의학물리 : 제 13 권 제 3 호 2002

전신 방사선치료(Total Body Irradiation, TBI)를 위한 한국인에 맞는 환자 고정장치에 관한 연구

영남대학교 의과대학 방사선종양학교실

김 명 세

조사 선량의 분포를 저해하지 않으면서 정확한 차폐가 가능하며, 짧은 시간 내에 쉽게 환자를 고정할 수 있으며, 치료 중에 환자가 의식을 잃는 경우에도 다치지 않고 지지될 수 있는, 한국인의 체형에 맞는 전신방사선치료를 위한 고정장치를 개발하고 그 효과를 평가하였다. 230 cm의 키, 100 kg의 체중을 가진 성인 환자도 지지될 수 있도록 지름 5 cm의 스텐레스 원형 봉을 사용하여 프레임을 제작하였고, 의자는 환자가 서 있는 상태에서 환자의 키, 몸의 두께에 맞추어 위치 조절이 가능하도록 고안하였다. 가슴부위의 전면 지지대는 1 cm 두께의 아크릴을 사용하여 지지의 기능과 차폐물의 고정 기능을 겸하게 하였고, 등면의 지지대는 1 cm 두께의 아크릴을 5 mm 두께, 3 cm 넓이의 스텐레스 스틸로 테를 둘러 환자의 지지와 엑스선 필름 카세트 고정장치를 겸하도록 고안하였으며 2개의 상부 도르래와 측면의 핸들로 쉽고 정확하게 조절할 수 있도록 하였다. 머리 고정장치는 비닐과 특수 스펀지를 사용하여 쇠약한 환자의 작은 흔들림도 방지할 수 있도록 하였다. 환자를 원하는 위치에 고정하는데 평균 4분 25초가 소요되었고 반복되는 분할조사의 검교정 필름에서 폐의 차폐물의 위치에 차이가 없었으며, 팬텀 실험과 환자치료에서 ±5%의 선량차이를 보였다. 치료중 환자가 의식을 잃은 경우도 수차 있었으나 쓰러지지 않고 지지할 수 있었다.

중심단어 : 과분할 전신방사선치료, 고정장치, 정확한 차폐

서 론

전신방사선치료는 골수 이식 전의 conditioning regimen의 한 방법으로 면역기전을 저하시켜 거부반응을 방지하며, 환자의 골수에 공여자의 골수 세포가 착상될 수 있는 공간을 만들며, 환자의 몸에 남아있는 암 세포를 근절시키는 목적으로 주로 사용되고 있다.[1, 2] 계획된 방사선 전량을 한번에 조사하는 방법에 비해 과분할(hyperfractionation: bid, tid 등) 전신 방사선치료가 우수하다고 알려진 이래[1, 2] 총 치료선량, 분할치료량 등은 치료기관마다 조금씩 다르기는 하나 과분할 치료는 전신방사선치료의 근간이 되고 있다. 전신방사선치료에서 흔한 합병증인 백내장이나[3, 4] 방사선폐염,[5, 6] 신장장애[7] 등을 방지하기 위하여는 적절한 차폐물을 정확한 부위에 고정해야 함은 물론, 반복되는 방사선치료에서도 정확한 위치에 장치될 수 있어야 함으로 환자의 체위를 일정하게 유지하는 것은 필수적이다. 또한 대부분의 골수이식환자는 계속되는 고용량의 항암제 치료로 인해 전신이 매우 쇠약한 상태에서 전신방사선 치료를 받게 됨으로 한번에 15분에서 20분을 움직이지 않고 서 있어야 하는 것은 매우 어려운 일이다. 특히 4-5일 동안 계속되는 과분할 전신방사선치료의 후반기에서는 1분간도 고정된 자세를 유지할 수 없는 환자가 많을 뿐 아니라 의식을 잃는 환자도 있어, 치료 중에 환자가 의식을 잃는 경우에도 다치지 않고 지지될 수 있는 고정 장치의 연구는 매우 절실하다. 서양인보다 기본 체력이 약하고, 더욱이 체력 저하가 현저한 한국인에게는 좀더 편리한 자세를 유지할 수 있도록 TBI 고정장치의 수정 보완이 필요할 것으로 사료된다.

이에 본 연구는 한국인의 체중, 키, 가슴부분과 복부의 전후, 측면의 두께 등을 기초로 하여, 조사 선량의 분포를 저해하지 않으면서 정확한 차폐가 가능하며, 짧은 시간 내에 쉽게 환자를 일정한 위치에 반복 고정할 수 있으며, 치료 중에 환자가 의식을 잃는 경우에도 다치지 않고 지지될 수 있는 한국인의 체형에 맞는 전신방사선치료를 위

이 논문은 2002년 7월 29일에 접수하여 8월 12일에 채택됨.
본 논문은 2001학년도 영남대학교 학술연구 조성비의 지원에 의한 것임.
책임저자 : 대구광역시 남구 대명동 371-1
영남대학교 의료원 방사선종양학과
Tel : 053)620-3050, 3370, Fax : 053)624-3599
E-mail : rto@medical.yu.ac.kr

한 수정, 보완 제작하여 그 효과를 평가하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본원에서는 전신방사선치료를 시행하기 위하여 본원에 설치되어 있는 Co-60 원격치료장치(ATC, 1986)와 저자가 수정, 보완, 제작한 고정장치를 사용하였다.

전신방사선치료를 시행할 때 고정장치는 크게 두 종류로 분류할 수 있다. 첫 번째 고정장치는 Sloan-Kattering Memorial 병원에서 개발한 AP-PA형 형태와 두 번째 고정장치는 미네소타병원에서 개발한 치면 치료형 형태를 들 수 있다. 저자는 1990년에 두 형태를 모두 직접 제작하여 사용해 본 결과 AP-PA형이 본 병원과 환자들에게 더욱 편리함을 알 수 있었다. 이에 저자는 기본틀은 Sloan-Kattering Memorial 병원에서 개발한 원형을 유지하면서 한국인의 체형과 치료에 적합하도록 세부부분들을 수정, 보완한 치료대를 제작하였다. 전신방사선 치료대의 외부 틀은 100 cm 정도의 키의 소아 환자에서부터 210 cm의 키, 100 kg의 체중을 가진 성인 환자도 지지될 수 있도록 80 cm 의 폭, 230cm 의 높이, 60 cm 의 두께로 하였고 지름 5 cm의 스텐레스 봉을 사용하여 다양한 체격 및 몸무게의 환자까지도 지지될 수 있도록 하였다 (Fig. 1).

또한 모든 환자는 ECG 모니터를 착용토록 하여 전신방사선치료를 수행하는 동안 CCTV를 통하여 환자의 상태, 자세, 심박동수, ECG, 산소상태 등을 감시할 수 있도록 하였고 치료 중에도 환자의 상태를 예견하여 부적절한 경우에는 즉시 발견, 대응할 수 있도록 하였다. 또한 환자의 피부에 부착된 Veridose V system을 CCTV를 통해 감시함으로서 조사선량이 예측치에 비해 변동이 크다고 판단될 때는 즉시 중지할 수 있도록 하였다.

수정 보완된 부분들은 1) 둔부지지대 2) 전흉부지지대 3) 등면지지대 4) 머리지지대 5) 손잡이 등이다. 15분에서 20분 정도 같은 자세를 유지하면서 치료를 받아야 하는 TBI 환자들을 대상으로 5년동안 치료하면서 환자들이 어려웠던 부분과 저자가 환자들의 편함과 안전을 위하여 수정 보완이 필요하다고 판단되는 부분들에 대해서 미세한

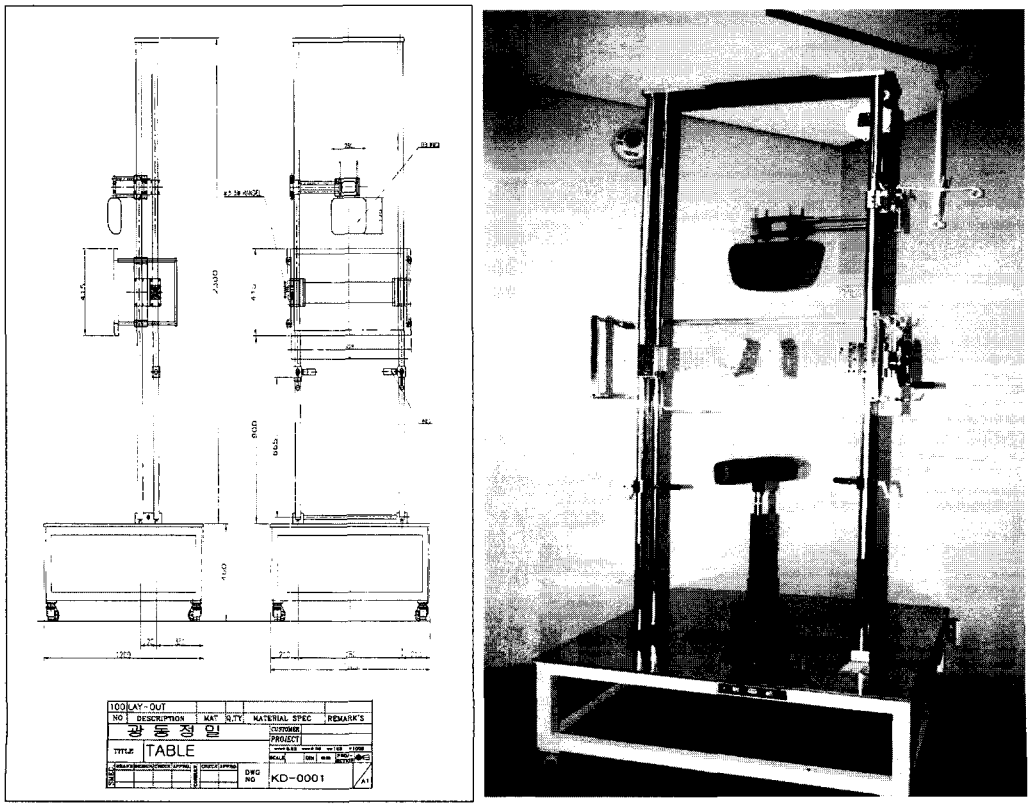

Fig. 1. The design drawing and overview of immobilizing device for total body irradiation (TBI).

변형을 시도하여 고정장치를 수정 보완 제작하였으며, 수정 보완된 부분들에 대하여 환자들의 의견을 조사하여 수정되기 전과 비교 검토하였다.

결 과

전신 방사선치료에서 환자를 원하는 위치에 정확히 고정하는데 평균 4분 25초가 소요되었고 반복되는 분할조사에서 실시한 검교정 필름에서도 폐의 차폐물의 위치에 차이가 거의 없어 정확한 폐의 차폐와 함께 정확한 체위가 유지됨을 확인하였다.

둔부 지지대는 환자가 서 있는 상태에서 엉덩이를 지지하는 정도로 하였고 높이와 위치는 환자의 키, 몸의 두께에 맞추어 상하 50 cm 정도 조절이 가능하도록 고안하였다. 안장이 넓거나 너무 좁아도 쇠약한 환자들이 불편해 함으로 여러 번의 시험을 거쳐 가장 편한 모양, 넓이, 두께와 쿠션의 재질 등을 결정하였다. 환자가 의식을 잃을 때 의자 자체가 넘어지는 일이 없도록 하기 위하여 바닥에 특수 제작한 볼트로 강하게 고정하였고 환자의 몸의 두께에 맞추어 전, 후, 좌, 우로 조정될 수 있도록 제작하였다.

전흉부지지대는 1 cm 두께의 아크릴을 사용하여 환자를 지지할 수 있는 기능과 폐의 차폐를 위한 차폐물의 고정 기능을 겸하게 하였고, 중심부에는 방사선의 중심선과 환자의 중심 축이 일치되는 면이 쉽게 표시될 수 있도록 십자형의 구멍을 만들었다.

등면지지대는 1 cm 두께의 아크릴을 5 mm 두께의 스텐레스 스틸로 3 cm 넓이의 테를 둘러 100 kg 이상의 체중에도 지지될 수 있도록 하였고, 전흉부지지대와 등면지지대를 조절하여 환자의 몸통 부위가 고정됨으로써 같은 자세로 견디기 훨씬 편하게 제작하였다. 또한 검교정을 위한 엑스선 필름 카세트를 꽂을 수 있는 장치를 부착할 수 있도록 제작하였다(Fig. 2).

머리지지대는 쇠약한 환자의 작은 흔들림도 방지할 수 있도록 측면 지지대를 강화하였고 의식을 잃었을 때도 다치지 않도록 하기 위하여 특수 스펀지를 사용하여 제작하였다.

손잡이는 쇠약한 환자가 10분 이상 쥐고 있어도 땀에 의해 미끄러지지 않으면서 불편하지 않도록 하기 위하여 요철 무늬를 넣은 에폭시 소재를 사용하였고 손목이 직각으로 꺾일 경우의 불편함을 해소하기 위하여 15° 아래쪽으로 굽혀지도록 고안, 제작하였다.

가슴부위의 전면, 등면, 머리의 고정장치는 고정틀 상부 좌우에 도르래를 달아 환자의 키에 맞추어 상하로 움직일 때 비대칭이 되지 않으면서 정확하게 조정될 수 있도록 하였고 전후 좌우의 미세한 조정은 측면의 핸들을 사용하여 쉽고 정확하게 조절할 수 있도록 하였으며 측정된 오차는 2 mm 이내였다(Fig. 3).

Ion chamber를 사용하여 란도 펜텀의 머리, 가슴, 복부, 골반부의 중심축의 선량을, Veridose V system을 사용하여 동일한 부위의 펜텀의 피부와 환자의 피부 선량을 각각 5회 측정한 선량은 배꼽 부위의 선량을 기준으로 하여 ±5% 이내의 균일성을 유지할 수 있음을 확인하였다(Table 1, Fig. 4).

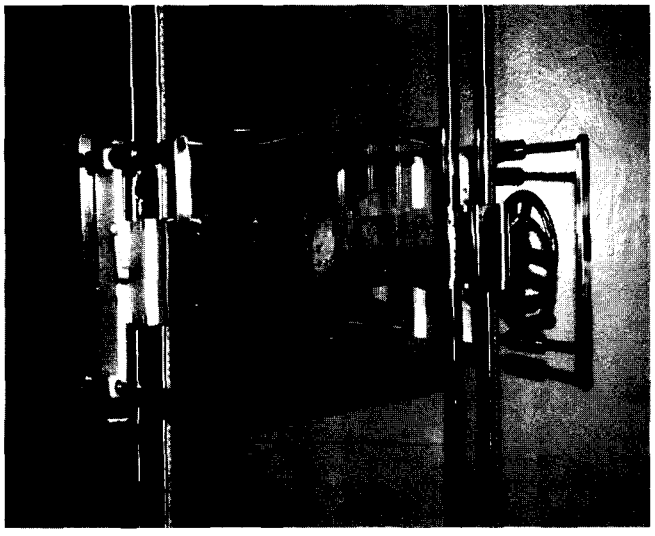

Fig. 2. Chest and back supporter was tolerated over 100 kg of body weight, lung block and verification film cassette.

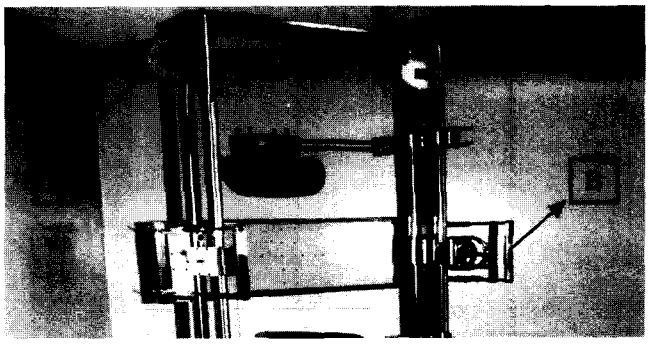

Fig. 3. Head rest, chest and back supporter were controled by two upper-side pulleys (A) and small handle (B).

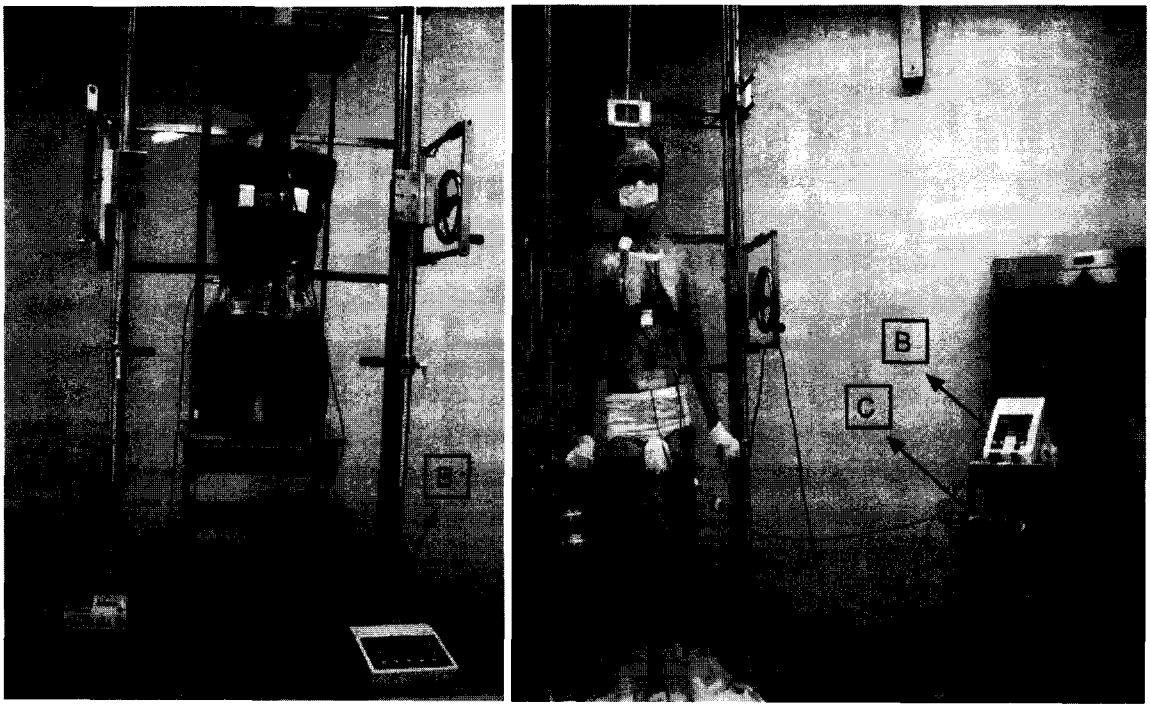

Fig. 4. Radiation dose was recorded by Electrometer(model 530, Victoreen USA) (A) and VeridoseV (model 37-705, Victoreen, USA) (B) in rhando phantom & patient treamtment. Patient condition was simultaneously observed by ECG monitor (C).

Table 1. Dose Distribution on Rando Phantom and Patients Total Body Irradiation

AP/PA (cGy)	Head	Neck	Chest (center)	Umbilicus
Rando Phantom	145.0	146.3	153.7	147.1
	(98.6%)	(99.5)	(104.5%)	(100%)
Patient I	147.2	148.0	152.6	149.2
	(98.7%)	(99.2%)	(102.3%)	(100%)
Patient II	148.5	149.2	154.7	152.0
	(99.7%)	(98.2%)	(101.8%)	(100%)

고찰 및 결론

골수 이식의 전 처치로 시행되는 전신방사선치료는 Conditioning regimen 의 다른 방법인 항암제 치료에 비해 1) 고환과 같은 "sanctuary site"가 없으며, 2) 혈관분포에 구애됨이 없이 비교적 균등한 선량을 조사할 수 있으며 3) 항암제에 문제되는 교차내성이 없으며 4)해독작용이나 배설 등의 우려 없이 치료할 수 있으며 5) 재발의 위험이 높은 부분에는 추가선량을 줄 수 있는 등, 많은 이점이 보고되고 있어[1, 2, 10, 11] 전신 방사선치료가 꾸준히 사용되고 있다. 한번에 전량을 조사하는 치료보다 다분할 전신 방사선치료가 효과 및 합병증에서 통계학적으로 유의하게 우수하다는 것이 보고된 이래[1, 2, 4, 5, 12] 다분할 치료는 전신 방사선치료의 기본 치료법이 되고 있으나, 쇠약해진 환자를 4-5일 동안 오전 오후, 8-10회의 치료를 위하여 정확한 위치에 반복 고정하는 것이 쉽지 않아 많은 병원에서 고심하고 있다. 특히 전신방사선 치료에서 주 합병증인 간질성 폐염[6, 12, 13]을 방지하기 위하여는 정확한 폐의 차폐를 위한 환자의 정확한 고정장치가 필수적이다. 하버드 부속 MGH병원, UCLA, Stanford대학병원 등, 많은 서양의 병원에서 Sloan Kattering Memorail 병원에서 개발한 장치의 외형을 그대로 모방하여 사용하면서 부분적인 고정장치만을 나름대로 개발하여 자기 병원의 이름을 부쳐 사용하고 있으나 장, 단점이 있다. 미네소타 대학병원에서 개발한 측면치료는 보상체의 제작이 필요하며, 보상체를 콜리메이터의 트레이에 고정할 경우 환자가 조금만 움직여도 조사 선량의 균등도가 틀려질 수 있을 뿐 아니라 폐, 렌즈 등의 차폐가 어려워 개발한 미네소타 대학병원에서조차 Memorial 병원의 선 자세에서 전후로 치료하는 방법을 같이 사용하고 있는 실정이다.

Memorial 병원의 치료 방법은 측면치료에 비해 보상체의 제작이 비교적 쉬우며 폐나 렌즈의 차폐도 용이하다고 보고되고 있어[1, 2, 13] 많은 병원에서 사용되고 있으나 치료 효과와 합병증의 발생 빈도를 좌우할 수 있는 요인이 되는 환자의 정확한 자세의 고정을 위한 장치는 아직도 해결되어야 하는 과제로 남아 있다. 현재 서양에서 개발된 다양한 고정장치가 상품화되어 있으나 우리나라 환자의 조건에는 맞지 않아 그대로 사용하기엔 부족한 점이 너무나 많다.

체력이 저하된 치료 환자들의 가장 큰 어려움은 둔부지지였는데, 보완 제작된 둔부지지대에 대해 치료중 둔부가 편안하여 15분에서 20분 정도는 쉽게 견딜 수 있다고 환자들이 증언하였고, 저자가 고안한 등면지지대 부착으로 전흉부지지대와 등면지지대로 환자의 몸통 부위가 고정됨으로서 같은 자세로 견디기가 훨씬 수월하다고 환자들이 증언하였다.

특히 손잡이 각도가 15° 경사지게 움직이도록 제작된 부분은 미세한 변화이지만 환자들의 편안함이 훨씬 충족됨을 조사에서 알 수 있었다. 90년대부터 5년 동안 전신방사선치료를 시행한 환자들의 불편한 부분을 수정 보완한 결과 한국인의 체력 조건에 맞는 고정장치를 제작할 수 있었다. 반복되는 항암제 및 전신방사선치료에 지친 환자들이 후반의 치료에서는 거의 서지도 못할 정도로 쇠약한 상태에 있게 됨으로 짧은 시간 내에 환자를 고정하는 것은 필수적이다. 본 장치는 과분할 전신 방사선치료에서 필수적인 쇠약한 환자의 체위를 단 시간 내에 쉽게 고정할 수 있도록 함으로서 정확한 치료와 정확한 차폐를 가능하게 하였을 뿐 아니라 치료 중 의식을 잃었을 경우에도 쓰러지지 않도록 지지할 수 있어 향후 전신방사선치료에 공헌할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 치료 중 환자들의 심리상태를 편안하게 한다는 것이 중요하다는 것을 환자들의 의견조사에서 나타났다. 환자들을 편안하게 하는 방법은 고정장치 등의 연구로 인한 물리적인 방법과 마음을 편안하게 하는 정신적인 밥법이 있는데, 이 부분에 대해서는 좀 더 구체적이고 체계적인 연구로 환자들의 편안하고 안전한 치료를 위해서 함께 연구되어야 할 과제라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Gunderson LL, Tepper JE: *Clinical Radiation Oncology*, Churchhil Livingstone, New York, Edinburgh, London, Philadelphia. (2000), pp.1203 -1210
2. Leibel SA, Phillips TL: *Textbook of Radiation* Oncology. Saunders, Philadelphia, London, Toronto. (2000), pp. 255-269
3. Ellerin BE, Nisce LZ, Roberts CW, Thornell C, Sabbas A, Wang H, Li PM, Nori D: The effect of ionizing Radiation on intraocular lenses. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 51:184-208 (2001)
4. Ziehhut D, Lohr F, Schraube P, Scraube P, Huber P, Wenz F, Hass R, Fehrentz D, Flentje M, Hunstein W, Wannenmacher M: Cataract incidence after total body irradiation. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 46: 131-135 (2000)
5. Thomas O, Mahe MA, Campion L, Bourdin S, Milpied N, Brunet GM, Lisbona A, Le Mevel A, Milpied N, Moreau P, Harousseau JL, Cuilliere JC: Long-term complications of total body irradiation in adults. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 49: 125-131 (2001)
6. Ho VT, Weller E, Lee SJ, Alyea EP, Antin JH, Soiffer RJ: Prognostic factors for early severe preliminary complications after hematopoietic stem cell transplantation. Biol. Blood. Marrow. Transplant. 7:223-229 (2001)
7. Molteni A, Moulder JE, Cohen EP, Fish BL, Talor JM, Veno PA, wolfe LF, Ward WF: Prevention of radiation-induced nephropathy and fibrosis in a model of bone marrow transplant by an angiotensin II receptor blocker.: Exp. Biol. Med. 22:1016-1023 (2001)
8. Hale GA, Tong X, Benaim E, Cunningham JM, Heslop HE, Horwiz EM, Leung W, Rochester RJ, Shearer PD, Srivastava DK, Woodard JP, Bowman LC: Allogeneic bone marrow transplantation in children failing prior autologous bone marrow transplantation. Bone Marrow Transplant. 27:155-162 (2001)
9. Di Grazia C, Raiola AM, van Lint MT, Lamparelli T, Gualandi F, Berisso G, Bregante S, Dominietto A, Mordini N, Bruno B, Frassoni F, Bacigluo F: Conventional hematolpoietic stem cell transplants from identical or alternative donors are feasible in recipients relapsing after an autograft. Hematologica. 86: 646-651 (2001)
10. Blaise D, Maraninchi, Michallet M, Reiffers J, Jouet JP, Milpied N, Devergie A, Attal M, Sotto JJ, Kuentz M, Ifrah N, Dauriac C, Bordigoni P, Gratescos N, Guilhot F, Guyotat D, Gluckman E, Vernant JP: Long-term follow-up of a randomized trial com-

paring the combination of cyclophosphamide with total body irradiation or busulfan as conditioning regimen for patients receiving HLA-identical marrow grafts for acute myeloblastic leukemia in first complete remission. Blood. 1:97:3669-3671 (2001)
11. Kroger N, Nabelina T, Kruger W, Renges H, Stute N, Kabisch H, Jaburg N, Loliger C, Krull A, Zander AR: Comparison of total body irradiation vs busulfan in combination with cyclophosphamide as conditioning for unrelated stem cell transplantation in CML patients. Bone Marrow Transplant. 27:349-354 (2001)
12. Gopal R, Ha CS, Tucker SL, Khouri IF, Giralt SA, Gajewski JL, Andersson BS, Cox JD, Champlin RE: Comparison of two total body irradiation fractionation regimens with respect to acute and late pulmonary toxicity. Cancer. 92:1949-1958 (2001)
13. Harden SV, Routsis DS, Geater AR, Thomas SJ, Taylor PJ, Marcus RE, Williams MV: Total body irradiation using a modified standing technique: a single institution 7 year experience. Br. J. Radiol. 74: 1041-1047 (2001)

Development of Patient-Immobilizing Device for Total Body Irradiation (TBI)

Myung Se Kim, M.D., Ph.D.

Department of Therapeutic Radiology & Oncology,
Yeung Nam University Medical College, Daegu, Korea

A immobilizing device that is essential for correct lung and lens shielding with homogenous dose distribution in fractionated total body irradiation was developed and it's efficiency was evaluated. The main frame was made of stainless steel bar (5 cm in diameter) to withstand up to 230 cm in height and 100 kg in weight to prevent any injury even in unconsciousness condition. The saddle was designed to adjust the body weight and hight of standing patients. Chest and back supporter were made of 1 cm acryl which could fix the lung block and cassette holder. Leather and sponge pedding were used for head rest to keep patients comfortable. The device was strongly fixed by specially designed bolts on the bottom panel which was made of 1 cm stainless steel and 10 cm thick wooden board. Precise manipulation (±2 mm) was possible by upper two pulleys and side handles. Average four minutes twenty five seconds were needed for exact setting in fractionated TBI. No significant difference of lung block location on repeated verification films was confirmed and relatively homogeneous dose distribution was measured in rando phantom experiments and patient treatments (±5%). This immobilizing device was very efficient to keep correct position of patients, which is essential for better result and less complication in fractionated TBI.

Keywords : Fractionated TBI, Immobilizing device, Correct shielding