大韓核醫學會誌 : 第24卷 第 2 號 1990

위배출시간 측정시 감쇠보정에 의한 효과*

경희대학교 의과대학 내과학교실

고은미 · 김덕윤 · 김병호 · 장영운
김 광 원 · 장 린 · 최 영 길

경희의료원 핵의학실

김 용 봉

= **Abstract** =

Attenuation Correction in Measurements of Gastric Emptying Time

Eun Mi Koh, M.D., **Deog Yoon Kim**, M.D., **Byung Ho Kim**, M.D., **Young Woon Chang**, M.D.
Kwang Won Kim, M.D., **Rin Chang**, M.D. and **Young Kil Choi**, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea

Yong Bong Kim, CNMT

Division of Nuclear Medicine, Kyung Hee Medical Center, Seoul, Korea

Scintigraphic measurement of gastric emptying time has been reported to be influenced by the variation in depth of radionuclide within the stomach. In order to determine the effect of tissue attenuation in the measurement of gastric emptying time, 15 gastric emptying studies were performed with Tc-99m labeled egg sandwiches. Single anterior detector method overestimated the T1/2 by an average of 13% than geometric mean method and the range of overestimation was wide (from −13% to +32%). Therefore, to evaluate the gastric empthying time accurately, methods of attenuation correction are needed.

서 론

위배출시간 측정은 위기능장애의 진단, 약물에 의한 효과의 판정뿐만 아니라 위운동의 병태생리를 아는데도 중요한 검사이다[1,2]. 따라서 위배출시간을 측정하는 법은 이미 우리나라에서도 널리 이용이 되고 있으나[3~10], 그 측정값이 사용되는 음식물의 종류나 열량[11], 음식물의 부피[12], 검사시 환자의 자세등[13]에 따라 달라지며, 성별에 따른 차이도 있어[14] 각 실험실간의 측정치 비교가 어려운 점이 있다. 이러한 요인들외에도 위배출시간 측정시 감쇠보정(attenuation correction)유무에 따라서도 측정치가 달라지게 된다[15~18]. 즉, 식사후 음식물이 뒷쪽의 위 기저부(gastric fundus)에서 앞에 있는 유문동(antrum)으로 이동을 하는데 전면에서만 촬영을 하면 음식물의 이동에 의해 위내용물이 감마카메라에 가까이 다가오므로 기저부에 있을 때보다 감쇠가 덜 일어나 count가 많이 되어 실제의 위배출시간 보다 지연되어 측정되게 된다. 또한 이러한 감쇠의 정도가 개개인에 따라 차이가 심하기 때문에[19,20] 위배출기능을 정확히 알기

*본 논문은 경희의료원 임상연구비의 보조로 이루어 짐.

위해서는 적절한 감쇠보정이 필요하다. 그러나 아직 국내에서는 위배출시간 측정시 감쇠보정에 대한 보고가 많지 않아[21], 저자등은 본원에서 위배출 시간을 측정하는 환자들을 대상으로 하여 감쇠보정의 효과를 알아 보았다.

대상 및 방법

1989년 8월부터 1990년 3월까지 경희대학병원에서 위배출시간을 측정하였던 15명을 대상으로 하였으며 남자 6명, 여자 9명, 평균연령은 44세(범위는 27세~79세)였다. 이중 정상인은 5명, 십이지장 궤양환자가 8명, 특별한 원인없이 식사후 음식물이 잘 안내려간다고 하는 환자가 2명이었다.

검사방법은 검사전날 저녁식사를 한뒤 금식을 하고 다음날 오전 9시부터 검사를 시작하였다. 중간 크기의 달걀에 ^{99m}Tc-albumin colloid 2mCi를 섞은뒤 충분히 휘젓고 약 5g정도의 식용유를 사용해 달걀을 frying pan

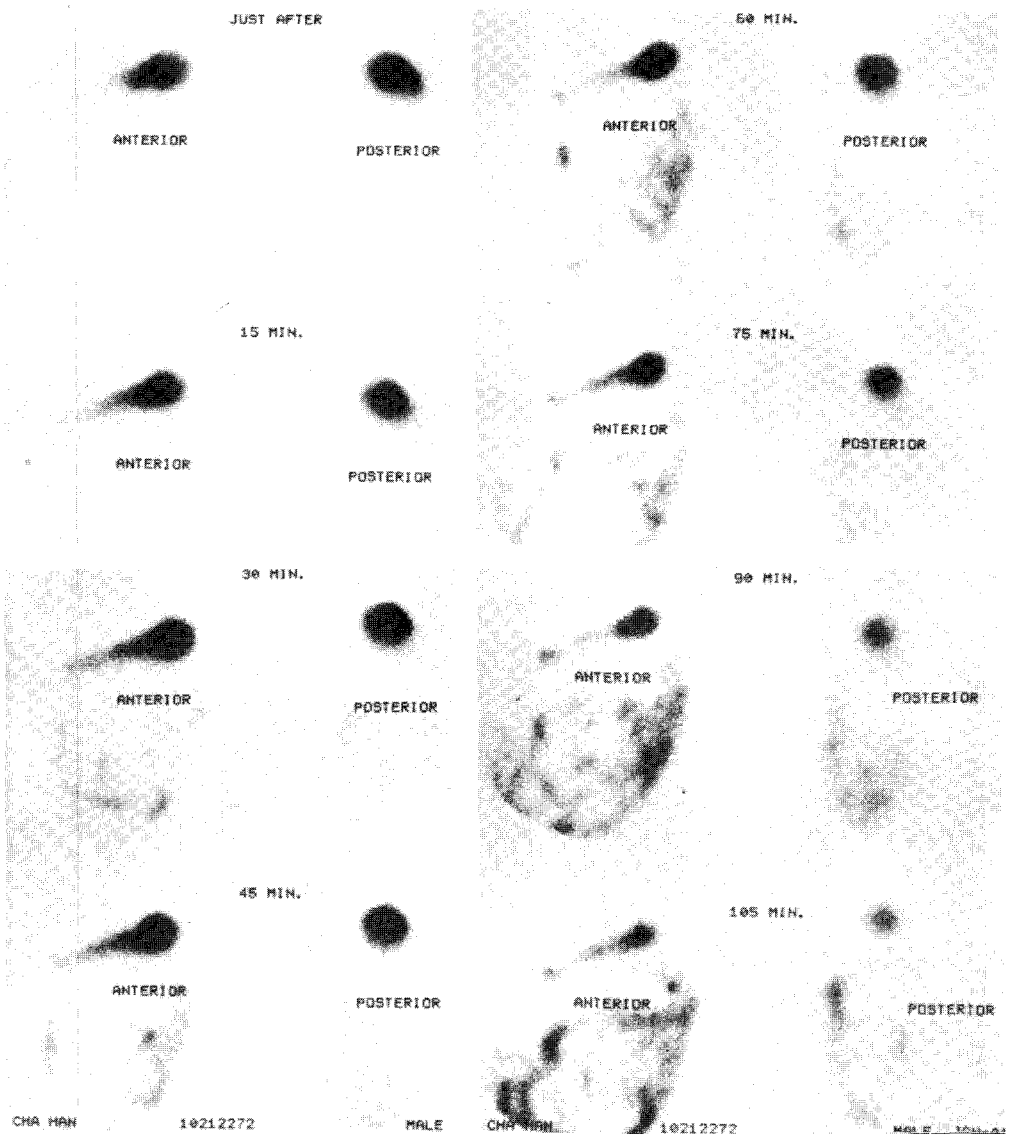

Fig. 1. Anterior and posterior images of serial gastric emptying scintigraphy.

에서 익혔다. 익은 달걀을 중간 크기의 식빵 2장 사이에 넣고 보리차 100 ml와 함께 환자에게 먹도록 하였다. 먹는 시간은 10분 이내로 하였고 먹을 때 poly-glove를 끼도록해 ^{99m}Tc이 환자 손에 묻지 않도록 했다. 이 검사용 sandwich의 열량은 약 320 Kcal였다. 식빵을 다 먹은 뒤에는 컴퓨터가 연결된 감마카메라(Toshiba, GCA 602A gamma camera)를 이용하여 위부위의 전면상과 후면상을 각각 1분씩 촬영하고 이것을 15분 간격으로 2시간후까지 반복하였다. 촬영 도중의 13분 동안은 앉아 있거나 걸어다니도록 하였다. 검사가 끝난후 위부위에 관심영역(region of interest)을 그려 count를 해 붕괴보정(decay correction)을 한뒤 각 시간별로 % gastric retention을 구하여 curve를 그렸다. 100%의 기준은 가장 count가 많을 때로 하였다. 이 curve에서 50%의 activity가 남을 때까지의 시간(T1/2)을 구하였으며 감쇠보정은 전면상과 후면상에서 얻은 count를 곱한뒤 그 값의 제곱근, 즉 기하평균(geometric mean)을 이용하여 curve를 그리고 T1/2을 구하였다.

결 과

Fig. 1은 복부 전면과 후면에서 시간별로 얻은 영상을 보여주고 있다. 처음에 위가 보이고 30분 영상에서부터 소장내로 이동된 방사능이 보이고 있다. 환자들의 % gastric retention curve는 3가지 모양으로 나눌 수 있었는데 첫번째는 Fig. 2A에서 보이는 것처럼 초기에 위내용물의 빠른 배출을 보이고 곧 이어서 거의 linear하게 배출이 일어나는 경우였는데, 40%(6/15)의 환자에서 볼 수 있었다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 처음 15분 동안에는 후면상으로 얻은 curve가 전면상으로 얻은 경우보다 훨씬 빨리 % gastric retention이 감소하고 있고, 그 이후에는 전면상에 의한 경우나, 후면상에 의한 경우나, 기하평균으로 구한 경우나 모두 거의 일정한 속도로 위내용물이 배출됨을 알 수 있었다. 두번째 양상은 전면상으로 curve를 구한 경우 시간이 경과하면서 오히려 처음보다 count가 증가하는 경우였는데(Fig. 2B),

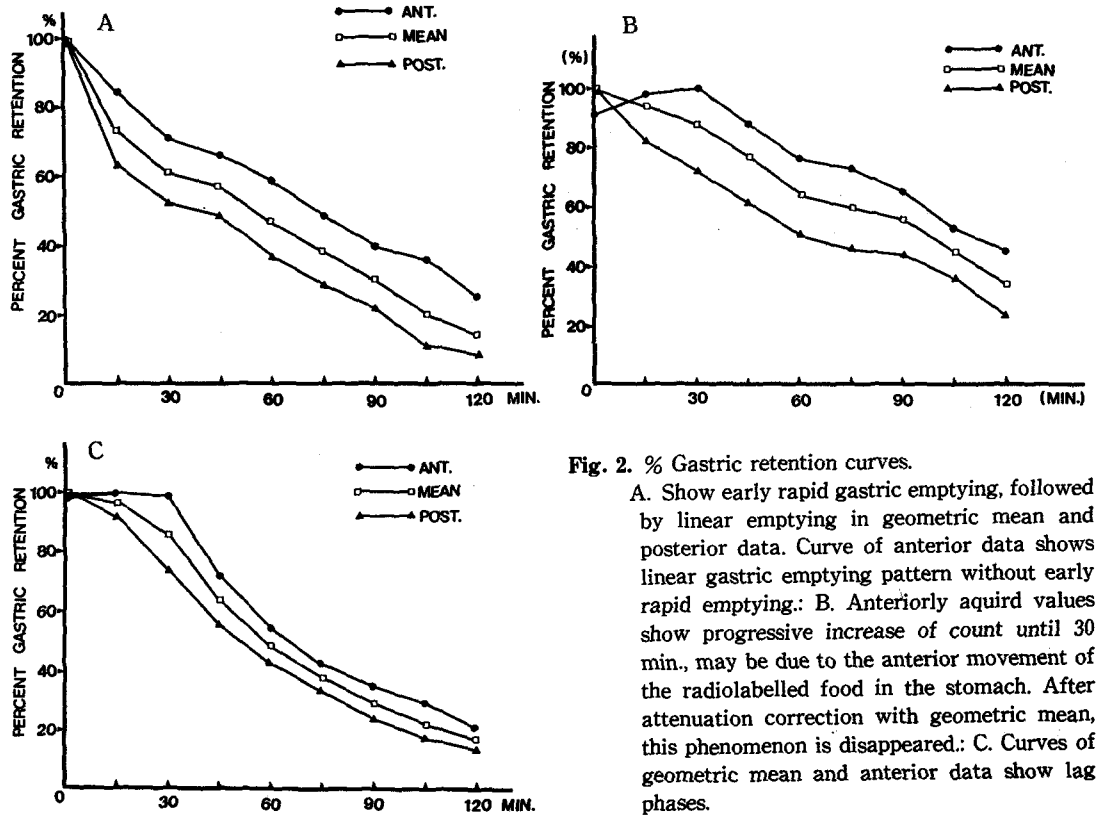

Fig. 2. % Gastric retention curves.
A. Show early rapid gastric emptying, followed by linear emptying in geometric mean and posterior data. Curve of anterior data shows linear gastric emptying pattern without early rapid emptying.: B. Anteriorly aquird values show progressive increase of count until 30 min., may be due to the anterior movement of the radiolabelled food in the stomach. After attenuation correction with geometric mean, this phenomenon is disappeared.: C. Curves of geometric mean and anterior data show lag phases.

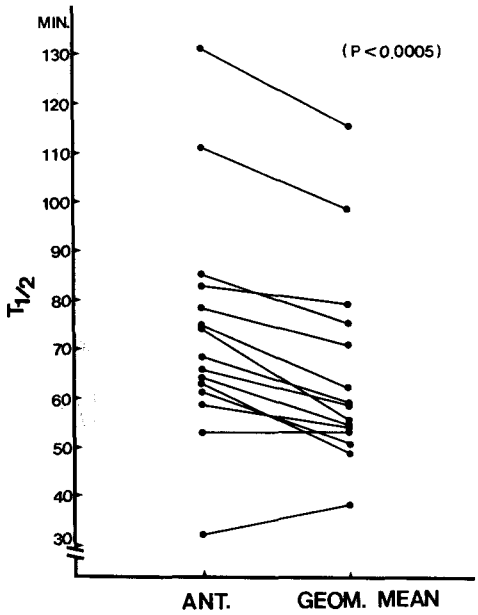

Fig. 3. Anteriorly aquired T1/2 are compared to geometric mean-corrected T1/2.

33%(5/15)의 환자에서 관찰할 수 있었다. 이 경우 기하평균으로 보정을 하면 이런 현상은 관찰되지 않았다. 3번째 양상은 lag phase를 보이는 경우였는데(Fig. 2C), 27%(4/15)의 환자에서 볼 수 있었다. 이들중 3명에서는 기하평균으로 보정한 뒤에는 lag phase가 소실되었었다. 3가지 pattern 대부분에서 기하평균을 이용한 경우가 전면상에 의한 curve보다 빠른 위배출을 보였으며, 일단 소장내로 음식물이 넘어가지 시작하면서부터는 위배출속도가 비슷하여 감쇠보정 유무에 따른 위배출 시간의 차이가 주로 검사 초기, 위내에서의 음식물 재배치에 의한 것임을 알 수 있었다.

Fig. 3에서는 각각의 환자에서 전면상과 기하평균으로 구한 T1/2을 비교한 것이다. 2예를 제외하고는 모두 전면상에서 구한 T1/2의 값이 기하평균으로 구한 값보다 크게 나타나 전면상에만 의존할 경우 위배출정도가 실제보다 과소평가됨을 알 수 있었다. 한 예에서는 양측값에 차이가 없었고 한 예에서는 전면상에 의한 $T_1/2$이 기하평균으로 구했을 때보다 작게 나왔었다. 기하평균으로 교정한 뒤에 오히려 T1/2이 증가한 예에서는 감쇠보정하기전이 33분, 보정후가 38분으로서 매우 빠른 위배출 시간을 보여주고 있다. 따라서 이 경우는 위배출속도가 매우 빨라 음식물이 위내에서 재분포되는데 걸리는 시간의 영향이 적은 것이 아닌가하고 추측된다. 전체적으로는 전면상에 의한 경우 T1/2이 13%정도 크게 측정되었으며 그 범위는 −13%에서 +32%까지로 개인차가 심하였다.

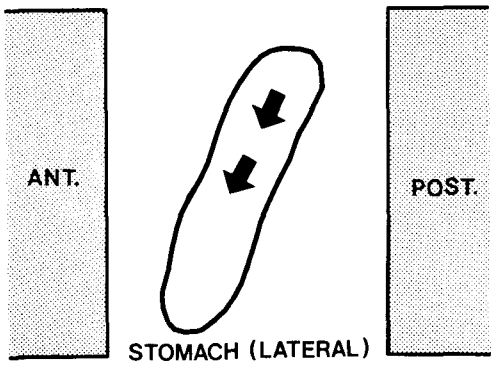

Fig. 4. Schematic presentation of the lateral image of the stomach shows posteriorly placed gastric fundus and anteriorly placed gastric antrum and the arrows indicate the passage of the food in the stomach.

고 안

방사성동위원소를 이용한 위배출기능의 측정은 1966년 Griffith[22]에 의해 시작된 이래로 현재까지 위기능을 평가하는데 가장 좋은 방법으로 알려져 있다[2]. 그러나 단점으로는 사용되는 음식물이나 검사방법의 다양성으로 인해 검사결과를 다른 검사실과 비교하기가 힘들고, 따라서 각각의 검사실에서의 정상치를 갖고 비교해야 한다는 점이다[2]. 이렇게 검사결과에 영향을 주는 여러가지 인자중의 한가지가 조직에 의한 감쇠보정 유무이다[15~18]. 이러한 보정을 해야 하는 이유는 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 위의 기저부는 후상방으로, 유문동은 전하방 놓여져 있어 음식물이 기저부에서 유문동으로 이동해 재분포를 하게 된다. 이때 전면에서만 보면 식후 초기에는, 시간이 지남에 따라 음식물과 감마카메라의 거리가 가까와져 실제보다 위내용물의 배출이 늦게 일어나는 것처럼 보이게 되며, 후면에서만 보면 위 배출에 의한 count의 감소 외에도 감마 카메라로 부터의 거리가 멀어져 count가 감소되는 영향이 있기 때문에 실제보다 위내용물 배출이 빨리 일어나는 것처럼 과장되어 측정되게 된다.

위배출시간 측정시 감쇠보정을 하는 것은 1978년 Tothill등에 의하여 처음으로 시작되었다[16]. 그들은 phantom study를 통하여 감마카메라로부터 source의 거리가 달라질때 전면상과 후면상의 기하평균 값이 거리에 상관 없이 실제 값을 잘 반영하는다는 것을 알아내고 이를 이용해 보정을 시도하였었다. 이 방법이 현재까지도 가장 많이 사용되고 있는 방법이다. 이외에도 1983년에 Collins등은 위의 측면상을 이용해 감마카메라로 부터 위의 중심선까지의 거리를 계산해 감쇠계수(attenuation factor)를 구하고 이를 이용해 보정하는 방법을 개발하였다[17]. 이들은 기하평균을 이용할 경우 double head camera가 없으면 지속적인 관찰을 할 수가 없고 검사가 계속 중단되는 단점이 있는 방면, 그들의 방법을 사용하면 한쪽면의 영상만 얻으면 되므로 계속적으로 관찰할 수 있는 장점이 있다고 하였다. 감쇠보정의 또 다른 방법으로는 Meyer등[18]이 개발한 방법으로 거리에 따라 방사성 동위원소의 peak to scatter비가 변하는 것을 이용하여 거리를 추정하여 보정하는 방법이다.

기하평균으로 보정을 한 외국의 연구들은 전면상으로만 T1/2으 측정하면 기하평균으로 T1/2을 측정했을 때보다 5.7%~38.1% 크게 측정된다고 보고하고 있고[12,15,16,19], Collins등의 방법을 사용하여도 그 결과는 기하평균을 이용하였을 때와 같다[19,20]. 또한 Collins등은 대상 환자들의 측면상을 계속 얻으므로서 위의 모양이 개인차가 심하여 조직에 의한 감쇠가 거의 없는 경우에서부터 30% 이상인 경우까지 있음을 알아내고 정확한 검사를 위해서는 반드시 감쇠보정을 할 것을 주장하고 있다[20]. Christian등[12]도 전면상과 기하평균으로 구한 T1/2을 비교하였을 때 그 차이가 −41%에서 +117%로 넓은 범위를 갖고 있음을 보고하고 있다. 즉 만일 일정한 비율로 연장된다면 전면상으로 측정하여도 일정한 비율을 곱하여 주면되니까 별 문제가 없겠으나 저자들의 결과에서도 T1/2이 연장되는 정도의 범위가 −13%에서 +32%로 다양하여 각각의 경우에 감쇠보정이 필요함을 알 수 있었다. 국내에서는 이등[21]이 정상인 12명을 대상으로 하여 전면상에 의한 위배출 시간과 기하평균으로 구한 위배출시간간에 통계적으로 유의한 차이가 없다고 보고하여 저자들의 결과와 차이를 보여주고 있다. 이러한 차이의 원인으로는 촬영시 이등[21]은 감쇠효과를 줄이기 위하여 복와위(prone position)에서 전면상을 얻은 점에 의하지 않을까 추측된다. 또한 사용된 식사가 저자들이 sandwich를 이용한데 반해 이등[21]은 통상적인 한식을 이용한 점도 차이가 나는데 일반적으로 음식물의 양이 클수록 전면상과 기하평균으로 구한 T1/2간에 차이가 더 나는 것으로 알려져 있어[12] 이것으로는 설명이 되지 않는다. 또 한가지 설명은 이등은[21] 위배출시간을 비교할때 개인별로 비교를 하지 않고 두군간의 평균을 비교하여 전체 평균은 차이가 없었으나 저자들처럼 개인별로 비교를 하면 두 값간에 차이가 있을 가능성이 있다.

위배출시간 측정시 자주 언급되는 것이 lag phase인데 이것은 % gastric retention curve에서 처음에 위내용물 배출이 느리게 일어나는 시간 간격을 말하며 lag phase란 고형식이 위내에서 작은 입자로 나누어지는데 필요한 시간으로 위기능을 알고 약물의 위배출능에 대한 영향을 알기 위해서는 lag phase가 매우 중요하다는 주장[23]도 있고, 이와는 달리 기하평균으로 보정을 하면 lag phase가 소실되는 경우가 많아 lag phase란 감쇠보정을 하지 않아 생기는 artifact가 아닐까하는 주장[15]도 있었다. 그러나, Collins등은 다른 연구자들이 lag phase를 관찰할 수 없었던 것은 검사 초기단계에서 15분내지 20분 간격으로 영상을 얻어 lag phase를 보기에는 너무 시간간격이 길었기 때문이고 그들과 같이 계속적으로 관찰을 했을 때는 감쇠보정을 하더라도 lag phase를 관찰할 수 있다고 주장하였다[20]. 저자들의 경우에도 기하평균으로 보정한 뒤에도 1명에서 lag phase를 볼 수 있어 lag phase가 artifact라기 보다는 실제로 존재하는 phase라고 생각되며, 따라서 lag phase의 연구를 위해서는 검사시작후 처음 30분 동안에는 시간간격을 줄여 영상을 얻을 필요가 있을 것으로 생각된다.

저자등은 검사시 고형식을 사용하였는데 그 이유는 유동식이나 고형식 한가지만을 이용하여 위배출 시간을 측정할 때 유동식의 경우, 위배출능의 변화가 현저하지 않을때는 이상 소견이 안나올 가능성이 높기 때문에, 가능하면 고형식을 사용하는 것이 좋은 것으로 되어 있기 때문이다[2]. 일반적으로 고형식의 경우는 감쇠보정의 효과가 큰 것으로 되어 있으나 유동식인 경우는 그 영향이 크지 않은 것으로 알려져 있는데 그 이유는 유동식의 위내 이동이 빠르고, 유동식을 표지하는데 이용이 되었던 방사성동위 원소가 주로 In-111로서 247KeV의 고에너지를 내므로 조직에 의한 감쇠효과가 적기 때문이라고 생

각되어진다[12,15,18]. 따라서 우리나라에서 많이 사용되는 Tc-99m표지 juice나 생리적 식염수등의 경우 조직감쇠의 영향이 어떠할지는 앞으로의 연구가 더 필요하다.

결 론

위배출시간 측정시 조직감쇠 효과에 의한 영향을 보기 위하여 15명을 대상으로 하여 통상적인 전면상에 의한 방법과 기하평균으로 보정하는 방법을 비교하였다. 전면상으로 T1/2을 구하면 기하평균으로 구했을 때보다 평균 13% 느리게 나왔고 그 범위는 −13%에서 +32%로 다양하여 개개인마다 감쇠되는 정도가 다름을 알 수 있었다. 따라서 위배출 기능을 정확히 평가하기 위해서는 위배출 시간을 전면상으로만 측정하는 것 보다 기하평균을 이용하여 보정하는 방법이 필요하다.

REFERENCES

1) Domstad PA, Kim EE, Coupal JJ, Beihn R, Yonts S, Choy YC, Mandelstam P, DeLand FH: *Biologic gastric emptying time in diabetic patients, using Tc-99m-labeled resin-oatmeal with and without Metoclopramide. J Nucl Med 21:1098-1100, 1980*

2) Gottschalk A, Hoffer PB, Potchen EJ: *Diagnostic nuclear medicine. 2nd ed, Williams & Wilkins, Baltimore, 678-686, 1988*

3) 허동훈, 박근석, 신봉재, 이민호, 박경남, 김금현, 이장흥, 민영일, 조석신 : 각종 위장질환에 있어 위 배출기능 측정의 임상적 의의. 대한내과학회잡지 *26:449-454, 1983*

4) 이민교, 김태화, 김목현 : 당뇨환자에 있어서의 위배출시간(초록). 대한핵의학회지 *19(1):160, 1985*

5) 이명국, 김주욱, 윤세진, 신영태, 김영건, 노홍규, 이복희 : *Clebopride*가 위배출시간 및 *prolactin* 분비에 미치는 영향. 대한내과학회잡지 *28(4):544-550, 1985*

6) 범희승, 김성열, 국돈표, 박광숙, 윤종만, 최원, 김지열 : 기능성위장장애 및 급성간염 환자에서 *Clebopride* 에의한 증상의 호전과 위내용물배출 시간과의 관계. 최신의학, *28(6):112-116, 1985*

7) 이형호, 김열홍, 안일민, 박영태, 김진호, 박승철, 이창흥 : 소장내용물의 위내역류 및 위내용물 배출시간에 관한 연구. 대한내과학회잡지, *30(2):160-164, 1986*

8) 박성기, 변종훈 : *Scinti-camera*를 이용한 소화성궤양 및 위암 환자에서의 위 배출시간에 관한 연구(초록). 대한 핵의학회지 *20(1):119-120, 1986*

9) 구본환, 하승우, 손상균, 이재태, 이규보, 황기석 : 방사성 동위원소를 이용한 *Gastric Emptying Time*의 연구. 대한핵의학회지 *21(2):187-192, 1988*

10) 유대현, 이종철, 조석신 : 간질환 환자에 있어서 위내용물 배출시간 측정에 관한 연구(초록). 대한핵의학회지 *23(1):134, 1989*

11) Velchik MG, Reynolds JC, Alavi A: *The effect of meal energy content on gastric emptying. J Nucl Med 30:1106-1110, 1989*

12) Christian PE, Moore JG, Sorenson JA, Coleman RE, Weich DM: *Effects of meal size and correction technique on gastric emptying time: studies with two tracers and opposed detectors. J Nucl Med 21:883-885, 1980*

13) Moore JG, Datz FL, Christian PE, Greenberg E, Alazraki N: *Effects of body posture on radionucl ide measurements of gastric emptying. Digestive disease and sciences 33(12):1592-1595, 1988*

14) Carrio I, Notivol R, Estorch M, Berna L, Vilardel F: *Gender-related differences in gastric emptying (Letter). J Nucl Med 29:573-575, 1988*

15) Moore JG, Christian PE, Taylor AT, Alazraki N: *Gastric emptying measurements: delayed and complex emptying patterns without appropriate correction. J Nucle Med 26:1206-1210, 1985*

16) Thotill P, MoLoughlin GP, Heading RC: *Techniques and errors in scintigraphic measurements of gastric emptying. J Nucl Med 19:256-261, 1978*

17) Meyer JH, VanDeventer G, Graham LS, Thomson J, Thomasson D: *Error and correction with scintigraphic measurement of gastric emptying of solid foods. J Nucl Med 24:197-203, 1983*

18) Collins PJ, Horowitz M, Cook DJ, Harding PE, Sherman DJ: *Gastric emptying in normal subjects-a reproducible technique using a single scintillation camera and computer system. Gut 24:1117-1125, 1983*

19) Collind PJ, Horowitz M, Slhearman JC, Chatterton BE: *Correction for tissue attenuation in radionuclide gastric emptying studies: a comparison of a lateral image method and a geometric mean method. British J Radiology 57:689-695, 1984*

20) Collins PJ, horowitz M, Chatterton BE: *Attenuation correction and lag period in gastric emptying studies (Letter). J Nucl Med 27:867-868, 1986*

21) 이철우, 김창근, 김병찬, 원종진, 나용호 : 정상인의

Gastric Emtying Rate 측정. 대한핵의학회지 *22(2): 193-197, 1988*

22) Griffith GH, Owen GM, Kirkman S, Shields R: *Measurement of rate of gastric emptying using chromium-51. Lancet 1:1244-1245, 1966*

23) Siegel JA, Urbain JL, Adler LP, Charkes ND, Maurer AH, Krevsky B, Knight LC, Fisher RS, Malmud LS: *Biphasic nature of gastric emptying. Gut 29:85-89, 1988*