

Effect of Stitching Range on Radiation Dose to Eyeball, Thyroid, Breast, Pelvis in Whole Spine Radiography with Standing Position

Min-Ji Hong, Han-Yong Kim, Dong-Hwan Kim, Young-Cheol Joo*

Department of Radiology, Samsung Medical Center

Received: January 18, 2023. Revised: February 24, 2023. Accepted: February 28, 2023.

ABSTRACT

In whole spine radiography using the stitching technique, overlapping parts occur in the process of synthesizing the three segmented images, so some anatomical structures may be repeatedly exposed, and it has been thought that the dose increases as the scan range increases. However, in the whole spine radiography using the stitching technique in this study, under the condition that the stitching range is taken in the same three splits, the overlapping area decreases as the stitching range increases, so in the case of breasts included in the overlapping range, the dose value decreased by almost half as the stitching range increased from 90 cm to 105 cm. During spinal full-length radiological examination using the stitching method, an appropriately long stitching range could be set to reduce the exposure dose of the breast.

Keywords: Whole Spine Radiography, Stitching Technique, Stitching Range, Entrance Surface Dose

I. INTRODUCTION

방사선 검사는 국민소득 향상과 건강에 대한 관심도 증가로 인해 검사 빈도가 지속적으로 증가하고 있다. 질병관리청 통계자료에 따르면, 국민 연간 진단용 의료 방사선검사 건수는 연평균 약 6.8%씩 증가했으며, 2019년 의료 방사선검사 중 일반 X선 검사 건수는 71.6%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다^[1]. 이 중 1회 3매로 진행되는 척추 전장 방사선검사(whole spine radiography; WSR)를 시행한 환자 수는 2016년부터 5년 동안 9,371명에서 24,737명으로 연도별 상승하고 있다^[2].

선 자세 WSR은 척추 측만증과 후만증, 전방 전위증 및 퇴행성 관절질환을 평가하기 위한 중요한 검사이며, 치료기간 중 자주 반복되기 때문에 다른 일반 영상의학검사보다 환자에 대한 방사선 피폭이 많은 검사이다^[3, 4]. WSR은 전·후 자세와 후·전 자세로 시행할 수 있다. 하지만, 전·후 자세는 전방

에 위치한 장기에 방사선이 직접 조사되므로 후·전 자세에 비해 방사선 위험이 높아, 임상에서는 후·전 자세로 검사하는 것이 일반적이다^[5].

WSR 영상획득방법은 영상판(image plate; IP)을 긴 카세트에 삽입하여 영상을 획득하는 컴퓨터방사선영상(computer radiography; CR) 방법과 튜브와 검출기가 동시에 이동하여 영상 획득 후 영상을 합치는 방식인 스티칭기법(stitching method)을 이용하는 방법^[6], X선관과 영상수용체가 동시에 이동하면서 스캔하는 방식의 EOS 검사방법 등이 있다.

스티칭 기법은 X선 노출 전에 환자의 경추부터 고관절까지 포함되도록 시작점에서 끝점까지의 범위를 설정한 후 스캔 범위의 총 길이를 분할하여 촬영 영상의 수를 결정한다. 일반적으로 신장 160 cm 이상의 성인을 기준으로 하였을 때, 3번의 분할 촬영으로 이루어지며 이를 통해 얻어진 영상을 융합하는 방식이다^[7]. 이 방법은 각 부위에 따라 조사 조건을 구분하여 조사할 수 있으며, 환자의 신체

* Corresponding Author: Young-Cheol Joo E-mail: jumyself.joo@samsung.com Tel: +82-010-4529-3364 Address: 81,Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul, Republic of Korea

조건에 따라 스티칭 범위를 자유롭게 변화시킬 수 있다는 장점이 있으나, 부적절한 스티칭 범위 설정은 불필요한 부위에 선량을 증가시키는 원인이 될 수 있다.

현재 대부분의 장비 업체는 WSR 검사 시 스티칭 방식을 채택하고 있다. 그럼에도 불구하고, WSR 관련 선행연구에서는 환자 자세 변화 및 검사 방식에 따른 선량 차이에 대한 연구가 대부분이며, 스티칭 범위 변화에 따른 각 장기의 선량 변화에 관한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 스티칭 방식을 이용한 WSR 검사 시 스티칭 범위의 변화가 검사 부위에 포함되는 주요 장기의 피폭선량에 미치는 영향에 대해 정량적으로 평가해보고, 적절한 스티칭 범위의 중요성에 대해 고찰 및 제언하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 대상

본 연구는 인체모형팬텀(Alderson Rando Phantom, CA, USA)을 대상으로 하였으며, 이 팬텀의 신장은 155 cm, 체중은 50 kg이다. X선 발생장치는 GC 85A(Samsung electronics, KOREA)를 사용하였다. 입사표면선량(entrance surface dose; ESD)은 Unfors PSD(Unfors Instruments Inc, New Milford, USA)로 측정하였다.

2. 연구 방법

2.1. 영상 획득 방법

Fig. 1-(a)와 같이 팬텀은 영상수용체에 후·전 자세로 위치시켰고, 스티칭 범위는 끝점(bottom)을 고관절(hip joint) 아래 3 cm에 동일하게 설정하였다.

영상은 끝점을 기준으로 시작점까지 외이도(external auditory meatus; EAM)가 포함되는 최소한의 범위인 90 cm에서부터 5 cm 씩 증가시켜 105 cm까지 변경하며 획득하였고, 3회 분할 조사방법을 모든 영상에 적용하였다.

2.2. 선량 측정 방법

Fig. 1-(b)과 같이 선량 측정은 팬텀의 수정체(eyeball),

갑상샘(thyroid), 유방(breast), 골반부(pelvis) 위치에 선량계 소자를 부착시켜 ESD를 산출하였으며, 각 스티칭 그룹 별 20회씩 측정하였다.

2.3. 조사 조건

조사 조건은 두정부와 흉·요추부는 82 kVp, 320 mA, 100 ms, 요추·골반부는 84 kVp, 320 mA, 125 ms로 조사하였으며 자동노출제어장치(automatic exposure control; AEC)는 적용되지 않았다. 선원-영상수용체 간 거리(source to image receptor distance; SID)는 200 cm로 동일하게 진행하였으며, 조사야는 18.3"× 18.3"로 동일한 조건을 적용하였다.

2.4. 자료 분석 방법

본 연구에서는 각 조건에서 획득한 데이터의 평균값을 이용하였다. 스티칭 범위의 변화에 따른 각 장기의 선량 측정값에 대한 정규성검정(Shapiro-Wilk) 후 ($p>0.05$), 각 그룹의 평균비교를 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)를 실시하였고, 사후검정은 Duncan을 적용하였다. 통계프로그램은 SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 이용하였고, 유의수준(α)는 0.05, 유의확률(p)은 0.05 이하를 유의한 것으로 설정하였다.

III. RESULT

1. 스티칭 범위 변화에 따른 수정체의 입사표면선량 비교

Table 1과 같이 수정체 위치에서 ESD의 평균값은 스티칭 범위 90 cm의 경우 $257.06 \pm 11.53 \mu\text{Gy}$ 이었으며, 95 cm 일 때 $277.98 \pm 2.64 \mu\text{Gy}$, 100 cm에서는 $293.90 \pm 1.70 \mu\text{Gy}$, 105 cm는 $298.07 \pm 0.93 \mu\text{Gy}$ 로 측정되었다. 각 평균값의 그룹별 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었고 ($p<0.01$), stitching 범위 90 cm와 95 cm는 독립적인 그룹으로 분류되었으나, 100과 105 cm는 동일한 그룹으로 분류되었다.

2. 스티칭 범위 변화에 따른 갑상샘의 입사표면선량 비교

갑상샘에서 측정된 ESD는 90 cm의 스티칭 범위에서는 Table 2와 같이 $292.48 \pm 2.49 \mu\text{Gy}$, 95 cm는 $302.46 \pm 2.59 \mu\text{Gy}$, 100 cm에서는 317.43 ± 1.42

μGy이었으며, 105 cm는 325.00 ± 0.98 μGy이었다. 스티칭 범위별 평균값의 차이는 통계적으로 유의하였고(p<0.01), 사후분석 결과 모든 그룹이 독립적인 그룹으로 나타났다.

3. 스티칭 범위 변화에 따른 유방의 입사표면선량 비교

유방의 평균 ESD는 스티칭 범위 90 cm에서는 698.35 ± 3.18 μGy, 95 cm는 615.97 ± 1.20 μGy, 100 cm는 431.29 ± 1.63 μGy, 105 cm는 432.87 ± 1.16 μGy으로 Table 3과 같다. 각 그룹의 평균값은 통계적으로 유의하였고(p<0.01), 사후분석에서도 각각 개별적이었다.

4. 스티칭 범위 변화에 따른 골반부의 입사표면선량 비교

Table 4와 같이 골반부의 ESD 평균값은 스티칭 범위가 90 cm에서 105 cm로 증가함에 따라 429.47 ± 1.90 μGy, 434.53 ± 3.58 μGy, 436.37 ± 5.33 μGy, 434.18 ± 1.29 μGy로 측정되었다. 각 그룹의 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 있었으나(p<0.01), 사후분석에서는 스티칭 범위 90 cm만 개별적인 그룹으로 분리되었고, 나머지 그룹은 동일한 그룹으로 나타났다.

Table 1. Research dose comparison result of the eyeball according to the stitching range

stitching range (cm)	n	mean±SD (μGy)	min	max	F	p
90	20	257.06 ± 11.53 _a	227.9	270.1	192.313	0.01
95		277.98 ± 2.64 _b	270.9	281.0		
100		293.90 ± 1.70 _c	288.7	296.5		
105		298.07 ± 0.93 _c	296.3	299.4		

Table 2. Research dose comparison result of the thyroid according to the stitching range

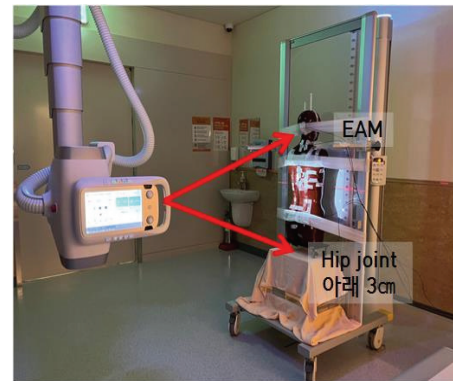
stitching range (cm)	n	mean±SD (μGy)	min	max	F	p
90	20	292.48 ± 2.49 _a	285.8	296.3	1074.763	0.01
95		302.46 ± 2.59 _b	296.6	306.0		
100		317.43 ± 1.42 _c	312.7	319.4		
105		325.00 ± 0.98 _d	322.8	326.5		

Table 3. Research dose comparison result of the breast according to the stitching range

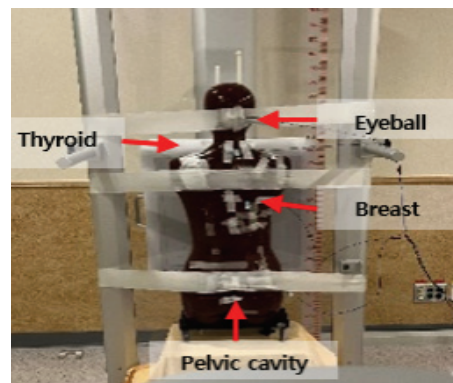
stitching range (cm)	n	mean±SD (μGy)	min	max	F	p
90	20	698.35 ± 3.18 _a	690.9	704.9	92476.461	0.01
95		615.97 ± 1.20 _b	614.0	619.9		
100		431.29 ± 1.63 _c	427.1	434.0		
105		432.87 ± 1.16 _d	430.2	434.4		

Table 4. Research dose comparison result of the pelvis according to the pelvis range

stitching range (cm)	n	mean±SD (μGy)	min	max	F	p
90	20	429.47 ± 1.90 _a	426.5	433.9	14.843	0.01
95		434.53 ± 3.58 _b	428.0	439.6		
100		436.37 ± 5.33 _b	429.5	445.6		
105		434.18 ± 1.29 _b	431.1	436.7		



(a) Image acquisition method



(b) Dose measurement

Fig. 1. Image acquisition method and dose measurement.

IV. DISCUSSION

WSR 검사는 소아·청소년층의 척추 측만증 진단과 치료뿐만 아니라 노년층의 퇴행성 변형 등 다양한 연령층에서 척추질환을 평가하기 위한 필수적인 요소가 되었다^[8]. 현재 WSR 검사방법은 디지털 방사선영상(digital radiography; DR)의 스티칭 기법을 이용한 검사방식으로 변화하면서 향상된 영상의 질과 편리함을 제공하고 있다^[9]. 기존의 CR을 이용한 WSR 검사 시에는 척추의 상측부와 하측부의 피부 및 장기의 두께가 다름에도 불구하고 1회 조사로 동일한 조건의 방사선이 조사됨으로 인해 척추 상측부와 하측부의 피부 및 장기의 두께차이를 보상하지 못하는 한계점이 있었으나, 스티칭 방식에서는 3회 분할로 각 부위에 알맞은 조건으로 조사됨으로 인해 우수한 영상을 획득할 수 있게 되었다. 그러나 분할된 3개의 영상을 합성하는 과정에서 중복되는 부분이 반드시 필요하기 때문에 일부 해부학적 구조물이 반복되어 노출될 수 있다. 일반적으로 X선 검사에서 방사선이 조사되는 범위가 넓어지면 피폭되는 선량도 많아진다^[10]. 하지만, 본 연구에서의 스티칭 기법을 이용한 전장 척추 검사에서는 동일한 3회 분할로 촬영이 이루어진다는 조건하에, 스티칭 범위가 늘어나면 중첩되는 부위는 오히려 감소하기 때문에, 중첩되는 범위에 포함되는 유방의 경우 스티칭 범위가 90 cm($698.35 \pm 3.18 \mu\text{Gy}$)에서 105 cm ($432.87 \pm 1.16 \mu\text{Gy}$)로 증가함에 따라 선량이 38.02% 감소했다. 소아 팬텀을 대상으로 진행한 선행연구에 의하면, 스캔 범위가 증가하면 후속 방사선 필드를 꼬리 쪽으로 움직이고 다른 노출 범위와 공간적 중첩으로 인해 장기 선량에 변동을 일으킨다고 보고하였다. 75 cm 이상일 때 오히려 유방을 포함하는 노출 중첩을 감소시키고 유방 선량을 감소시키는데, 스캔 범위가 60~74 cm 일 경우, $0.82 \pm 0.02 \text{ mGy}$ 에서 $0.41 \pm 0.01 \text{ mGy}$ 로 스캔 범위가 증가함에 따라 유방 선량이 50% 가까이 감소한 결과를 도출하였다^[11]. 성인 팬텀을 기준으로 진행한 본 연구의 실험결과에서도, 적절히 긴 스티칭 범위를 설정한다면 유방이 노출되는 선량값을 줄여 환자의 피폭선량을 저감화하는 것에 기여할 수 있음을 확인하였다.

국제방사선방어위원회(international commission on radiological protection; ICRP) 103에서는 유방의 조직가중치를 0.05에서 0.12로 상향 조정하였다^[12]. 유방의 조직가중치가 증가했다는 것은 이에 대한 피폭선량을 줄이고자 하는 검사자의 주의와 고찰을 재고해야 할 필요성이 있음을 의미한다.

그러나 스티칭 기법의 첫 번째 분할 범위에 포함되는 수정체와 갑상샘의 경우에는 스티칭 범위가 증가함에 따라 중심선속이 장기와 근접해지기 때문에 각각 15.95%와 11.11% 선량 값이 선형적으로 증가함을 보였다.

ICRP 60에서는 측정된 표면 선량이 권고한 선량을 넘지 않더라도 확률적 영향이 일어날 수 있으므로 모든 준위의 선량에 대해서 고려되어야 한다고 제안하고 있다^[13]. 따라서 수정체와 갑상샘 모두 방사선 감수성에 민감한 대표 장기에 해당하기 때문에 선량 감소를 위한 연구에 대해 강구할 필요가 있다. 실제로 흉부 및 복부 CT검사 시 바륨, 텅스텐 시트와 고글과 목 차폐체를 이용하여 각각 11~13%, 34~49%까지 방사선 피폭의 저감효과를 나타내었고^[14], 뇌혈관중재적 시술 시 비스무스를 이용한 차폐체를 통하여 수정체와 갑상샘에서 각각 52%, 47%로 선량 감소 효과를 도출해내는 등^[15] 다양한 연구가 이루어지는 실정이다. 따라서 스티칭 기법을 이용한 척추 전장 방사선검사 시 적용 가능한 수정체와 갑상샘 차폐체를 고안하여 사용하면 환자의 피폭경감과 검사의 효율에 기여할 수 있을 것으로 생각된다. 다만 골반부의 선량값은 스티칭 범위 변화에 따른 수치상의 차이가 미비하였는데, 이에 대한 원인이 명확하게 파악되지 않아 향후 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

본 연구는 스티칭 범위증가에 따른 영상의 왜곡과 영상품질이 고려되지 않았으며, 인체 모형팬텀을 대상으로 하였기 때문에 실제 환자에게 적용 시 선량에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

본 연구는 선 자세 척추 전장 방사선검사 시 스티칭 범위 변화가 방사선 민감도가 높은 장기(수정체, 갑상샘, 유방, 골반부)의 피폭선량에 미치는 영

향을 알아보기 위해 시행하였다.

본 연구 결과, 스티칭 범위가 90 cm에서 105 cm로 증가함에 따라 유방(38%)은 선량이 감소하였고, 수정체(16%)와 갑상샘(11%)은 선량이 증가하였으나, 골반부의 선량 차는 미비하였다.

외이도와 골반강을 포함하여 적절히 긴 스티칭 범위를 설정함으로써 중첩되는 부위를 조절한다면 유방이 노출되는 선량 값을 줄여 환자의 피폭선량을 저감화하는 것에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] <https://www.kdca.go.kr>.
- [2] <https://opendata.hira.or.kr/home.do>
- [3] H. Geijer, B. Verdonck, K. W. Beckman, T. Andersson, J. Persliden, "Digital radiography of scoliosis with a scanning method: radiation dose optimization", *European radiology*, Vol. 13, No. 3, pp. 543-51, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00330-002-1476-1>
- [4] J. S. Kim, D. N. Seo, S. M. Kwon, J. M. Kim, "Patient Radiation Exposure Dose Evaluation of Whole Spine Scanography Due to Exposure Direction", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 38, No. 1, pp. 1-6, 2015. <https://dx.doi.org/10.17946/JRST.2015.38.1.01>
- [5] J. N. Shim, Y. G. Lee, Y. G. Lee, "Estimation of Absorbed Dose for Anterior and Posterior Organs with Body Mass Index in Standing Whole Spine Examination", *Journal of the institute of electronics and engineers*, Vol. 53, No. 12, pp. 147-151, 2016. <https://doi.org/10.5573/ieie.2016.53.12.147>
- [6] S. W. Hong, Y. C. Joo, S. H. Kim, Y. W. Go, J. S. Kim, "The Effect of the Position Change of the Magnification Marker and the Stitching Range on the Image in the Examination of the Femur Radiography Using Stitching Technique", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 43, No. 5, pp. 331-336. 2020. <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.5.331>
- [7] J. S. Noh, J. H. Jung, S. K. Kim, M. J. Jung, "A Study on Useful Application of Stitching Method for Full-Length Examination of the Femur", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 34, No. 2, pp. 97-103, 2011.
- [8] I. S. Lee, S. G. Chung, "Pathophysiology of degenerative spinal disease causing lumbar and cervical spinal pain", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 57, No. 4, pp. 300-307, 2014. <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2014.57.4.300>
- [9] S. H. Kim, M. H. Lee, "The Study of Effectiveness of 3 spot DR for the Whole Spine Radiography with Comparison of Phantom Distortions", *Journal of digital convergence*, Vol. 12, No. 10, pp. 345-351, 2014. <https://doi.org/10.14400/JDC.2014.12.10.345>
- [10] S. K. Choi, "Change of the Scattered Dose by Field Size in X-ray Radiography", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 13, No. 3, pp. 198-203, 2013. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.03.198>
- [11] Y. S. Hwang, P. L. Lai, H. Y. Tsai, Y. C. Kung, Y. Y. Lin, R. J. He, C. T. Wu, "Radiation dose for pediatric scoliosis patients undergoing whole spine radiography: Effect of the radiographic length in an auto-stitching digital radiography system", *European Journal of Radiology*, Vol. 108, pp. 99-106, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.09.014>
- [12] ICRP Publication 103.
- [13] K. R. Dong, "A study on the effects of scattering dose on eyes and thyroid for panoramagraphy - Focus on TLD and PLD", *Proceedings of the Korea Contents Association Conference*, Vol. 35, No. 1, pp. 1-5, 2009.
- [14] J. S. Lee, K. S. Chon, "Reduction of Radiation Exposure Dose of Eyeball and Thyroid for Chest and Abdomen CT Scan", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 13, No. 2, pp. 147-151, 2019. <https://doi.org/10.7742/jksr.2019.13.2.147>
- [15] S. B. Cho, H. I. Song, W. H. Cho, K. P. Hong, "A study on the dose reduction of superficial growth (eyeball, thyroid) using bismuth during cerebrovascular interventional procedures", *The Korean Society of Cardio-Vascular interventional Technology*, Vol. 1, pp. 265-270, 2011.

선 자세 척추 전장 방사선검사 시 스티칭 범위가 장기(수정체, 갑상샘, 유방, 골반부)의 선량에 미치는 영향

홍민지, 김한용, 김동환, 주영철*

삼성서울병원 영상의학과

요 약

스티칭 기법을 이용한 척추 전장 방사선검사 시, 분할된 3개의 영상을 합성하는 과정에서 중복되는 부분이 발생하기 때문에, 일부 해부학적 구조물이 반복되어 노출될 수 있어 방사선이 조사되는 범위가 증가하면 선량도 함께 증가한다고 생각되어 왔다. 하지만, 본 연구에서의 스티칭 기법을 이용한 전장 척추 검사에서는 동일한 3회 분할로 촬영이 이루어진다는 조건하에, 스티칭되는 범위가 늘어나면 중첩되는 부위는 오히려 감소하기 때문에, 중첩되는 범위에 포함되는 유방의 경우 스티칭 범위가 90 cm에서 105 cm로 증가함에 따라 선량 값이 절반 가까이 감소했다. 외이도와 골반강을 포함하는 적절히 긴 스티칭 범위를 설정하여 중첩되는 부위를 조절한다면 유방이 노출되는 선량 값을 줄여 환자의 피폭선량을 저감화하는 것에 기여할 수 있음을 확인하였다.

중심단어: 스티칭 기법, 척추 전장 방사선검사, 스티칭 범위, 피폭선량

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	홍민지	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
(공동저자)	김한용	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
	김동환	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	주영철	삼성서울병원 영상의학과	방사선사/박사