn. Nếu một bác sĩ giảm thời gian tiếp xúc với bức xạ xuống một nửa, thì mức độ phơi nhiễm bức xạ sẽ giảm đi một nửa. Nếu một bác sĩ sử dụng các thiết bị bảo vệ bức xạ có độ dày tương đương chì gấp đôi, thì mức độ phơi nhiễm bức xạ cũng sẽ giảm đi một nửa. Tuy nhiên, nếu một bác sĩ đứng cách xa nguồn bức xạ gấp đôi thì mức phơi nhiễm bức xạ sẽ giảm gấp 4 lần. Do đó, nên giữ khoảng cách xa nhất khi có thể [51].

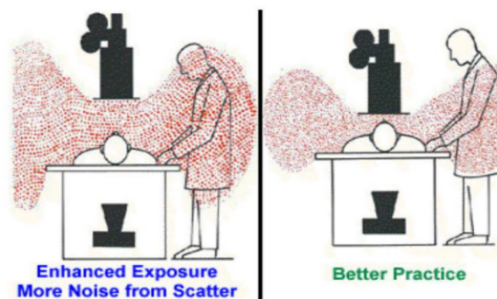
Giữ khoảng cách và giảm thời gian phơi nhiễm rất quan trọng. Bên cạnh đó, nhân viên y tế khi thực hiện các thủ thuật trong phòng soi chiếu cần tăng cường sử dụng đồ bảo hộ che chắn bức xạ phù hợp, để hạn chế hấp thụ tia xạ nhất có thể.

3.2.2 Điều chỉnh vị trí đặt ống tia X phù hợp

Vị trí hướng ống tia X cũng rất quan trọng trong việc bảo vệ nhân viên y tế khỏi

một lượng phơi nhiễm không đáng có. Tất cả các phép kiểm tra soi, ống tia X phải được đặt bên dưới bàn bệnh nhân. Bất cứ khi nào có thể, người vận hành (bác sĩ can thiệp) nên đứng ở phía bộ thu nhận ảnh khi chụp góc bên. Đồng thời phải giữ khoảng cách từ ống tia X đến bệnh nhân tối thiểu 30 - 40 cm. Theo định luật nghịch đảo bình phương, nếu để gần sẽ dẫn đến phơi nhiễm rất cao, từ đó cũng gây ra khả năng tán xạ cao và nhân viên y tế cũng nhận liều không đáng có. Phần này được thể hiện rõ hơn trong mục 3.2.7 [14] [15].

3.2.3 Giảm khe hở không khí



Hình 3. 3: Hình ảnh mô tả sự phân bố lượng tia tán xạ khi áp sát bộ thu nhận hình ảnh vào bệnh nhân
Nguồn: <https://slideplayer.com/slide/4491761/>

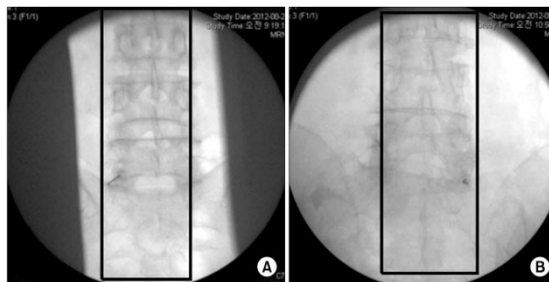
Mục đích của việc phải giảm khe hở không khí là vì khi đặt bộ ghi nhận hình ảnh cách xa bệnh nhân quá nhiều sẽ gây ra mức tán xạ tăng cao được mô tả như hình 3.3, đồng thời việc ghi nhận hình ảnh cũng không rõ ràng và sắc nét, điều này gây tăng thêm liều cho bệnh nhân và cả nhân viên y tế. Khi có khe hở thì mức sáng chỉ khoảng 69% so với không có khe hở, vì thế ABC tự động bù khoảng 31% cho sự mất mát độ sáng từ ống tia X đến bộ ghi nhận hình ảnh bằng cách tạo nhiều tia X hơn. Khi giảm khe hở không khí thì bộ thu nhận sẽ giúp ngăn chặn chùm tia sơ cấp cho người vận hành và khắc phục những sự cố trên. Khi thay đổi góc quan sát, có thể tạo khe hở không khí do di chuyển bộ thu nhận hình ảnh ra khỏi bệnh nhân, nhân viên y tế cần lưu ý và điều chỉnh lại khoảng cách phù hợp. Khi sử dụng thiết bị soi chiếu huỳnh quang, đảm bảo mặt bàn đặt xa ống tia X nhất có thể, để giúp giảm thiểu phơi nhiễm bức xạ lên da bệnh nhân. Bộ thu nhận nên được điều chỉnh lại trước khi bắt đầu soi huỳnh quang, giảm khoảng cách không khí giữa bệnh nhân và bộ ghi nhận hình ảnh cũng làm giảm mờ hình ảnh [15].

3.2.4 Sử dụng phép chiếu thay thế (Alternate Projections)

Người vận hành nên thay đổi góc chiếu sao cho giảm thiểu việc phơi nhiễm bức

xạ lên người vận hành trong quá trình thực hiện thủ thuật soi chiếu cho bệnh nhân. Khi soi chiếu hình ảnh có độ xiên không phù hợp gây ra tình trạng phơi nhiễm bức xạ cao hơn vì để đến được bộ thu nhận hình ảnh thì tia X phải xuyên qua nhiều mô có nghĩa là khoảng cách giữa ống phát tia X đến bộ thu nhận hình ảnh xa hơn. ABC lại phải tự động bù lại những tia X bị suy giảm, đồng thời bù cho độ sáng bị mất mát bởi hiệu ứng của định luật bình phương nghịch đảo bằng cách tăng thêm nhiều tia X hơn. Bên cạnh đó, các góc nhìn xiên sẽ đưa ống tia X đến gần phía người vận hành hơn, điều đó góp phần tăng mức độ phơi nhiễm do tán xạ lên nhân viên y tế [15] [52].

3.2.5 Sử dụng ống chuẩn trực (Collimator)



Hình 3. 4: (A) Hình ảnh soi huỳnh quang được thu hẹp chuẩn trực. (B) Hình ảnh soi huỳnh quang thông thường

Nguồn: https://www.researchgate.net/figure/A-Fluoroscopic-image-with-collimation-in-collimation-group-B-Conventional_fig1_236278018

Trong quá trình soi chiếu và sử dụng các kỹ thuật nói trên, nhìn chung việc tán xạ là không tránh khỏi, gây tăng liều cho nhân viên y tế. Vì thế, người ta đưa ống chuẩn trực vào sử dụng với mục đích giảm thiểu lượng tán xạ. Ống chuẩn trực là phương tiện hiệu quả để giảm tán xạ mà không ảnh hưởng đến chất lượng hình ảnh bằng cách giới hạn vùng cần soi chiếu như hình minh họa 3.4 [53].

Ống chuẩn trực không những giảm tán xạ mà còn giúp hạn chế được liều trên da bệnh nhân. Vì chúng giới hạn được trường chiếu, không gây ảnh hưởng đến liều trên vùng da trung tâm chùm tia X, mà có thể giảm được diện tích da bị tổn thương. Khi xảy ra vấn đề ngoài ý muốn, vùng da bị tổn thương nhỏ sẽ dễ hồi phục hơn so với vết thương trên diện rộng, vì các tế bào gốc dễ dàng di chuyển vào vùng da nhỏ hơn. Trong trường hợp khi sử dụng chế độ phóng đại thì ống chuẩn trực tự động đóng lại khi trường nhìn bị giảm đi, tuy nhiên người vận hành vẫn có thể tùy chỉnh để giới hạn trường nhìn phù hợp [15].

Ngoài ra còn một dạng khác được gọi là chuẩn trực ảo. Ở các hệ thống mới, được

cung cấp phần mềm xem trước để điều chỉnh ống chuẩn trực. Trường có dạng hình chữ nhật được mô phỏng trên hình ảnh cuối cùng của máy tính. Sử dụng tính năng này dùng để loại bỏ các tia dư thừa và có thể căn chỉnh chuẩn trực tiện lợi [15].

3.2.6 Lưới chống tán xạ

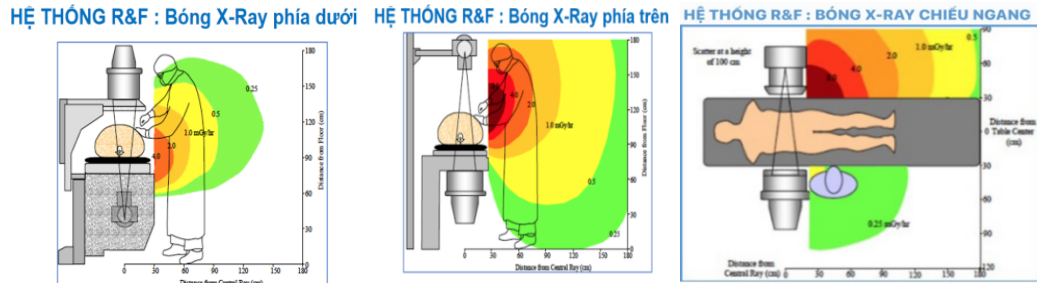
Lưới chống tán xạ được sử dụng khi bệnh nhân có cơ thể to, có mức tán xạ cao, không nên sử dụng khi bệnh nhân là trẻ em hay người có cơ thể gầy [59]. Lưới chống tán xạ có công dụng giảm thiểu tán xạ, cải thiện độ tương phản và giảm nhiễu trong quá trình theo dõi soi chiếu. Mặt khác, sử dụng lưới cũng sẽ tăng liều lên gấp 2 lần cho bệnh nhân vì cần phải bù lại lượng tia X bị hao hụt do lưới ngăn lại. Vì thế, không nên sử dụng lưới khi bệnh nhân có cơ thể gầy, nhỏ, có lượng tán xạ thấp. Nếu ống tia X nằm bên dưới bệnh nhân và người vận hành can thiệp trên bệnh nhân, nên di chuyển bộ thu nhận ra xa bệnh nhân và nguồn hơn. Trong trường hợp này, lưới thường không cần sử dụng, vì mA sẽ tăng lên để bù lại khoảng cách đó gây tăng liều, cũng như lượng tia X tán xạ đến bộ thu nhận hình ảnh cũng đã giảm, việc sử dụng lưới lúc này là không cần thiết. Vậy nên, nếu khoảng cách từ bộ thu nhận đến bệnh nhân lớn hơn 25 cm, nhân viên y tế nên loại bỏ lưới [5] [12].

3.2.7 Vị trí đứng an toàn cho người vận hành máy soi chiếu

Vị trí đứng của nhân viên và đặt ống tia X vô cùng quan trọng, biết cách đặt đúng sẽ giảm thiểu được đáng kể liều vào người vận hành, đồng thời hạn chế được rủi ro có thể xảy ra ngoài ý muốn. Vì thế, người vận hành cần hiểu rõ và biết cách di chuyển và đặt ống tia X phù hợp.

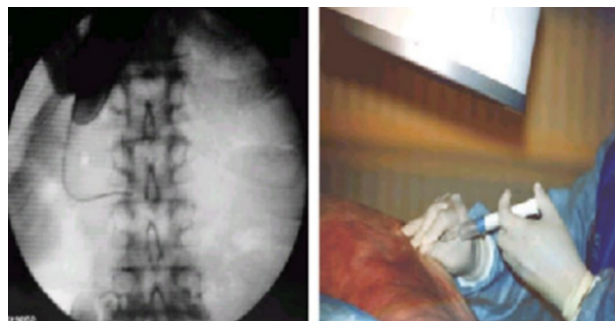
Khi đặt tia X dưới bàn, tức là khi tia X phát từ dưới lên qua người bệnh nhân, người vận hành sẽ được che chắn bởi bệnh nhân. Như hình minh họa 3.5, mức bức xạ cao nhất tập trung ở khu vực gần bệnh nhân nhất và ngang so với bàn bệnh nhân. Bất kể khi nào có thể, người vận hành nên đứng lùi ra xa hơn so với bàn sẽ giúp giảm được lượng bức xạ. Khi giữ cơ thể thẳng đứng, liều lên khuôn mặt giảm đi nhiều hơn đáng kể so với khi cúi sát trường nhìn, nếu người vận hành không đủ cao có thể sử dụng bất cứ thứ gì có thể đứng lên, để tăng thêm khoảng cách với khu vực tán xạ. Ngược lại, tia X đặt phía trên bệnh nhân thường không khuyến cáo sử dụng, vì chúng không đảm bảo an toàn cho cả người vận hành và bệnh nhân. Với trường hợp đặc biệt như soi tiết niệu, thường đặt ống tia X phía trên bệnh nhân, hầu hết các bức xạ tán xạ

gây ảnh hưởng đến mắt và ngực của người vận hành đang đứng. Vì thế, khi soi chiếu cho các trường hợp này, bác sĩ cần tăng cường che chắn, có thể tránh đi một phần bức xạ. Khi bật tia, lưu ý nhân viên cần thực hiện các nguyên tắc bảo vệ bản thân. Đồng thời, các nhân viên khác trong khoa nên giữ khoảng cách an toàn khi phát tia [47].



Hình 3. 5: Vị trí đặt ống phát tia X ảnh hưởng đến nhân viên y tế.
Nguồn: An toàn bức xạ trong chẩn đoán X-quang và can thiệp

Khác với đặt ống tia X trên hoặc dưới bàn, máy soi chiếu có thể chiếu ngang bên bàn. Nhân viên y tế nên đứng cùng phía với bộ thu nhận, vì phần lớn lượng tán xạ được tìm thấy ở phía bệnh nhân gần ống tia X nhất như hình minh họa 3.5, nên đứng xa bệnh nhân và ống tia X nhất khi có thể [55].



Hình 3. 6: Tay bác sĩ khi ở trong trường chiếu chính
Nguồn: Internet

Ngoài ra, phải đảm bảo rằng tay của bác sĩ không tiếp xúc với chùm tia sơ cấp như hình 3.6. Nếu cần phải đặt tay ở gần chùm tia, tốt nhất là nên chuẩn trực chùm tia nhỏ hơn chiều rộng của màn hình để đảm bảo về giới hạn của chùm tia.

Khi thao tác với dụng cụ trong trường bức xạ, như kim hút, phải nên tắt chùm tia và bật lại khi cần điều chỉnh và kiểm tra vị trí, hoặc có thể giữ dụng cụ bằng kẹp để tăng thêm khoảng cách, bàn tay sẽ không nằm trong trường chiếu. Nếu tay ở trong hoặc gần chùm tia khi nó được bật, phải nhanh chóng thực hiện trong thời gian ngắn và chỉ ở phía bệnh nhân đối diện với ống tia X. Nếu thường xuyên làm điều này, khuyến cáo người vận hành nên đeo liều kế ngón tay trên bàn tay để đánh giá được

liều lượng lớn nhất.

3.3 Các thiết bị bảo hộ cá nhân



Hình 3. 7: Một số dụng cụ che chắn bức xạ

Nguồn: <https://tamchixquang.com/uncategorized/ao-chiyem-chigang-tay-chi.html>

Theo khoản 8, điều 5 của thông tư 13/2014/TTLT-BKH-CN-BYT thì thiết bị X-quang can thiệp phải có các tấm che chắn cao su chì lắp tại bàn người bệnh để che chắn các tia bức xạ ảnh hưởng đến nhân viên và hệ che chắn treo trên trần để sử dụng cho mục đích bảo vệ mắt và tuyến giáp của nhân viên khi theo dõi người bệnh. Các tấm che chắn tương đương chì phải bảo đảm có chiều dày che chắn không nhỏ hơn 0,5 mm chì như hình minh họa 3.7.

Việc sử dụng tạp dề chì là phương án che chắn hiệu quả nhất đến thời điểm hiện tại, tất cả các nhân viên y tế thực hiện soi chiếu cho bệnh nhân phải nên mang chúng đến khi kết thúc quá trình soi chiếu. Tuy nhiên trên thực tế, với kinh tế của mỗi quốc gia, mỗi khu vực là khác nhau, không thể đáp ứng toàn bộ cho tất cả nhân viên nên thường là bác sĩ soi chiếu chính sẽ sử dụng tạp dề chì. Khi có tạp dề chì che chắn, hầu như có thể giảm thiểu được hơn 90% lượng bức xạ, tuy nhiên còn tùy thuộc vào việc cài đặt kV mà máy sử dụng phù hợp với bề dày bệnh nhân và độ dày của tạp dề chì. Ngoài ra trường hợp đặc biệt đối với bác sĩ có tần suất công việc cao, sử dụng áo chì tương đương với mặt trước 0,5 mm và mặt sau 0,25 mm là lý tưởng. Theo kiến nghị, khi bệnh nhân có kích thước dày hơn phải sử dụng điện áp cao hơn, điều này sẽ gây ảnh hưởng đến tác dụng của áo chì. Vì thế, thường là loại áo chì có bề dày 0,5 mm được khuyến nghị sử dụng phổ biến nhất [56] [52].

Bên cạnh đó, cũng có một số thắc mắc rằng bác sĩ soi chiếu có cần sử dụng găng tay chì trong quá trình thực hiện hay không? Trên thực tế đeo găng tay chì có thể giảm lượng bức xạ từ 15-30% khi tay ở ngoài chùm tia sơ cấp. Ngược lại, nếu đeo găng tay và đặt trong chùm tia sơ cấp, hệ thống kiểm soát phơi nhiễm tự động (ABC)

sẽ kích hoạt mức tăng phơi nhiễm (kV) làm tăng liều lượng cho tay, cũng như liều lượng cho bệnh nhân và nhân viên y tế. Ngoài ra, còn có thể tăng thời gian tay ở trong chùm tia sơ cấp nên việc sử dụng găng tay trở nên vô nghĩa và không hiệu quả trong trường hợp này. Ngoài ra, găng tay chì còn gây mất cảm giác và cồng kềnh [52]. Vì những lý do này, việc sử dụng găng tay còn tùy thuộc vào tình hình để đưa ra quyết định phù hợp. Tốt nhất, người vận hành nên tránh đặt tay vào chùm tia sơ cấp, chỉ đặt tay lên trên bệnh nhân, không đặt tay bên dưới bệnh nhân hoặc mặt bàn trong khi chụp ảnh.

Các tấm bảo vệ tuyến giáp có khả năng che chắn tương đương với 0,5 mm chì nên được đeo bởi bác sĩ nam giới dưới 30 tuổi và nữ giới dưới 40 tuổi, những người ở độ tuổi này thường có nguy cơ cao phát triển ung thư tuyến giáp do bức xạ. Người vận hành thực hiện khối lượng lớn các thủ thuật và những người cần tiếp cận trực tiếp với bệnh nhân gần khu vực soi chiếu nên đeo kính chì bảo hộ. Hầu hết các loại kính dùng cho mục đích này đều có thấu kính với độ dày 0,75 mm. Điều này làm giảm liều mắt xuống khoảng 17,5% liều so với khi không được che chắn. Kính bảo hộ nên có tấm chắn bên vì tán xạ có thể đi vào từ bên cạnh khi người vận hành nhìn vào màn hình. Tấm chắn thân trên trong suốt thường được treo trên trần nhà và bảo vệ phần thân trên, mặt và cổ. Tấm chắn có đường viền để nó có thể được định vị giữa bệnh nhân được chiếu xạ và người vận hành. Tấm chắn di động phẳng phải được đặt giữa người và nguồn bức xạ khi sử dụng. Và còn có nhiều thiết bị che chắn khác để đảm bảo an toàn bức xạ trong soi chiếu huỳnh quang. Tác dụng bảo vệ đủ để đảm bảo an toàn bức xạ là thế nhưng ở một số cơ sở chưa thật sự nghiêm khắc quán triệt việc sử dụng thiết bị bảo vệ hoàn toàn. Tuy nhiên, khi bác sĩ sử dụng các thiết bị này khi thực hiện quy trình soi chiếu, chúng có thể được bảo vệ khỏi phơi nhiễm phóng xạ đáng kể [14].

CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG VĂN HOÁ AN TOÀN

4.1 Bảo đảm nguồn nhân lực cho ekip can thiệp

Ekip can thiệp thực hành tối thiểu cần: 01 bác sĩ can thiệp, 01 nhà vật lý y khoa, 01 kỹ thuật viên chính và 01 điều dưỡng. Cần có sự phân công trách nhiệm rõ ràng, mỗi thành viên có những trách nhiệm cụ thể sau: [57]

Bác sĩ giám sát: Bác sĩ thực hiện các thủ thuật soi chiếu huỳnh quang, có trách nhiệm giám sát các hoạt động của cả ekip can thiệp. Bác sĩ cần làm việc cùng với kỹ thuật viên trưởng để phát triển và duy trì các phác đồ hình ảnh. Khi cần thiết, bác sĩ đóng vai trò liên lạc với các bác sĩ khác về các vấn đề liên quan đến sự an toàn của bệnh nhân, chẳng hạn như thời gian soi lâu hơn so với các đồng nghiệp.

Nhà vật lý y khoa: VLYK là người theo dõi thiết bị, phân tích việc sử dụng bức xạ, phối hợp thiết kế các giao thức hình ảnh, đảm bảo các vấn đề liên quan tới an toàn bức xạ và đánh giá liều cho các thành viên trong ekip can thiệp. VLYK chịu trách nhiệm kiểm tra và giám sát thiết bị để đảm bảo thiết bị hoạt động an toàn. VLYK cung cấp các ước tính liều bệnh nhân khi cần thiết và tư vấn về tác động của liều lượng bức xạ được sử dụng đối với bệnh nhân.

Kỹ thuật viên : là người chọn và điều chỉnh các giao thức hình ảnh, hỗ trợ định vị bệnh nhân, theo dõi việc sử dụng bức xạ, thông báo về cảnh báo ngưỡng bức xạ và lưu giữ hình ảnh. Kỹ thuật viên chịu trách nhiệm duy trì các quy trình chụp ảnh dưới sự chỉ đạo của bác sĩ và nhà VLYK. Kỹ thuật viên tư vấn cho các thành viên trong ekip can thiệp về các sự cố thiết bị hoặc các quan sát khác thường có thể ảnh hưởng đến liều lượng bệnh nhân hoặc chất lượng hình ảnh. Khi cần, có thể ước tính liều bệnh nhân, kỹ thuật viên sẽ hỗ trợ VLYK thu thập dữ liệu cần thiết.

Điều dưỡng: theo dõi tình trạng bệnh nhân, quản lý thuốc và đảm bảo bệnh nhân trong tư thế thoải mái nhất.

Trong ekip can thiệp cần phân công nhiệm vụ rõ ràng nhằm đảm bảo an toàn và hiệu quả trong việc ứng dụng bức xạ trong chẩn đoán.

4.2 Giám sát liều bức xạ

Các bác sĩ và nhân viên y tế trong cả ekip phải luôn đảm bảo liều lượng bức xạ khi thực hiện các thủ thuật soi chiếu. Bất kỳ một sai sót nào cũng để lại hậu quả và tổn

thất cho bệnh nhân và cả đội ngũ y tế. Đó là lí do tại sao chúng ta cần phải nắm rõ về liều lượng bức xạ để không xảy ra bất kỳ rủi ro đáng tiếc nào. Mỗi bệnh viện hay bất kỳ cơ sở y tế nào cũng cần phải có phương pháp theo dõi, lưu trữ thông tin liều lượng cho bệnh nhân cùng với nhân viên y tế để kiểm soát và đảm bảo an toàn hơn.

4.2.1 Kiểm soát liều bệnh nhân, theo dõi bệnh nhân

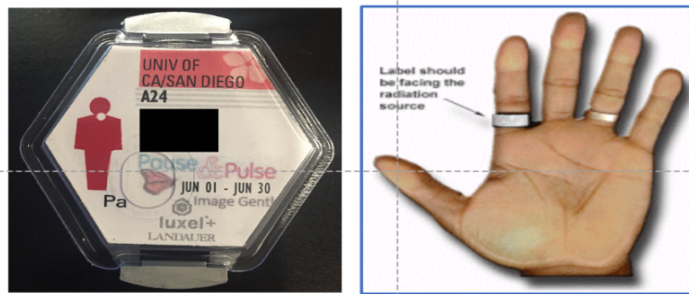
Để kiểm soát phơi nhiễm đối với bệnh nhân trong thủ thuật soi chiếu huỳnh quang, các biện pháp kiểm soát phơi nhiễm như sau: [53]

- Chỉ đặt bệnh nhân trong phòng chiếu xạ khi cần thiết để giảm thiểu thời gian phơi nhiễm.
- Sử dụng thiết bị hạn chế bức xạ để giảm thiểu bức xạ cho bệnh nhân.
- Áp dụng các biện pháp giảm liều như đã nêu trong Phần 3.
- Nhập liều bức xạ cho bệnh nhân và ghi nhận vào hồ sơ của bệnh nhân.
- Đảm bảo rằng bệnh nhân được thông báo về thủ thuật soi chiếu huỳnh quang và các rủi ro liên quan đến bức xạ.
- Ghi lại thời gian tiếp xúc với bức xạ, mức độ bức xạ mà bệnh nhân đã tiếp nhận, đơn vị đo lường (ví dụ như Sv/ mSv/ Gy/ mGy hoặc mGy.cm²) và các thông số liên quan khác.
- Áp dụng mức liều tham chiếu trong chẩn đoán

4.2.2 Kiểm soát liều cá nhân và liều khu vực làm việc

Mỗi người làm việc trong môi trường bức xạ cần phải đảm bảo đã được cung cấp đầy đủ các liều kế cá nhân. Việc sử dụng liều kế vô cùng cần thiết trong việc đánh giá và lưu trữ hồ sơ liều bức xạ cho nhân viên, chúng phải luôn được kiểm tra định kỳ để đảm bảo chất lượng cũng như kiểm soát mức độ phơi nhiễm. Với bất kỳ phương pháp đo liều nào thì việc tuân thủ nghiêm túc và đặt liều kế đúng vị trí sẽ mang lại kết quả đáng tin cậy nhất.

a) Sử dụng liều kế cá nhân



Hình 4. 1: Liều kế cá nhân

Nguồn:

<https://nci.moh.gov.my/index.php/ms/warga/jk-sinaran/sop/459-ikn-rs-sop-14-guidelines-wearing-personal-dosimeter>

Nhân viên vận hành thiết bị, bác sĩ và kỹ thuật viên tham gia thực hiện các thủ thuật không thể thiếu đồ bảo hộ cá nhân. Nhưng để kiểm soát liều thì nhân viên y tế được cung cấp liều kế cá nhân như trong hình 4.1. Có 3 dạng liều kế được khuyến nghị đưa vào sử dụng bao gồm liều kế WB - Whole Body là một liều kế để chỉ liều toàn thân, được đeo ngang ngực và đặt dưới tạp dề, để ước tính tốt hơn liều hiệu dụng của người vận hành và đánh giá mức độ suy giảm của tạp dề. Liều kế này đo các giá trị liều theo liều cá nhân tương đương $H_p(10)$ và $H_p(0,07)$. Liều kế cá nhân điện tử là liều kế đeo ngang ngực và được đặt trên tạp dề, để đo liều thời gian thực. Liều kế này đo các giá trị liều theo liều cá nhân tương đương $H_p(10)$ và $H_p(0,07)$. Liều kế EL - Eye Lens là liều kế được đeo ngang tầm mắt bên dưới hoặc bên trên thiết bị bảo hộ (kính bảo hộ, mặt nạ). Liều kế này thường có khả năng đo các giá trị liều theo liều cá nhân tương đương $H_p(0,07)$ hoặc $H_p(3)$ [58]. Không đặt nhầm lẫn vị trí liều kế, mỗi cái phải được dán nhãn đúng vị trí chính xác. Vô tình đặt lộn liều kế sẽ làm sai lệch số đọc của cả hai cái trong khoảng thời gian theo dõi. Các thủ thuật trong quá trình soi chiếu, bác sĩ còn thường bị ảnh hưởng bức xạ đến tay rất nhiều. Ngón tay thường đặt gần với chùm tia sơ cấp, đeo liều kế ngón tay để kiểm soát được mức độ phơi nhiễm của tay. Liều kế này được đeo dưới găng tay vô trùng, nên đeo ở tay hướng về chùm tia nhiều nhất vì khi đeo liều kế chỉ biết được liều ở sát bàn tay chứ không kiểm soát được liều ở đầu ngón tay [59]. Liều kế ngón tay nên được giám sát định kỳ tương ứng với ngưỡng liều được đề ra theo bảng 4.1.

Bảng 4. 1: Giám sát liều lượng khi sử dụng liều kế ngón tay.

Liều lượng hàng tháng liều kế tay	Tình trạng	Theo dõi
< 3 mSv	Liều thấp, an toàn	Kiểm tra lại sau 1 năm
3 mSv-10 mSv	Khuyến khích giảm liều	Cần tiếp tục theo dõi
> 10 mSv	Phải điều chỉnh để giảm liều	Cần tiếp tục theo dõi

H. N. Wagner, Jr., A. V. Chettle, and K. E. Moody, "Radiation Protection in Medical Radiography," in Handbook of Fluoroscopy Safety, Indianapolis, IN, USA, IUPUI, 2018, pp. 43-63.

Nhân viên y tế phải cất giữ liều kế ở nơi an toàn khi không dùng tới, tránh xa ánh nắng mặt trời, nguồn bức xạ hoặc các khả năng gây hư hại. Việc đọc liều kế bị thiếu hoặc không hợp lệ sẽ tạo ra sai sót, gây ảnh hưởng đến kết quả phơi nhiễm trong quá trình giám sát. Liều kế cá nhân của các nhân viên bức xạ phải được thực hiện đo đánh giá liều chiếu xạ ít nhất 03 tháng một lần tại cơ sở được Bộ Khoa học và Công nghệ cấp đăng ký hoạt động dịch vụ đo liều chiếu xạ cá nhân [60].

Để thuận tiện theo dõi liều cá nhân, tại các cơ sở bệnh viện cung cấp mỗi nhân viên y tế một sổ theo dõi liều kế cá nhân để dễ dàng kiểm soát liều lượng an toàn cho họ như mẫu hình 4.2. Mẫu sổ theo dõi được ban hành kèm theo Thông tư số 19/2012/TT-BKHCN [38] ngày 08 tháng 11 năm 2012 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ.

b) Kiểm soát liều khu vực làm việc

... TÊN TỔ CHỨC, CÁ NHÂN

(Trang bìa)

SỔ THEO DÕI LIỀU CHIẾU XẠ NGHIỆP CÁ NHÂN

Ho và tên nhân viên bức xạ:
Số đăng ký:

(Địa danh), tháng... năm...

I. Thông tin cá nhân

Ho và tên: _____ Giới tính: Nam/Nữ

Ngày tháng năm sinh: _____
Số chiếu xạ cá nhân: _____
Số đăng ký: Nơi đăng ký: _____ Ngày cấp: _____ Nơi cấp: _____

II. Quá trình công tác

Thời gian	Tên cơ quan và địa chỉ	Nghề nghiệp	Loại bức xạ thường tiếp xúc
Từ: / /			
Đến: / /			
Từ: / /			
Đến: / /			

* Khai các cơ quan làm việc chính thức (theo hợp đồng dài hạn, trong biên chế)

Thời gian	Tên cơ quan và địa chỉ	Nghề nghiệp	Loại bức xạ thường tiếp xúc
Từ: / /			
Đến: / /			
Từ: / /			
Đến: / /			

III. Kết quả theo dõi liều bức xạ cá nhân năm...

Đơn vị công tác: _____
Cơ quan là đơn vị đo liều cá nhân: _____

Thời gian	Hp(10) (mSv)	Hp(2) (mSv)	Hp(0.07) (mSv)	Chỉ số trung (mSv)	Liều sự cố bức xạ hại nhân (mSv)	Định chú
Từ: / /						
Đến: / /						
Từ: / /						
Đến: / /						
Tổng						

khảo sát, các biên chép khác như...

NGƯỜI PHỤ TRÁCH AN TOÀN **XÁC NHẬN CỦA CƠ QUAN**
(Chữ và ghi rõ họ và tên) (Chữ, đóng dấu)

Hình 4. 2: Sổ theo dõi liều kế cá nhân cho nhân viên y tế.
Nguồn: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-19-2012-TT-BKHCN-quy-dinh-kiem-soat-va-bao-dam-an-toan-buc-xa-152634.aspx>

Song song với việc kiểm soát liều cá nhân đối với các nhân viên bức xạ, thì phòng bức xạ ở các khu vực làm việc cũng rất cần được quan tâm và kiểm soát chặt chẽ. Các nhân viên y tế cần nắm rõ vị trí phân bố tia X trong phòng, cũng như vị trí đứng an toàn khi thực hiện thủ thuật soi chiếu cho bệnh nhân như đã đề cập trong phần 3.2.2 và 3.2.7.

Theo khoản 2, điều 8 thông tư 19/2012/TT-BKHCN phải thiết lập khu vực giám sát thỏa mãn điều kiện có mức liều bức xạ tiềm năng lớn hơn 1 mSv/năm và nhỏ hơn 6 mSv/năm.

Để kiểm tra khu vực làm việc, cần sử dụng các thiết bị đo phóng cầm tay để tiến hành kiểm tra định kỳ. Ngoài ra, trước các phòng sử dụng thiết bị phát tia phải được cung cấp liều kế TLD treo tại khu vực đó, sau khoảng từ 1-3 tháng sẽ đọc được liều tích lũy, và biết được liều phóng trung bình tin cậy hơn [38].

4.3 Đào tạo an toàn bức xạ

1) Nhân viên y tế bao gồm các bác sĩ can thiệp, kỹ thuật viên, điều dưỡng phải tham gia các khoá đào tạo về an toàn bức xạ nhằm có được những kiến thức cơ bản và được cập nhật những kiến thức mới về bức xạ, về rủi ro bức xạ và các vấn đề liên quan tới bảo vệ chống bức xạ liên quan đến thiết bị mới, phần mềm, công cụ hỗ trợ với sự hợp tác chặt chẽ của ngành chăm sóc sức khỏe [38].

2) Thúc đẩy sự tham gia chặt chẽ của nhà vật lý y khoa có trình độ để tạo điều kiện đào tạo tại chỗ cho tất cả các chuyên gia y tế và cải thiện sự công nhận các hoạt động đó trong hệ thống đào tạo liên tục [14].

4.4 Quản lý sự cố bức xạ y khoa trong chẩn đoán x-quang

Sự cố bức xạ là những tổn hại mà bệnh nhân hay nhân viên y tế phải chịu khi sử dụng bức xạ ion hóa trong chẩn đoán và điều trị. Sự cố có thể là những lần phơi nhiễm ngẫu nhiên do thiết bị hư hỏng hoặc do nhầm lẫn của người vận hành. Cũng có thể là những phơi nhiễm ngoài ý muốn, dù đã có xác định từ trước nhưng sự cố xảy ra vượt hơn dự định ban đầu, gây ra những tổn thương nặng nề. Khi xảy ra vấn đề này, việc nhận dạng sớm một sự cố chính là yếu tố quan trọng để có thể khai báo một cách chính xác và kịp thời. Để nhận biết và ngăn ngừa sự cố trong y học bức xạ, chúng ta cần xác định được mức liều mà bệnh nhân nhận được trên thực tế khi thực hiện các thủ thuật. Sau đó đem so sánh với mức liều chỉ định (mức tham chiếu chẩn đoán hoặc

giá trị tham chiếu chẩn đoán được bệnh viện thiết lập trước khi cấp giấy phép) để đánh giá sự cố đang ở mức độ nào (mục 4.4.1) và phụ thuộc vào mức độ nghiêm trọng của sự cố đó chúng ta tiến hành thực hiện khai báo cho các cấp bậc quản lý phù hợp (mục 4.4.3).

4.4.1 Phân loại sự cố bức xạ y khoa



Hình 4. 3: Phân loại sự cố bức xạ
Nguồn: Hướng dẫn nhận dạng và khai báo sự cố

Căn cứ vào mức độ ảnh hưởng, sự cố bức xạ y khoa xảy ra trong xạ trị, chẩn đoán X-quang, y học hạt nhân có thể chia làm 4 nhóm (Hình 4.3) [61].

- Tai nạn là sự cố gây ra hậu quả đặc biệt nghiêm trọng (gây tử vong, thương tật vĩnh viễn,..)
- Sự cố lớn là các sự cố gây hậu quả nghiêm trọng kèm theo các hiệu ứng tất định có mức liều lớn hơn mức chỉ định.
- Sự cố nhỏ là sự cố có thể sửa chữa được nhưng không có nhiều ý nghĩa lâm sàng.
- Sự cố suýt xảy ra (near miss) là sự cố lẽ ra sẽ xảy ra nhưng đã được phát hiện và ngăn chặn trước khi tiến hành chẩn đoán và điều trị. Những sai sót trong kế hoạch, tính toán,... không được coi là thiếu sót nếu nó được phát hiện và sửa chữa như một phần của quy trình kiểm tra trước khi đưa vào sử dụng trong lâm sàng.

4.4.2 Nhận dạng sự cố bức xạ trong X-quang

Yếu tố quan trọng để có thể khai báo sự cố một cách chính xác và kịp thời là thực hiện nhận dạng sớm một sự cố được thể hiện chi tiết qua bảng 4.2. Đây được xem như là bước ban đầu căn bản trong việc quản lý sự cố. Chúng ta có thể không nhận ra ngay việc xảy ra sự cố nếu chỉ dựa trên việc quan sát các biểu hiện lâm sàng sớm, vì không phải lúc nào sự cố bức xạ cũng gây hiệu ứng tất định ngay sau khi chẩn đoán và điều trị. Những biểu hiện về sự cố bức xạ ở bệnh nhân đa số biểu hiện chậm nên

sự cố thường được phát hiện sau một thời gian dài. Để nhận biết và ngăn ngừa sự cố trong y học bức xạ, chúng ta cần phải xác định được mức liều bức xạ mà bệnh nhân nhận được trên thực tế khi thực hiện các thủ thuật chẩn đoán và điều trị. Các mức này thường được so sánh với mức liều chỉ định (mức tham chiếu chẩn đoán [62] hoặc giá trị tham chiếu chẩn đoán được bệnh viện thiết lập trước khi cấp giấy phép).

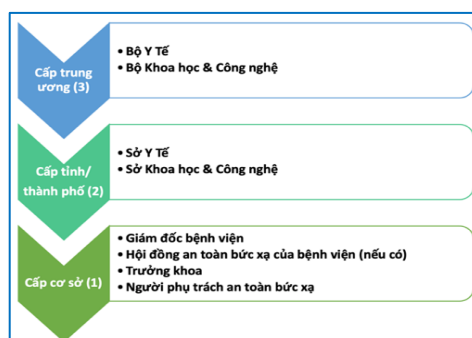
Bảng 4. 2: Nhận dạng sự cố trong X-quang

Loại sự cố	Chẩn đoán X-quang [37] [63]		
	Người lớn ^a	Trẻ em ^b	Thai nhi
Tai nạn	Đề lại các di chứng, tổn thương tất định: ban đỏ, rụng tóc,..		Phơi nhiễm ngoài ý muốn, khuyến khích báo cáo.
Sự cố lớn	Lớn hơn 2 lần so với mức liều tham chiếu chẩn đoán đối với thủ thuật chiếu liều cao (X-quang can thiệp, chụp X-quang và soi chiếu liên quan đến chất cản quang, chụp CT) và lớn hơn 10 lần mức tham chiếu chẩn đoán đối với các thủ thuật khác.		
Sự cố nhỏ	Lớn hơn 20 lần so với mức tham chiếu chẩn đoán đối với thủ thuật chiếu liều thấp (DEXA, hộp sọ, răng, ngực).		
Sự cố suýt xảy ra	Có thể xảy ra ở mọi khoảng liều nhưng đã được phát hiện và ngăn chặn trước khi tiến hành điều trị		

(a) Mức tham chiếu liều chẩn đoán dành cho người lớn tham khảo phụ lục Mức chỉ dẫn trong chiếu xạ y tế ban hành kèm Thông tư số 13/2018/TT-BKHCN [64] [65].

(b) Mức tham chiếu liều chẩn đoán dành cho trẻ em tham khảo Hướng dẫn Châu Âu về DRLs cho Hình ảnh Nhi khoa [37].

4.4.3 Khai báo sự cố



Hình 4. 4: Cấp bậc quản lý rủi ro bức xạ
Nguồn: Hướng dẫn nhận dạng và khai báo sự cố

Nhân viên y tế sau khi xác định mức độ nghiêm trọng của sự cố nên thực hiện báo cáo lên các cấp có thẩm quyền quản lý sự cố đó. Sự tiếp nhận và xử lý báo cáo sự cố bức xạ được chia thành các cấp bậc theo sơ đồ hành chính được trình bày trong hình 4.4. Tất cả các trường hợp sự cố, dù ở mức độ ít nguy hại như sự cố suýt xảy ra hay nghiêm trọng như tai nạn, thì cần phải báo cáo trực tiếp đầu tiên cho cấp quản lý tại cơ sở (1). Tuy nhiên đối với tai nạn bức xạ hoặc sự cố lớn, thì lãnh đạo bệnh viện sau khi tiếp nhận thông tin sự cố sẽ chịu trách nhiệm gửi văn bản báo cáo chính thức đến tất cả các cấp quản lý từ tỉnh/thành phố (2) đến cấp trung ương (3) [63].

Những sự cố nhỏ thường không bắt buộc báo cáo lên cấp trung ương và cấp tỉnh, có thể ghi nhận và tự rút kinh nghiệm tại cơ sở. Do đó, người trực tiếp gây ra hoặc người phát hiện sự cố đó có trách nhiệm báo cáo cho trưởng khoa, người phụ trách an toàn bức xạ, giám đốc cơ sở khám chữa bệnh hoặc Hội đồng an toàn bức xạ của bệnh viện (nếu có). Nâng cao tinh thần tự nguyện, sẵn sàng chia sẻ sự cố để cùng học hỏi, rút kinh nghiệm và tránh rủi ro về sau.

4.5 Chương trình xây dựng đảm bảo chất lượng và kiểm tra chất lượng

Thiết lập, thực hiện và duy trì chương trình kiểm soát chất lượng toàn diện: [62]

- Phối hợp với nhà cung cấp và bác sĩ, kỹ thuật viên, xác định chế độ xử lý ảnh tối ưu và thiết lập chế độ liều đáp ứng yêu cầu hình ảnh lâm sàng
- Thực hiện và đánh giá các đặc trưng kỹ thuật của thiết bị soi
- Kiểm tra và đánh giá an toàn bức xạ
- Thực hiện đánh giá thiết bị bảo vệ cá nhân
- Đánh giá liều bệnh nhân.

4.6 Liều tham chiếu trong chẩn đoán

Các mức liều tham chiếu được sử dụng để đảm bảo liều bức xạ cho người bệnh và nhân viên y tế trong quá trình chẩn đoán là an toàn và được giới hạn trong phạm vi cho phép. Mức liều này được tính dựa trên nhiều yếu tố như loại thiết bị sử dụng, vị trí và kích thước của cơ quan, độ dày mô mềm và mật độ của cơ thể. Để sử dụng mức liều tham chiếu, cần phải thực hiện các bước sau: [66]

- Xác định loại thiết bị sử dụng và cài đặt các thông số liều bức xạ phù hợp để đảm bảo an toàn.
- Xác định vị trí và kích thước của cơ quan được chụp để có thể tính toán các thông số liều bức xạ phù hợp nhất.
- Tính toán các liều bức xạ dựa trên thông số của thiết bị, vị trí và kích thước của cơ quan được chụp và các yếu tố khác.
- So sánh các thông số liều bức xạ với các mức liều tham chiếu tương ứng. Nếu liều bức xạ cao hơn mức liều tham chiếu, cần kiểm tra lại các thông số thiết bị và thực hiện các biện pháp bảo vệ để giảm thiểu liều bức xạ.
- Sử dụng các biện pháp bảo vệ phù hợp như sử dụng tấm chắn bức xạ, dụng cụ bảo hộ chống bức xạ và hạn chế thời gian tiếp xúc với tia X để giảm thiểu liều bức xạ cho người bệnh và nhân viên y tế.
- Theo dõi và ghi nhận liều bức xạ cho người bệnh và nhân viên y tế để đảm bảo việc sử dụng tia X được thực hiện trong giới hạn an toàn.

Lưu ý rằng, các mức liều tham chiếu không phải là giới hạn tối đa cho mỗi bệnh nhân. Khi cần thiết, bác sĩ có thể điều chỉnh các thông số liều bức xạ để đảm bảo chẩn đoán chính xác và an toàn.

Qua Hướng dẫn an toàn về sử dụng bức xạ trong soi chiếu huỳnh quang, có thể đã đóng góp phần nào cho nhân viên y tế có thể hiểu thêm về một khía cạnh nào đó trong an toàn bức xạ, việc thực hiện đúng kỹ thuật và tuân thủ quy tắc là đã góp phần giảm thiểu liều lượng đáng kể cho bệnh nhân và nhân viên y tế. Với tinh thần trách nhiệm và sự chuyên nghiệp trong ngành, chúng ta cùng nhau thúc đẩy đảm bảo an toàn bức xạ khi sử dụng thiết bị soi chiếu huỳnh quang nói riêng và ngành y tế nói chung.

Hãy đóng góp và nâng cao chất lượng dịch vụ y tế vì sức khỏe của cộng đồng!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] UNSCEAR, SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION, New York: 2022, 2020/2021.
- [2] Dehen L, Vilmer C, Humilière C., "Chronic radiodermatitis following cardiac catheterisation: a report of two cases and a brief review of the literature.," in Heart, Paris, 1999, pp. 81 (3):308-312.
- [3] Nahass G T, Cornelius L, "Nahass G T, Cornelius L. Fluoroscopy-induced radiodermatitis after transjugular intrahepatic portosystemic shunt.," in The American Journal of Gastroenterology, 1998, p. 93(09):1546–1549..
- [4] Geise, R. A., White, G., Bank, M., Morris, J. T., Payne, T., Shope, Jr., T., ... & Kelsey, A, "AAPM Report No. 58 Management of uses of fluoroscopy in health facilities: Report of the Task Group Service VI of the Charles. Radiation Protection Commission. American Association of Medical Physicists," Medical Physics Publishing House., 1998.
- [5] Lloyd W. Klein and Mugurel Bazavan, "The Economic Imperatives Underlying the Occupational Health Hazards of the Cardiac Catheterization Laboratory," 12 Apr 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.003742>.
- [6] IAEA, "What is radiation?," 3 March 2022. [Online]. Available: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-radiation>, 3/3/2022..
- [7] L. N. Quốc, “Ảnh hưởng của Bức xạ Ion hóa lên cơ thể con người và ứng dụng của nó trong y học,” 25 11 2021. [Trực tuyến]. Available: <https://ruybangtim.com/ung-thu-do-buc-xa/>.
- [8] Q. M. Hiếu, “Tia hồng ngoại là gì? Ứng dụng của tia hồng ngoại trong cuộc sống,” 2021. [Trực tuyến]. Available: <https://www.dienmayxanh.com/kinh-nghiem-hay/tia-hong-ngoai-la-gi-ung-dung-cua-tia-hong-ngoai-1301976>, 2021..
- [9] M. Y. M. Chen and T. L. Pope, Basic Radiology, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2011.
- [10] Wikipedia, "Ionizing radiation," 23 11 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Ionizing_radiation.
- [11] C. J. Martin, Physics for Radiation Protection, 3rd ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2013.
- [12] L. W. Klein, J. A. Goldstein, D. Haines, C. Chambers, R. Mehran, S. Kort, C. M. Valentine, and D. Cox, "SCAI multi-society position statement on occupational health hazards of the catheterization laboratory: Shifting the paradigm for Healthcare Workers' P," The American college of cardiology, no. Elsevier, pp. vol. 21, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1002/ccd.28579, 2020.
- [13] TS. Nguyễn Văn Kính, “Tác dụng sinh học của bức xạ ion hóa,” 11 12 2016. [Trực tuyến]. Available: <https://www.slideshare.net/thinhtranngoc98/2016-hqg-ts-kinh-sinh-hoc-px-72016-new>.
- [14] H. N. Wagner, Jr., A. V. Chettle, and K. E. Moody, ""Radiation Protection in Medical Radiography," in Handbook of Fluoroscopy Safety, Indianapolis, IN, USA, IUPUI, 2018, pp. pp. 43-63.
- [15] S. J. H. H. Center, "FLUOROSCOPY USERS' MANUAL FOR PHYSICIANS," in Medical Imaging Services. Syracuse, NY 13203, USA: St. Joseph's Hospital Health Center., 2011, May, pp. (315) 448-5274..

- [16] W. Robeson, "Fluoroscopy Re-Credentialing," in Presentation created by M. Yoshida-Hay, Radiation Safety Officer, North Shore University Hospital Radiology/Radiation Safety Office, pp. (516) 562-3895.
- [17] L. Wagner, "Radiation injury is a potentially serious complication to fluoroscopically-guided complex interventions," ICRP 85:Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures & doi: 10.2349/bijj.3.2.e22, 2007.
- [18] Paul H. Brown, Charles R. Wilson, Daniel J. Miron, and Marcum D. Martz, Medical Fluoroscopy: A Guide for Safe Usage, 2010.
- [19] D. T. Luong, "An toàn bức xạ kiến thức nền tảng," 2020. [Trực tuyến]. Available: <http://www.atbx.net/kien-thuc-nen-tang/>. [Accessed: 12-Apr-2023].. [Đã truy cập 12 4 2023].
- [20] J. Valentin, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," in International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, 2007.
- [21] "Thông tư số 30/2016/TT-BYT, QUY ĐỊNH QUY CHUẨN KỸ THUẬT QUỐC GIA VỀ BỨC XẠ TIA X - GIỚI HẠN LIỀU TIẾP XÚC BỨC XẠ TIA X TẠI NƠI LÀM VIỆC," 2016. [Trực tuyến]. Available: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Lao-dong-Tien-luong/Thong-tu-30-2016-TT-BYT-quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-gioi-han-lieu-buc-xa-tia-X-noi-lam-viec-318349.aspx>.
- [22] M. C. Cantone et al, "M. C. Cantone et al. Report of IRPA task group on the impact of the eye lens dose limits," in J Radiol Prot, 2017, p. 37(2):527.
- [23] Maas, A. H., Ebert, D., Fantuzzi, E., Harrison, R. M., Knežević, Ž., Lopez, M. A., ... & Struelens, L, Eye lens dosimetry, Proposal No. 17, ISBN 3 908 125 63 4., 2021.
- [24] R. Fardid et al., "Evaluation of Correlation between DAP (Dose-Area Product) Values and Cardiologist Dose during Coronary Angiography Using Monte Carlo Simulation," in Journal of Biomedical Physics and Engineering, 2018, pp. vol. 8, no. 2, pp. 147-154.
- [25] P. Toroi, T. Komppa, and A. Kosunen, "A tandem calibration method for kerma-area product meters," in Physics in Medicine & Biology, Aug. 2008. doi: 10.1088/0031-9155/53/18/006., pp. vol. 53, no. 18, p. 4941.
- [26] Jaco, J.W. and Miller, D.L, "Jaco, J.W. and Miller, D.L. (2010). Radiation measurement and monitoring. Dosage in Fluorescence Guided Procedure," trong Tech Vasc Interventional Rad 13:188-193. doi: 10.1053/j.tvir.2010.10.002., 2010, pp. Jaco, J.W. and Miller, D.L. (2010). Radiation measurement and monitoring. Dosage in Fluorescence Guided Procedures. Tech Vasc Interventional Rad 13:188-193. doi: 10.1053/j.tvir.2010.10.002..
- [27] B. S. C. P. e. a. Miller DL, "Radiation dose in interventional radiology procedures: the RAD-IR study. I. General measures of dosage," in J Vasc Interv Radiol, 2003, p. 14 :711–727.
- [28] International Electrotechnical Commission, "Medical electrical equipment: part 2-43—particular requirements for the safety of x-ray equipment for interventional procedures," in Report 60601-2-43 Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 2000.

- [29] UCSF Radiology. (n.d.), "Risks of Radiation," 12 4 2023. [Online]. Available: <https://radiology.ucsf.edu/patient-care/patient-safety/radiation-safety/risks-of-radiation>.
- [30] IAEA, "Summary of the IAEA Technical Meeting on Radiation Exposure of Patients from Recurrent Radiological Imaging Procedures, held 4-6 March 2019 at IAEA Headquarter, VIC, Vienna," 2019.
- [31] IAEA, "Summary of the IAEA Technical Meeting on the Justification and Optimization of Protection of Patients Requiring Multiple Imaging Procedures, held online 19-23 October 2020," 2020.
- [32] Peck, D. J., & Samei, E. J. I. W, How to understand and communicate radiation risk, 2017.
- [33] "Health Impacts of Radiation Exposure During PCI," Cachlab digest, vol. 25, no. 3, March 2017.
- [34] Dr Ian Fairlie, "A 100 mSv threshold for radiation effects?," 27 11 2012. [Online]. Available: www.ianfairlie.org/news/a-100-msv-threshold-for-radiation.
- [35] L. Klein, "SCAI Position Statement on Occupational Health Hazards of the Cath Lab PPT," 2020.
- [36] K.-H. Do, "General Principles of Radiation Protection in Fields of Diagnostic Medical Exposure," J Korean Med Sci, vol. Volume 31(Suppl 1), Feb 2016.
- [37] "Bộ Khoa Học Và Công Nghệ. (2018). Sửa Đổi, Bổ Sung Một Số Điều Của Thông Tư Liên Tịch Số 13/2014/Ttlt-Bkhn-Byt Ngày 09 Tháng 6 Năm 2014 Của Bộ Trưởng Bộ Khoa Học Và Công Nghệ Và Bộ Trưởng Bộ Y Tế Quy Định Về Bảo Đảm An Toàn Bức Xạ Trong Y Tế." [Trực tuyến]. Available: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/The-thao-Y-te/Thong-tu-13-2018-TT-BKHCN-sua-doi-Thong-tu-lien-tich-13-2014-TTLT-BKHCN-BYT-an-toan-buc-xa-394758.aspx>.
- [38] "Bộ khoa học và công nghệ," 2012. [Trực tuyến]. Available: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-19-2012-TT-BKHCN-quy-dinh-kiem-soat-va-bao-dam-an-toan-buc-xa-152634.aspx>.
- [39] Casal, E., Fernández, B., Manzanos, M.J., Amor, I., Blanes, A., Martí, G., & Rueda, M.D, Management of occupational exposure for pregnant workers in the medical field in Spain. Consejo de Seguridad Nuclear. Madrid., 2010.
- [40] American Association of Physicists in Medicine, Management use specification in health facilities, AAPM Report No. 58., 1993.
- [41] Alsulimane, M.E. (n.d.), SMALL IMAGE LABOR MPHY 487 Fluorescent X-ray machine, Department of Physics, Faculty of Science, King Abdulaziz University..
- [42] Đ. T. Lương, "Rủi ro bức xạ trong chiếu xạ y tế đối với bệnh nhân và nhân viên y tế," ĐH.Nguyễn Tất Thành, TP.HCM.
- [43] Schueler, B, "Personnel Protection During Fluoroscopy Procedures," in MEDICAL PHYSICS. STE 1 NO 1, 2 HUNTINGTON QUADRANGLE, MELVILLE, NY 11747-4502 USA: AMER ASSOC PHYSICISTS MEDICINE AMER INST PHYSICS, 2003, pp. p. 1444-1445..
- [44] P. H. W. C. R. M. D. J. & M. M. D. Brown, "Medical fluoroscopy: A guide for safe usage," in Journal of Radiological Protection, 2002, pp. 22(2), 197-213. doi: 10.1088/0952-4746/22/2/301.
- [45] Radiation Safety Manual for the Use of Fluoroscopy, April 2008.

- [46] W. e. a. Jaschke, "Unintended and accidental exposures, significant dose events and trigger levels in interventional radiology," in CardioVascular and Interventional Radiology 43, 2020, pp. 1114-1121.
- [47] "X-Ray Physics: Magnification and Collimation in Radiography," [Online]. Available: <http://xrayphysics.com/radio.html>.
- [48] Parry RA, Glaze SA, Archer BR, "The AAPM/RSNA physics tutorial for residents — fluoroscopy: patient radiation exposure index," in Radiographics, 2001, pp. 21:1033-1045 p. 1040.
- [49] TS. Đặng Thanh Lương, “Tối ưu bảo vệ bức xạ trong soi chiếu”. An toàn bức xạ trong chuẩn đoán X-quang và can thiệp.
- [50] Damien L Smith 1, Jonathan P Heldt, Gideon D Richards, Gautum Agarwal, Wayne G Brisbane, Catherine J Chen, Joshua D Chamberlin, D Duane Baldwin, "Radiation exposure during continuous and pulsed fluoroscopy," in J Endourol, 2013 Mar, pp. 27(3):384-8.
- [51] Chang YJ, Kim AN, Oh IS, Woo NS, Kim HK, Kim JH, "The radiation exposure of radiographer related to the location in C-arm fluoroscopy-guided pain interventions," in Korean J Pain, 2014, p. 27:162–167.
- [52] IAEA, "Radiation protection of medical staff in interventional procedures," Health professionals, [Online]. Available: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/interventional-procedures/radiation-protection-of-medical-staff-in-interventional-fluoroscopy>.
- [53] Kim, J. H, "Three principles for radiation safety: time, distance, and shielding," in Korean Journal of Pain, 2018, pp. 31(3), 145-146.
- [54] Hernanz-Schulman M, Goske MJ, Bercha IH, Strauss KJ, "Pause and Pulse: Ten Steps that Help Manage Radiation Dose During Pediatric Fluoroscopy," in AJR, 2011, pp. 197(2): 475-481.
- [55] Manchikanti L, Cash KA, Moss TL, Pampati V, "Manchikanti L, Cash KA, Moss TL, Pampati V. Radiation exposure to the physician in interventional pain management," in Pain Physician 2002; 5: 385-93. Erratum in: Pain Physician 2003; 6: 141., 2002.
- [56] “10 Quy tắc: Bảo vệ chống bức xạ cho nhân viên trong soi chiếu,” [Trực tuyến]. Available: <http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/>.
- [57] Martin, C., Sutton, D. G., & Pincombe, J, "Practical Radiation Protection in Healthcare," in CRC Press, 2015.
- [58] R. F. A. K. E. B. L. K. C. O. D. J. K. D. L. .. & W. K. A. Fisher, “AAPM medical physics practice guideline 12. a: Fluoroscopy dose management,” trong Journal of applied clinical medical physics, 2018, pp. 19(2), 6-21.
- [59] Fisher, R. F., Applegate, K. E., Berkowitz, L. K., Christianson, O., Dave, J. K., DeWeese, L., ... & Wunderle, K. A, "AAPM Medical Physics Practice Guideline 12. a: Fluoroscopy dose management," in Journal of applied clinical medical physics, 2017, pp. 18(3), 6-22.
- [60] "Patient Radiation Dose Management in Fluoroscopy: A Guide for Facility Managers," in American College of Radiology, 2017.
- [61] Stec, “KIỂM SOÁT LIỀU CÁ NHÂN VÀ CÁC KHU VỰC CÓ NGUỒN PHÓNG XẠ,” [Trực tuyến]. Available: <https://stec.com.vn/kiem-soat-lieu-ca-nhan-va-cac-khu-vuc-co-nguon-phong-xa/>.

- [62] "Radiation Protection in Medicine," in International Atomic Energy Agency, Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018.
- [63] "European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging," trong Radiation Protection No 185, 2018.
- [64] POWERS, Jody, et al., "A Reference Guide for Learning from Incidents in Radiation Treatment," in Alberta heritage foundation for medical research (AHFMR), 2006.
- [65] "How to manage accidental and unintended exposure in radiology: an ESR white paper," in European Society of Radiology (ESR), 2019.
- [66] T. Y. Nhi, M. K. Luân, N. T. M. Loan và Đ. T. Lương, "Hướng dẫn nhận dạng và khai báo sự cố bức xạ y khoa," Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, TP. Hồ Chí Minh.
- [67] ThS. Truong Truong Son, "Ảnh hưởng của bức xạ ion lên sức khỏe con người," 23 4 2015. [Trực tuyến]. Available: <https://www.slideshare.net/susubui/bqtppt0020>.
- [68] "Radiation Protection Guide for hospital staff Stanford Healthcare Preparedness, Stanford Children's Health And Veterans Palo Alto. Healthcare System," June 2017. [Online]. Available: <https://emresources.stanfordhealthcare.org/documents/RadiationProtectionGuideforHospitalStaff.pdf>. [Accessed 12 Apr 2023].
- [69] Sethi, S., Barakat, M. T., Friedland, S., & Banerjee, S., "Radiation training, radiation protection, and fluoroscopy utilization practices among US therapeutic endoscopists.," in Digestive diseases and sciences, 64, 2455-2466., 2019, pp. 64, 2455-2466..
- [70] Sethi, S., Barakat, M. T., Friedland, S., & Banerjee, S., "Sethi, S., Barakat, M. T., Friedland, S., & Banerjee, S. (2019). Radiation training, radiation protection, and fluoroscopy utilization practices among US therapeutic endoscopists.," 25 3 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10620-019-05564-z>.
- [71] Moore B, van Sonnenberg E, Casola G, Novelline RA, "The relationship between back pain and lead apron use in radiologists," in Am J Roentgenol., 1992, pp. 158:191-193.
- [72] UNSCEAR, "General Assembly, Scientific Annexes A and B. UNSCEAR 2008 Report," in United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations sales publication E.10.XI.3., New York, United Nations, 2010, pp. General Assembly, Scientific Annexes A and B. UNSCEAR 2008 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations sales publication E.10.XI.3. United Nations, New York, 2010..