

## Analysis of Changes in Skin Dose During Weight Loss when Tomotherapy of Nasopharynx Cancer

**Joon-Young Jang**

*Department of International Radiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul 06351, Korea*

**Dae Hyun Kim**

*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Kyunghee University Hospital at Gangdong, Seoul 05278, Korea*

**Cheon Woong Choi**

*Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Kyunghee University Hospital at Gangdong, Seoul 05278, Korea*

**Bo-Hui Kim**

*Department of Nursing, College of Nursing Hanyang University, Seoul 04760, Korea*

**Cheol-Soo Park\***

*Department of Radiological Science, Hallym Polytechnic University, Chuncheon 24210, Korea*

(Received 12 May 2016, Received in final form 2 June 2016, Accepted 2 June 2016)

For patients receiving chemotherapy and radiation therapy treatment progresses as vomiting, nausea, weight of the patient because of a loss of appetite it is reduced. The patient's weight and the distance from the skin and the treatment site is expected to be closer, thereby reducing the change in the skin because of this dose. This study tests using a loose see the difference between the volume change appears as the weight of the patient using the same phantom and the phantom body of the patient. To using the same as the position EBT film is attached to the skin of the treatment site and was adjusted to the thickness of the Bolus. And using a computerized treatment planning only tomotherapy equipment was passed under the conditions according to the thickness of the radiation dose. To baseline for accurate reproduction position using the MVCT was applied to treated with verification. By passing a total of three dose reduced the error, it was a measure of the film by using a dedicated scanner, EBT VIDAR scanner. Got an increase in the skin dose is displayed each time the thickness of the bolus reduced, in a bolus was completely removed with the highest value. If the changes appeared dose was greater weight loss patients to chemotherapy and therefore bolus thickness variation considering the weight loss of the patient when applying the tomotherapy of nasopharynx cancer was found that the increase in skin dose be increased. This large patient before treatment due to weight loss over the image verification is considered to be established should consider how to re-create your mask and treatment plan for fixing it.

**Keywords :** radiation therapy, tomotherapy, nasopharynx cancer, gafchromic EBT3 film, skin dose

## 비인두암 토모테라피 시 체중 감소에 따른 피부선량 변화 분석

**장준영**

한림국제대학원대학교 국제방사선학과, 서울시 강남구 역삼로 405, 06351

**김대현**

강동경희대학교병원 흉부외과, 서울시 강동구 동남로 892, 05278

**최천웅**

강동경희대학교병원 호흡기내과, 서울시 강동구 동남로 892, 05278

**김보희**

한양대학교 간호대학 간호학과, 서울시 성동구 왕십리로 222, 04760

**박철수\***

한림성심대학교 방사선학과, 강원 춘천시 동면 장학길 48, 24210

(2016년 5월 12일 받음, 2016년 6월 2일 최종수정본 받음, 2016년 6월 2일 게재확정)

항암요법과 방사선치료를 병행하여 두경부암을 치료하는 환자의 경우 항암요법과 방사선치료를 거듭할수록 구토, 메스꺼움, 식욕부진 등의 이유로 환자의 체중 감소가 생기게 된다. 체중 감소는 목의 두께 변화로 나타날 수 있으며 이로 인해 치료하고자 하는 t 타겟과 주위 정상조직의 선량 전달에도 영향을 미치며 방사선이 전달되는 방향에 위치한 피부선량의 변화가 나타날 것으로 사료된다. 특히 비인두암 환자의 경우 비인두 구조가 다른 장기보다 복잡한 구조를 지니고 있고 치료방법인 토모테라피는 수 mm 차이로 급격한 선량 변화가 발생하므로 이러한 체중 감소의 변화에 주의 깊은 관찰이 필요하다. 현재 토모테라피의 경우 매 회 치료 전 정확한 자세 재현을 위한 영상 검증을 통해 이러한 움직임을 확인하고 그 값을 보정하여 치료를 수행한다. 그러나 환자의 체중 감소로 인하여 피부선량에 전달되는 선량 변화의 검증은 되지 않고 있다. 환자의 피부선량이 증가함으로써 나타나는 부작용은 환자의 삶의 질에 영향을 미칠 뿐 만 아니라 2차 암 발생률을 높일 수 있다. 이에 환자의 체중 감소로 인하여 나타나는 환자의 목 두께를 휴먼 팬텀에 볼루스를 올리고 두께를 조절해가며 변화시켜 필름을 이용하여 피부선량의 변화가 어떻게 나타나는지 분석해보고자 한다.

**주제어** : 방사선치료, 단층방사선치료, 비인두암, gafchromic EBT3 필름, 피부선량

**I. 서 론**

2014년에 발표된 중앙암등록본부 자료에 의하면 2012년에 우리나라에서는 224,177건의 암이 발생하였는데, 그중 인두암은 남녀를 합쳐서 861건으로 전체 암 발생의 0.4%를 차지했다. 인구 10만 명당 조(粗) 발생률(해당 관찰 기간 중 대상 인구 집단에서 새롭게 발생한 환자 수, 조사망률도 산출 기준이 동일)은 1.8건이다. 남녀의 성비는 5.5 : 1로 남자에게서 더 많이 발생하였고 발생건수는 남자가 729건, 여자가 132건이다. 남녀를 합쳐서 본 연령대별로는 60대가 27.9%로 가장 많고, 50대가 26.1%, 70대가 23.0%의 순이다[1]. 인두암은 비인두, 구인두 및 하인두 별로 조직학적 특성에 따라 그 분류를 달리하는데 그중 비인두의 악성 종양은 세계보건기구(WHO, 1997)의 국제조직 분류에 따르면 3가지 형으로 분류되며 1형은 각화 편평상피세포암종, 2형은 비각화 편평상피세포암종으로 일명 이행세포암종이라 하며, 3형은 미분화암종으로 림프 상피암이나 역행 성암이라고도 한다. 3형이 가장 흔하며 예후는 1형이 불량한 것으로 알려져 있다. 비인두암의 치료에는 다른 부위의 암과 마찬가지로 수술, 방사선치료, 항암화학요법이 있으며 병의 진행 상태와 환자의 전신 상태에 따라 단독, 혹은 복합요법을 시행한다. 특히 비인두암의 경우에 방사선치료와 항암화학요법을 병용하여 시행하는 치료법이 좋은 성적을 보이는 것으로 보고되고 있다[2]. 최근 과학기술의 발전으로 정상 조직의 손상을 최소화할 수 있는

다양한 치료기법들이 개발되어 사용되고 있다. 대표적인 최신 방사선 치료기법으로 세기변조 방사선 치료(IMRT), 토모치료, 양성자 치료 등이 있다. 특히 두경부암과 같은 매우 복잡한 부위의 방사선 치료에 이런 최신 방사선 치료기법이 기존 방사선 치료에 비해 치료의 효과와 환자의 삶의 질이라는 양면에서 우위에 있다고 할 수 있다. 즉, 암이 있는 부위에는 좀 더 많은 방사선을 집중시키는 동시에, 실제로 환자의 삶의 질과 직결되는 침샘과 같은 주요 장기에는 방사선을 최소화하게 된다. 그러나 방사선치료와 항암화학요법을 병행하여 치료할 경우 환자의 만성적인 피로가 발생할 수 있으며 통증, 식욕부진 등의 이유로 체중이 감소하는 경우가 발생한다. 이런 경우 방사선치료 시 치료하고자 하는 부위에 정확한 선량 전달이 되지 않아 피부 쪽의 선량 전달이 많아질 수 있다. 방사선이 조사되는 부위의 피부에 선량 전달이 많아지게 되면 피부건조, 붉어짐, 부어오름, 가려움증, 벗겨짐, 약해짐, 변색 등의 증상들이 나타날 수 있다. 이 부위의 피부반응은 치료 시작 후 환자의 상태에 따라 달리 나타나지만 처음에는 열은 분홍색을 띠다가 어둡고 거무스름하게 진행된다. 피부가 민감해지면 약간의 부종이 생기기도 하며 치료가 진행될수록 가렵고 건조해지며 건성 피부박리가 오기도 한다. 간혹 피부의 상피세포가 벗겨지고 장액성 삼출물이 흐르는 습성 피부박리가 나타나기도 한다. 결국 이러한 부작용으로 인해 환자의 삶의 질에 영향을 미칠 수 있다. 방사선치료와 항암화학요법을 병행하여 비인두암 치료를 할 경우 환자의 체중 감소로 치료

하고자 하는 부위에 조사되는 피부의 선량 변화가 어떻게 나타나는지 알아보려고 한다.

## II. 대상 및 방법

인체와 가장 유사한 재질로 구성된 인체모형팬텀인 휴먼팬텀(Anderson Rando Phantom, Alderson Reserch Laboratories Inc., USA)을 사용하였다. 휴먼팬텀은 각 주요 장기 및 피부가 인체와 재질 및 밀도가 거의 비슷하여 실험에 이용하는데 적절하게 하였다(Fig. 1).

제작된 휴먼 팬텀의 피부선량을 측정하기 위하여 치료 전 영상 획득을 위하여 CT 장비에 SET-UP을 한 후 Aqua plastic mask에 재현성을 유지하기 위하여 SET-UP LINE을 표시하였다.

볼루스는 인체의 피부와 가장 근접한 재질인 조직등가물질의 재질로  $1.03 \text{ g/cm}^3$ 의 균일한 전자밀도를 갖고 있으며, 휴먼팬텀 위에 3 mm 볼루스를 총 세장 올려놓고 9 mm 두께를 만들었다. 치료가 진행됨으로써 집중적으로 살이 빠지게 되는 목부위와 가슴 부위까지 볼루스를 제작하였고 Aqua plastia mask를 제작하여 실제 환자가 치료하는 것과 같은 모습으로 재현하였다(Fig. 2, 3).

CT 기기는 Philips Brilliance big bore 16 channel CT (Philips Medical System, Nederland B.V)로 하였으며 촬영 조건은 관전압 120 kV, 관전류 55 mA, 관전류 시간 600 mAs, field of view(FOV) 300 mm, slice thickness 3 mm, increment 3 mm, standard reconstruction, standard (B) filter, matrix 512, rotation time 0.5 sec, pitch 0.042로 설정하여



Fig. 1. (Color online) Anderson Rando Phantom, Alderson Reserch Laboratories Inc. USA.



Fig. 2. (Color online) Bolus.



Fig. 3. (Color online) Produced Phantom.

촬영하였다(Fig. 4).

CT-simulator로 획득한 영상은 TOMOTHERAPY planning system로 전송하여 방사선치료 계획을 수립하였다. 실제 환자

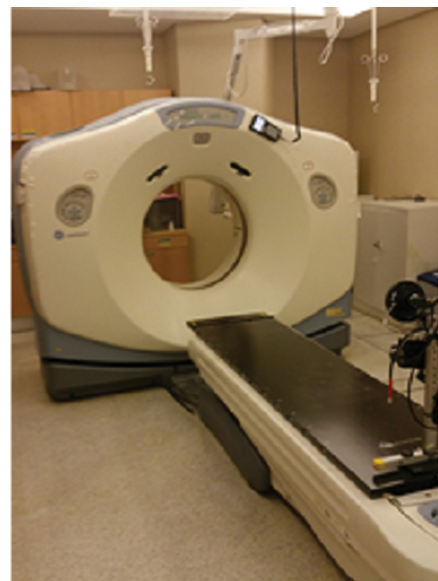


Fig. 4. (Color online) Lightspeed Rt 16.

를 치료했을 때와 같은 조건으로 역방향 전산화 계획을 수립하였고, 세기조절 방사선치료(Intensity Modulation Radiation Therapy, IMRT) 방법으로 계획하였고 토모테라피 전용 치료 계획 장비를 사용하여 field width는 2.5 cm, pitch 값은 0.287, segment 값은 8.0, Modulation factor 값은 8.0으로 설정하였으며 총 4.755 MU 값으로 설정하여 치료 계획을 수립하였다(Fig. 5).

볼루스 두께에 대한 선량 분포를 측정하기 위해 Gafchromic

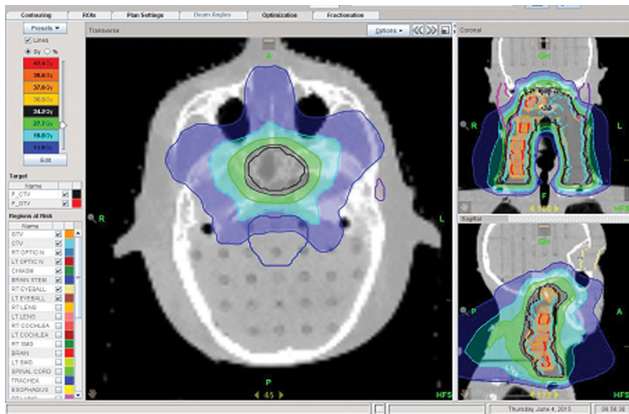


Fig. 5. (Color online) Planning Tomotherapy.

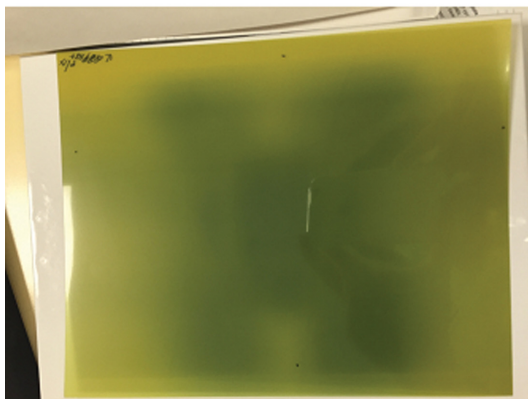
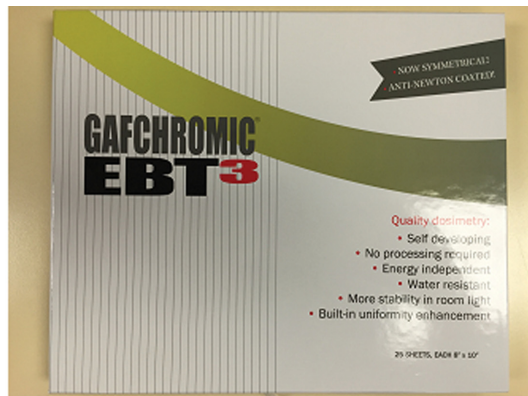


Fig. 6. (Color online) EBT3 film.

EBT3 필름(ISP, International Speciality Products, Wayne, NJ, USA)이 사용되었다. Gafchromic EBT3 필름은 조직등가물질로 구성되어 있고, 방사선 에너지 의존성이 적으며 높은 공간분해능과 화학적 현상 과정이 필요 없다는 특성이 있어 최근에 2차원적인 선량 분포를 확인하는 측정도구로 많이 이용되고 있다(Fig. 6).

본 연구의 실험은 비인두암 환자 치료를 위해 사용하고 있는 토모테라피의 6MV 광자선 에너지를 사용하였다. 처방 선량은 총 39.6 cGy의 선량을 2.2 Gy씩 18번 분할치료를 실시하도록 설정하고 비인두암을 target으로 설정하고 target을 제외한 주위 정상조직은 OAR로 설정하여 체적의 선량 체적 히스토그램을 통해 선량 전달의 정확성을 간접적으로 평가하였다. Gafchromic EBT3 필름을 이용한 휴먼 팬텀의 피부선량을 측정하였다. 총 10번 반복 측정을 하여 측정값을 확인하였으며, 측정위치는 각 두께에서 A, B, C, D 총 4군데를 임의로 설정하여 필름을 위치시켜놓고 9 mm, 6 mm, 3 mm, non-bolus 순으로 측정하였다. 이때 공기층을 최소화하기 위해 최대한 밀착시켜 부착한다. 수립한 치료 계획을 토모테라피를 이용하여 선량을 전달한다. 총 세 번 반복 측정하였고, 우선 9 mm 두께의 볼루스에서 측정하였고, 다음으로는 6 mm, 3 mm, 볼루스를 완전히 제거하는 순서로 측정하였다. 치료 전에는 반드시 치료 전 영상 확인 작업으로 MVCT 영상을 얻어 정확한 선량 전달이 이루어질 수 있도록 확인 작업을 거친다(Fig. 7).

Gafchromic EBT3 필름을 이용해 흡수선량을 평가하기 위해서는 선량-광학 교정 곡선을 얻는 것이 우선적으로 필요하다. 이를 위해 필름을 고체 물팬텀 40(W) × 40(L) × 10(H) cm<sup>3</sup> 사이에 각각 위치 시켰다. 선량 교정 시 선원-팬텀 표면 간 거리를 100 cm로 했으며, 팬텀 표면으로부터 5 cm 깊이, 그리고 5 × 5 cm<sup>2</sup> 조사 면을 사용했다. 6MV의 광자선을 이

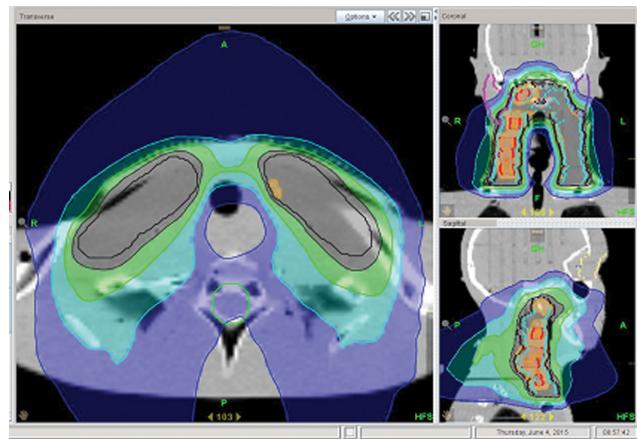


Fig. 7. (Color online) MVCT image.



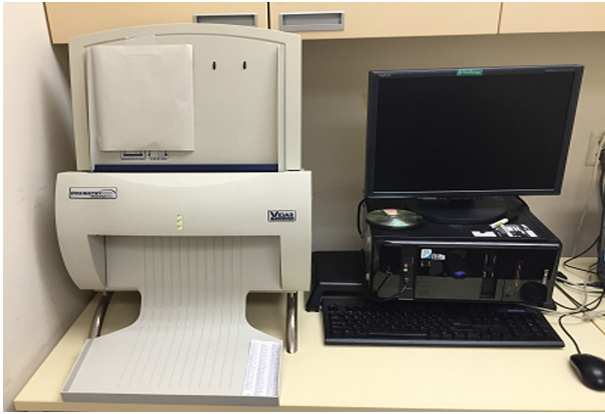


Fig. 8. (Color online) VIDAR scanner.

용하여 0.2~3.2 Gy를 0.2 Gy 간격으로 조사하였고, 선량 분석 시스템을 이용해 선량-광학 교정 곡선을 얻었다.

본 연구에서 사용된 모든 필름에 대한 측정은 같은 날에 수행되었으며, 측정된 필름은 방사선 조사 후 24시간이 지나서 VIDAR 스캐너를 통해 디지털화하였다. 디지털화된 측정 정보는 선량 분석 시스템을 이용하여 분석하였다(Fig. 8).

### III. 결 과

먼저 9 mm 두께의 볼루스의 A 지점에서 평균 71.1 cGy 값이 나타났으며, B 지점에서는 평균 70.6 cGy, C 지점에서 70.5 cGy, D 지점에서 73.8 cGy 값을 나타냈다. 다음으로 6 mm 두께의 볼루스를 올려놓고 측정된 평균값은 A 지점에서 84.9 cGy, B 지점에서 85.0 cGy, C 지점에서 85.2 cGy, D 지점에서 85.5 cGy 값을 나타냈으며, 볼루스 3 mm에서의 10번 반복 측정 결과 평균값이 A 지점에서 88 cGy, B 지점에서 87 cGy, C 지점에서 87.3 cGy, D 지점에서 89.1 cGy 값을 나타냈다. 마지막으로 볼루스를 완전히 제거한 후에 측정된

Table I. 9 mm 볼루스 선량측정결과

Point	Mean (cGy)
A-point	71.1
B-point	70.6
C-point	70.5
D-point	73.8

Table II. 6 mm 볼루스 선량측정결과

Point	Mean (cGy)
A-point	84.9
B-point	85.0
C-point	85.2
D-point	85.5

Table III. 3 mm 볼루스 선량측정결과

Point	Mean (cGy)
A-point	88.0
B-point	87.0
C-point	87.3
D-point	89.1

Table IV. Non- 볼루스 선량측정결과

Point	Mean (cGy)
A-point	108.4
B-point	108.3
C-point	107.9
D-point	109.4

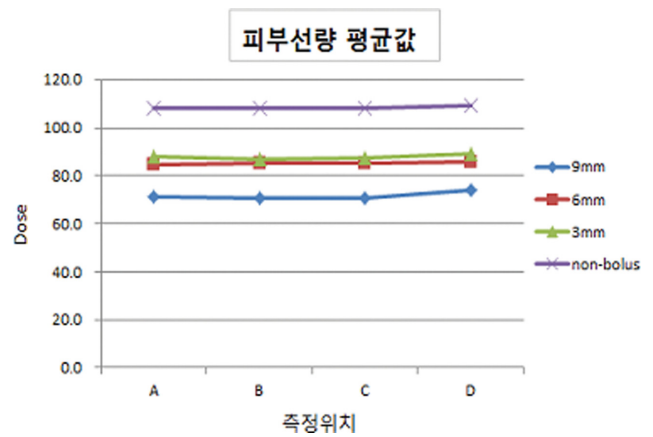


Fig. 9. (Color online) 피부선량 측정그래프.

평균 결과치는 A 지점에서 108.4 cGy, B 지점에서 108.3 cGy, C 지점에서 107.9 cGy, D 지점에서 109.4 cGy 값을 나타냈다(Table I~ IV)(Fig. 9).

### IV. 고찰 및 결론

방사선치료와 항암화학요법을 병행하는 환자의 경우 구토, 메스꺼움, 식욕부진 등의 이유로 정상적인 식생활이 되지 않으며 이로 인하여 환자의 체중 감소가 생기게 된다. 체중 감소는 방사선치료에서 치료하고자 하는 target과 주위 정상조직의 움직임에도 영향을 미치며 곧 부정확한 선량 전달이 나타날 수 있다[3]. 특히 비인두암 환자의 경우 구조가 다른 장기보다 복잡한 구조를 지니고 있고 비인두암 방사선치료방법으로 이용되고 있는 토모테라피의 경우 수 mm 차이로 급격한 선량 변화가 발생하므로 이러한 체중 감소의 변화에 따라 target과 가까이 위치해 있는 목 피부에 불필요한 선량을 주게 될 것이다. 피부에 불필요한 선량이 전달되게 되면 심각한 방사선피부염이 발생하게 되며 방사선피부염은 많은 환자

들에게 불편감을 주게 되며 경도의 피부염은 치료받는 부위의 피부의 건조화나 각질화 등이 관찰되지만 중등도 이상의 피부염은 습성 피부 탈락이나 출혈과 심한 통증으로 환자의 삶의 질을 떨어뜨리는 원인이 된다[4].

본 연구에서는 방사선치료와 항암화학요법을 병행하는 환자의 경우 체중 감소로 인하여 타겟 주위의 피부에 불필요한 선량 전달이 얼마나 되는지 알아보고 체중 감소에 따라서 선량의 차이가 어떻게 나타나는지 알아보았다. 환자의 체중 감소가 나타나면서 Aqua plastic mask가 헐거워지는 이유가 되기 때문에 본 연구에서는 인체모형팬텀인 휴먼팬텀에 환자의 피부와 유사한 물질인 볼루스를 3 mm 세장을 올려놓고 한 장 식 제거하면서 최초 계획한 전산화치료 계획 선량을 동일하게 전달하며 두께에 따라 얼마큼 차이가 나는지 알아보았다. 그 결과 볼루스의 두께가 얇아지면서 측정되는 피부선량의 값이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 즉, 처음 선량 계획을 설정할 때 휴먼 팬텀에 9 mm 볼루스를 위치시켜 놓은 상태로 계획을 세웠기 때문에 볼루스 두께가 얇아지면 불필요한 선량이 피부에 전달된다는 것을 알 수 있었다. 볼루스를 제거함으로써 Aqua plastic mask가 점점 헐거워지므로 피부선량의 변화가 나타났다. 본 연구에서는 방사선치료와 항암화학요법을 병행함으로써 체중 감소가 생기기 시작하면 피부선량이 증가한다는 것을 알았고 비인두암의 토모테라피를 실시하는 환자에게서 나타나는 체중 변화는 피부에 불필요한 선량이 영향을 미칠 수 있으므로 방사선치료 과정에서 환자의 체중이 감소함으로써 Aqua plastic mask가 헐거워지는지 주의 깊은 관찰이 필요할 것으로 사료된다. 본 연구의 제한점은 환자를 대상으로 측정을 실시하지 않았기 때문에 직접적인 비교는 어려웠으며 모든 환자에게서 체중 감소가 일정하게 나타나지 않을 수 있다는 점에서 추후에 환자를 상대로 연구가 진행된다면 더 좋은 결과를 기대할 수 있을 거라 기대

한다.

즉 비인두암의 토모테라피와 항암화학요법을 병행하는 환자의 경우 체중 감소로 인하여 Aqua plastic mask와 환자의 피부 간의 공간이 생김으로써 자세의 재현성이 달라질 수 있으며 피부선량의 증가로 이어진다는 결론이 나왔으며 방사선 치료 과정에서 나타나는 체중 감소를 치료 중간에 유심히 관찰하여 환자의 체중 변화에 맞추어 Aqua plastic mask 재제작하는 것과 환자의 피부뿐만 아니라 타겟과 타겟의 주위 정상조직에도 정확한 선량 전달이 이루어질 수 있도록 adaptive plan을 고려하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

### References

- [1] Korea Central Cancer Registry, National Cancer Center. Annual report of cancer statistics in Korea in 2012, Ministry of Health and Welfare (2014).
- [2] P. Jardel, J. Thariat, P. Blanchard, F. Elloumi, N. Toumi, R. J. Bensadoun, M. Frikha, J. Daoud, and J. Bourhis, *Bulletin du Cancer*, **5**, 1 (2014).
- [3] X. Wang, J. Lu, X. Xiong, G. Zhu, H. Ying, S. He, W. Hu, and C. Hu, *Med. Dosim.* **35**, 151 (2010).
- [4] S. A. Bhide, M. Davies, and K. Burke, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **76**, 1360 (2010).
- [5] D. I. Rosenthal, M. S. Chambers, C. D. Fuller, N. C. Rebueno, J. Garcia, and M. S. Kies, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **72**, 747 (2008).
- [6] N. Lee, C. Chuang, J. M. Quivey, T. L. Phillips, P. Akazawa, and L. J. Verhey, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **53**, 630 (2002).
- [7] M. J. Butson, T. Cheung, and P. K. Yu, *Appl. Radiat. Isot.* **64**, 60 (2006).
- [8] K. Tournel, D. Verellen, M. Duchateau, Y. Fierens, N. Linthout, and T. Reynders, *Radiother Oncol.* **84**, 34 (2007).