

Original article

핵의학 침샘 검사 시 동적 및 정적 검사 방법에서의 분비 계수에 대한 비교

전기웅, 김영빈

강동경희대학교병원 핵의학과

Comparative Analysis of Dynamic and Static Salivary Gland Scintigraphy Using Ejection Fraction

Gi-Woong Jun, Young-Bin Kim

Department of Nuclear Medicine, Kyunghee University Hospital at Gangdong, Seoul, Korea

Corresponding Author : Gi-Woong Jun, Department of Nuclear Medicine, Kyunghee University Hospital at Gangdong, 892 Dongnam-ro, Gangdong-gu, Seoul, 05278, Republic of Korea. Tel :+82-2-440-6892, E-mail : wrd9477@khnmc.or.kr

ABSTRACT

Purpose: This study aims to compare the ejection fraction (EF%) values derived from static and dynamic salivary gland scintigraphy and assess whether there are statistically significant differences between the two imaging techniques. **Materials and Methods:** Thirty patients (10 males, 20 females; mean age: 65.9 years) complaining of xerostomia underwent dynamic salivary scintigraphy with 185 MBq (5 mCi) of 99mTc-pertechnetate. Imaging was performed using a Discovery NM630 gamma camera (GE Healthcare, USA). Vitamin C powder (2 g) was administered as a stimulant at 40 minutes after radiotracer injection. Dynamic images were acquired at 60-second intervals for 50 minutes. Static images were reconstructed by summing specific frame sets pre- and post-stimulation. Ejection fraction was calculated using the Xeleris Functional Imaging Workstation (GE Healthcare, USA), with regions of interest applied to the right parotid and submandibular glands. Statistical analysis was conducted using paired t-tests and correlation coefficients. **Results:** The ejection fraction average was $81.94 \pm 7.94\%$ when calculated using a dynamic method and $80.94 \pm 7.95\%$ when calculated using a static method, which was larger when calculated using a dynamic method by a difference of $0.99 \pm 3.21\%$ and the correlation was 0.918, and there was no statistically significant difference ($P > 0.05$). **Conclusion:** The scan time and equipment operation time are different according to the dynamic and static methods, and each method has advantages and disadvantages. As designating the stimulation time or image composition time, there was a limitation in deriving results according to retrospective analysis, but in this study, since there is no significant difference in the ejection fraction according to method, it is considered that the scan will proceed more efficiently if a more efficient method is selected and used for each laboratory according to the situation among the two methods.

Keywords: Salivary gland scintigraphy, Static method, Dynamic method, Ejection fraction

서론

침샘은 침을 분비하는 기관으로, 입술샘(labial gland), 볼샘(buccal gland), 입천장샘(palatine gland) 및 혀샘(lingual gland)의 작은 침샘과, 귀밑샘(parotid gland), 혀밑샘(sublingual gland), 턱밑샘(submandibular gland)의 큰 침샘으로 구분된다.

Received February 24, 2025

Revised May 18, 2025

Accepted May 19, 2025

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons CC BY 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이들 침샘의 분비액인 침은 도관(duct)을 통해 운반 및 분비되고, 이러한 침샘의 기능 및 질환의 평가 방법으로는 침샘 조영술, 조직 생검법, 침 분비량 측정법 그리고 핵의학에서 행하는 침샘 검사 등이 있다. 그 중 핵의학 침샘 검사는 여러 침샘을 동시에 평가할 수 있는 비침습적 방법으로 최근 널리 사용되고 있다[1, 2].

침샘 신티그래피(salivary gland scintigraphy)에는 정적(static method) 및 동적(dynamic method) 두 가지 방법이 있습니다. 정적 침샘 신티그래피는 주로 형태학적 진단을 제공하고 다양한 방향의 영상 촬영이 가능하지만, 시각적이고 주관적인 평가에 의존하기 때문에 정량화가 어렵고 재흡수로 인한 위양성이 발생할 수 있습니다. 동적 침샘 신티그래피는 다양한 방향의 영상 촬영이 불가능하지만 시간-활동 곡선을 통해 침샘의 변화를 지속적으로 관찰하고 객관적인 정량화, 다양한 기능적 파라미터 지표 획득 등의 장점이 있습니다.

또한, 침샘의 침 분비력을 정량적으로 평가하기 위하여 침샘 자극을 이용한 전면 상에서의 침샘 분비 계수 (Salivary Ejection Fraction, EF %)를 진단에 이용한다[3-5].

정적으로 검사하는 방법과 동적으로 검사하는 방법은 특성상 검사 시간적 차이가 있을 수밖에 없다. 정적으로 검사하는 방법은 경시적으로 검사할 수 있고, 동적으로 검사하는 방법은 연속적으로 검사할 수밖에 없다. 본 연구에서는 두 검사방법 및 영상 재구성 시간 차이에 따른 침샘 분비 계수 값을 비교하여 분석하고, 차이에 대해서 평가하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상 및 재료

대상은 2023년 11월 6일부터 2024년 7월 29일까지 구강건조증을 호소하여 본원에서 침샘 검사를 진행한 환자 30명을 대상으로 시행하였다. 성별은 남자 10명, 여자 20명을 대상으로 환자 평균연령은 65.9세이다. 침샘 기능이 떨어져 방사성 의약품이 침샘에 섭취되지 않은 환자는 대상에서 제외하였다.

검사 장비는 감마카메라 Discovery NM630 (GE Healthcare, USA)을 사용하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Discovery NM630 gamma camera (GE Healthcare, USA) used for salivary gland scintigraphy acquisition

방사성의약품은 ^{99m}Tc -pertechnetate 185 MBq (5 mCi)를 정맥 투여하였다. 자극제로는 비타민C 파우더 2 g을 검사 시작 40분 후에 투여하였다(Fig. 2).



Fig. 2. Vitamin C powder (2g) used as stimulation material for salivary gland scintigraphy. This stimulus was administered at 40 minutes after the start of the scan to promote salivary secretion.

2. 검사 방법

먼저 동적 검사 방식으로 검사 시행 후 동일한 환자의 데이터를 가지고 후향적으로 시간차에 따라 분석 영상을 재구성하여 연구를 진행해 보았다. 대상 군에 대하여 검사 설명을 하고 최소 4시간의 금식 후에 양치를 하지 않은 상태로 검사를 진행하였다. 환자 에게 ^{99m}Tc -pertechnetate 185 MBq (5 mCi)을 순간 정맥주사 하면서, 방사성 의약품 투여와 동시에 영상을 획득하였다. 자세는 바로 누운 자세로, 전면상을 획득하였으며, 한 frame당 60초씩 총 50 frame, 50분간 계수하였다. Matrix size는 64 X 64이고 zoom factor는 1.14로 설정하였다. 철타제 자극은 검사 시작 후 40분째에 비타민C 파우더를 입에 넣어 주었다. 침샘 분비 계수는 Xeleris Functional Imaging Workstation (GE Healthcare, USA)을 이용하여 계산하였다.

동적 방법의 경우, 철타제 자극 전 가장 높은 계수값을 가진 frame과 자극 후 가장 낮은 계수값을 가진 frame을 선택하여 시간-활동 곡선을 사용하여 배출 비율을 계산했다(Fig. 3). 정적 방법의 경우, 자극 전 5개 frame(36~40번째)과 자극 후 5개 frame(42~46번째)의 중첩 영상을 사용하여 배출 분율을 계산했다(Fig. 4).

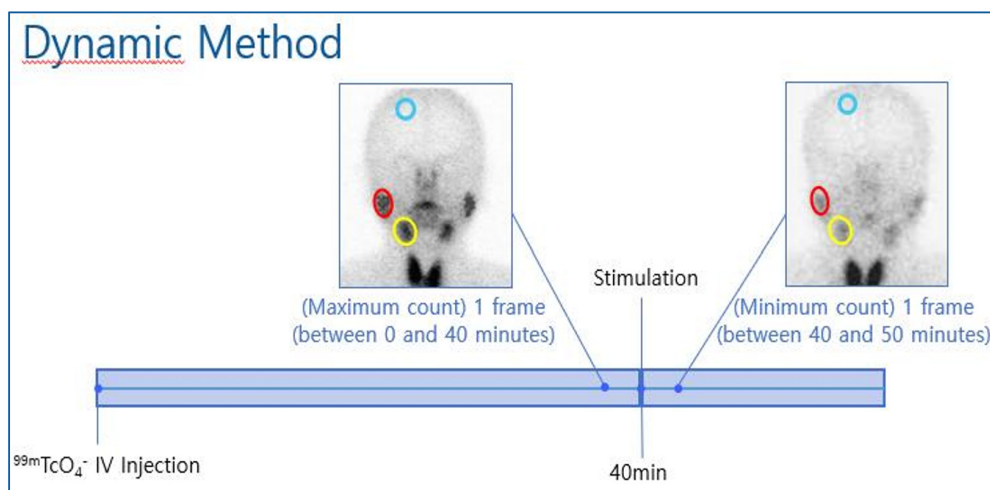


Fig. 3. Calculation of salivary ejection fraction (EF %) using dynamic method. The time-activity curve shows pre-stimulation peak count and post-stimulation lowest count used for calculating ejection fraction.

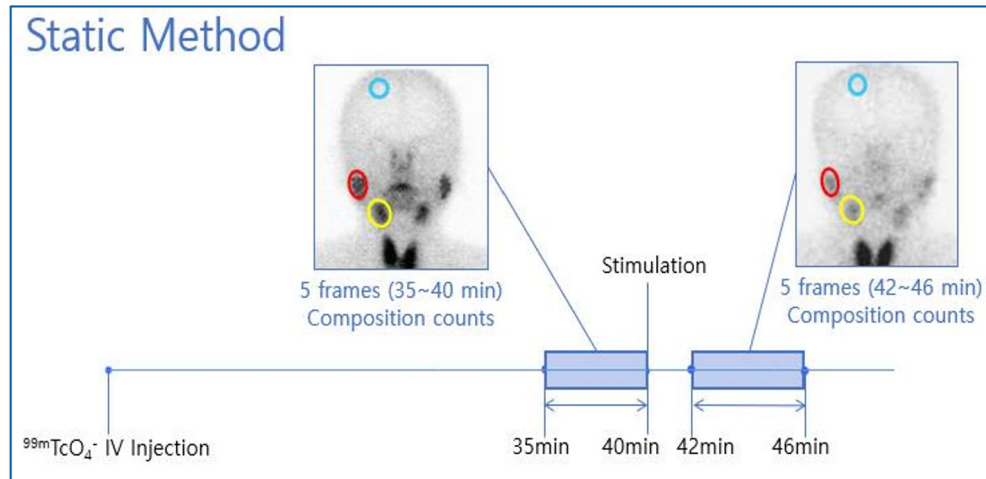


Fig. 4. Calculation of salivary ejection fraction using static method. Composite images were created by summing five consecutive frames before stimulation (36th-40th frames) and after stimulation (42nd-46th frames) to calculate the ejection fraction[7, 8].

3. 침샘 분비 계수 계산

Xeleris Functional Imaging Workstation (GE Healthcare, USA)을 이용하여 오른쪽 귀밑샘과 오른쪽 턱밑샘에 각각 관심영역 (Region of Interesting, ROI)을, 11시 방향 두개골 위치에 배경방사능 (Background, BKG)을 설정하였고, Eq. 1을 이용하여 침샘 분비 계수를 산출하였다.

$$\text{EF \%} = \frac{\text{Pre stimulation counts} - \text{Post stimulation counts}}{\text{Pre stimulation counts} - \text{Background counts}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

4. 통계분석

통계분석은 SPSS version 28 (SPSS Inc. USA)를 이용하여 분석하였다. Dynamic method와 Static method의 침샘 분비계수 간의 상관 계수를 비교하였고, 대응표본 T-검정 (Paired T-test)을 사용하여 평균±표준편차를 나타내었다. $P > 0.05$ 인 경우 유의한 차이가 없는 것으로 인정하였다.

결과

동적 방법과 정적 방법을 모두 사용하여 계산한 각 환자의 귀밑샘과 턱밑샘의 분비 계수는 표 1과 같다. 비교 결과 우측 귀밑샘의 평균 배출률은 동적 방법에서 $80.94 \pm 7.95\%$, 정적 방법에서 $81.94 \pm 7.94\%$ 로 정적 방법이 동적 방법보다 평균 $0.99 \pm 3.21\%$ 더 높은 값을 보였다(Fig. 6A). 우측 턱밑샘의 경우 평균 배출률은 동적 방법 $77.69 \pm 6.87\%$, 정적 방법 $76.42 \pm 6.94\%$ 로 동적 방법이 정적 방법보다 평균 $1.27 \pm 3.43\%$ 더 높은 수치를 보였다(Fig. 6B). 우측 귀밑샘과 턱밑샘에 대한 동적 방법과 정적 방법의 상관관계를 분석한 결과 각각 0.98과 0.95의 높은 상관관계가 나타났다(Table 2, Fig. 5). 두 방법 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았습니다($P > 0.05$).

Table 1. Comparison of ejection fraction (EF %) values between dynamic and static methods for right parotid and submandibular glands

Patients	Rt. Parotid gland (EF %)		Rt. Submandibular gland (EF %)	
	Dynamic	Static	Dynamic	Static
1	88.67	86.32	72.69	68.52
2	84.68	83.31	85.99	84.55
3	83.23	81.43	85.07	80.54
4	78.97	79.92	80.62	81.90
5	83.57	74.69	80.74	76.04
6	74.89	66.05	80.59	75.38
7	74.41	73.11	82.69	88.96
8	89.97	88.88	92.69	90.00
9	65.28	64.04	70.10	65.22
10	82.38	84.04	74.52	76.88
11	83.57	80.01	88.54	85.43
12	88.03	89.00	82.66	85.44
13	72.16	76.09	91.13	90.80
14	72.50	70.89	65.92	67.48
15	84.56	85.92	72.55	73.66
16	82.99	84.07	80.55	82.49
17	88.45	84.11	88.96	86.09
18	80.75	84.11	88.56	88.66
19	91.13	90.80	92.35	94.53
20	82.06	85.22	80.00	81.11
21	81.40	83.46	72.31	71.07
22	92.57	88.95	85.47	83.25
23	92.31	88.63	86.49	84.52
24	67.48	65.92	70.02	68.99
25	97.63	92.22	87.46	85.99
26	67.28	68.22	74.00	72.10
27	86.55	88.50	81.22	83.98
28	84.97	85.46	81.64	78.54
29	77.72	74.99	71.99	75.01
30	78.13	79.96	77.69	76.42
Mean±SD	80.94±7.95	81.94±7.94	77.69±6.87	76.42±6.94

Table 2. Correlation analysis between dynamic and static methods

	Rt. Parotid gland	Rt. Submandibular gland
r*	0.98	0.95
P	$P > 0.05$	$P > 0.05$

*r : correlation coefficient

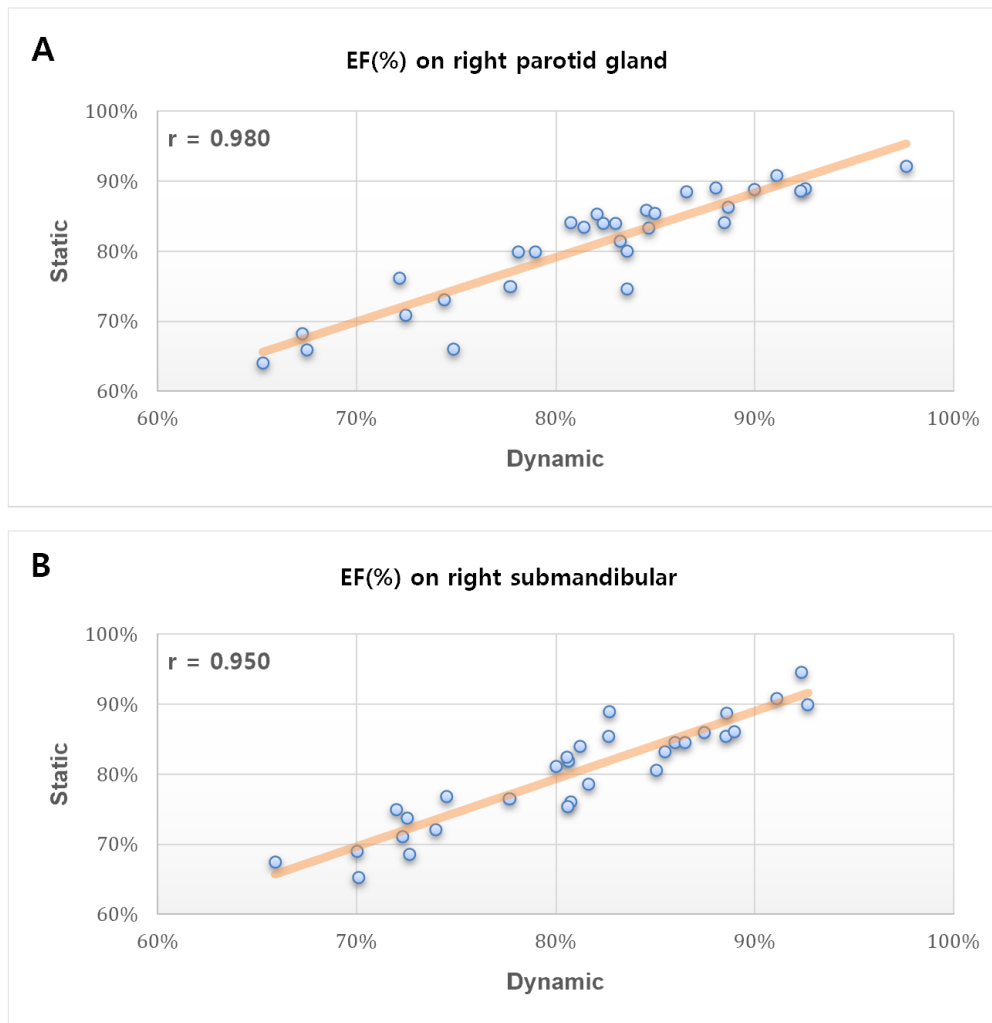


Fig. 5. Correlation analysis between dynamic and static methods for calculating ejection fraction (EF%). (A) Correlation graph for right parotid gland showing high correlation ($r=0.98$, $P > 0.05$). (B) Correlation graph for right submandibular gland showing high correlation ($r=0.95$, $P > 0.05$).

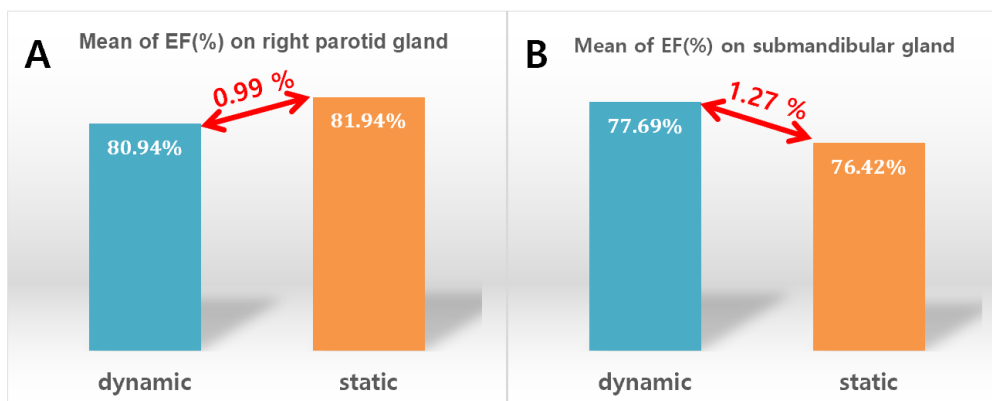


Fig. 6. Comparison of ejection fraction (EF%) values between dynamic and static methods. (A) In right parotid gland, the static method produced higher values by $0.99 \pm 3.21\%$ compared to the dynamic method. (B) In right submandibular gland, the dynamic method produced higher values by $1.27 \pm 3.43\%$ compared to the static method. These differences were not statistically significant ($P > 0.05$).

고찰

침샘 검사는 핵의학에서 침샘의 침 분비기능을 평가하기 위하여 현재 널리 이용하는 검사이다. 방사성 의약품 과테크네튬산 ($^{99m}\text{TcO}_4$)이 정맥주사 후 양측 침샘에 대칭적으로 섭취, 농축, 분비되므로 침샘검사가 가능하다[6]. 검사는 동적인 방법과 정적인 방법이 있는데, 각각의 방법에 따라서 검사 시간이 다르고 검사 결과 판독 시 장단점에 따라 다른 양상으로 이루어질 수 있다.

침샘질환은 객관적 검사보다는 환자의 호소나 육안에 의한 주관적 기준에 의해 진단을 내리는 경우가 많아 타액선질환에 대한 객관적인 검사방법이 요구되고 있다. 이전 연구에 따르면 정적 영상은 체타제 자극 후 침샘 분비가 비교적 빠른 시간 동안에 이루어진다는 점을 고려하면 여러 장의 정적영상 중 일부분에서는 배설기를 제대로 반영하지 못할 수 있으며 재흡수로 인해 더 높은 수치가 나올 수 있다[7].

두 가지 검사방법을 비교하여 보았을 때 결과값의 유의미한 차이가 없다면 검사실 상황과 환자의 상태, 판독의의 수요에 맞추어 검사 방법을 합리적으로 선택해서 검사를 시행하여 효율적인 검사 운영을 할 수 있을 것이라고 생각해 보았다.

본 연구는 한 환자에 대해서 동적, 정적 두 가지의 검사 방법을 각각 시행한 것이 아닌, 동적 검사 방법으로 먼저 시행하여 결과값을 산출하고, 동일한 환자의 검사 데이터를 재구성하여 정적 검사 방법으로 결과값을 산출한 후향적 연구라는 점에서 아쉬운 점이 있었다. 또한 총 검사시간, 체타제 자극시간, 분비 계수 산출 시 이용한 영상 프레임 개수 등 시간적인 요소들이 획일화되어 연구가 진행되었는데, 시간적으로 여러 가지 다양한 조건으로 변경해 가면서 연구를 진행하지 못한 한계를 가지고 있다고 생각한다. 그리고 동적, 정적 검사 방법의 따른 결과값 비교 시에 분비계수(EF%)를 활용하여 비교하였는데, 그것 외에도 널리 알려진 섭취율 (uptake ratio), 최대 방사능 시간(Tmax), 최소 방사능 시간(Tmin), 최대 축적률(MA), 최소 축적률(MS), 축적속도(AV), 배출속도(SV), 최대 자극 배출률(MSS) 등[8]에 대해서 함께 분석했다면 더 정확하고 신뢰할만한 연구 결과를 얻을 수 있을 것이라고 생각한다.

결론

핵의학 검사에서 침샘 검사는 비침습적 방법으로, 여러 개의 침샘을 동시에 평가할 수 있어 최근에 널리 이용되고 있다. 침샘 검사에 대한 검사 Protocol은 아직 표준화되어 있지 않으며, 매우 다양하게 시행되고 있다.

본 연구에서는 정적으로 검사하는 방법과 동적으로 검사하는 방법으로 각각 산출된 분비 계수(EF%)를 서로 비교, 분석하여 유의미한 차이가 있는지 알아보고자 하였다. 두 값 간에 서로 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. 각 병원마다의 검사실 현황, 환자의 상태, 검사 판독의의 요구 등에 맞게 검사법을 합리적으로 선택하여 검사를 진행한다면, 검사 방법에 따라 야기되는 시간적 차이, 각 검사 방법의 장단점의 차이를 검사실 운영이나 검사 장비 운용하는 데에 있어서 효율적으로 할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Dugondic S, Stefanovic D, Durovic B, Spasic-Jokic V, Ajdinovic B. Evaluation of diagnostic parameters from parotid and submandibular dynamic salivary glands scintigraphy and unstimulated sialometry in Sjogren's syndrome. *Hell J Nucl Med*. 2014;17(2):116-22. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25097897/>
2. Chung JK, Lee MC. Koh chang-soon Nuclear Medicine. 3rd ed. Seoul: Korea Medical Book Publishing Company; 2008. p. 620-1.
3. Kim HJ, Ko MY, Park JS. Quantitative analysis of normal salivary gland function using salivary scintigraphy. *Korean J Oral Med*. 2000;(4):345-53. <https://koreascience.kr/article/JAKO200024578159511.page>
4. Aung W, Murata Y, Ishida R, Takahashi Y, Okada N, Shibuya H. Study of quantitative oral radioactivity in salivary gland scintigraphy and determination of the clinical stage of Sjogren's syndrome. *J Nucl Med*. 2001;42(1):38-43. <https://jnm.snmjournals.org/content/42/1/38.short>
5. Knoll P, Krotla G, Brigitte, Koriska K, Mirzaei S. Improved quantification of salivary gland scintigraphy by means of factor analysis. *Iran J Nucl Med*. 2012;20(1):5-10. https://irjnm.tums.ac.ir/journal/article_1206_487ad8be28c3041ca49a37be2da192ad.pdf

6. Chung SC, Lee SW, Kim YK, Kho HS, Yum KW. The study on the diagnostic value of salivary gland scintigraphy in patients with xerostomia. Korean J Oral Med. 2000;(2):145-51. <https://koreascience.kr/article/JAKO200024578159750.page>
7. Kim EN, Sohn HS, Choi JE, Kim SH, Chung YA, Chung SK, et al. Dynamic salivary gland scintigraphy in clinical Sicca syndrome: Comparison with static images. Korean J Nucl Med. 2001;35(1):43-51. <https://koreascience.kr/article/JAKO200113704608790.page>
8. Pyo SJ, Han JB, Choi NG. The study on usefulness of the standardized information of nuclear medicine scan in function evaluation of the salivary glands. Korean J Soc Radiol. 2015;9(6):357-62.
DOI: <https://doi.org/10.7742/jksr.2015.9.6.357>