

내시경 의사를 위한 구강 및 인후두의 해부와 생리

홍 현 준

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실

Anatomy and Physiology of Oral Cavity and Laryngo-Pharynx for Endoscopist

Hyun Jun Hong, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

서론

1970년대 초반 굴곡형 상부위장관 내시경검사가 임상진료에 도입 후에 내시경 검사는 위장관 질환의 진단, 평가 및 치료에 필수적 자리를 잡아가고 있다. 최근 들어 진단용으로만 이용되던 내시경기술이 점차 치료의 영역까지 확대되고 있는 실정이다. 여러 분야에서 기술적 발전과 더불어 다양한 내시경의 제작기술이 향상되고 발전되어 개복수술보다는 일차적으로 내시경술로 치료를 시도하고 있다. 이에 보다 많은 의사들이 위식도내시경 술기에 익숙해지기를 원하고 있다. 위식도내시경 술기를 처음 시작하는 의사는 일반적으로 시행되는 진단적 위식도내시경술에서 만나게 되는 해부구조와 생리학적 특징을 숙지하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 특별히 접근로로 지나가게 되는 구강, 구인두, 하인두는 경험이 많지 않은 내시경의사에게는 익숙하지 않은 구조물이다. 초보 내시경의사들은 익숙하지 않은 구조와 숙련되지 않은 술기로 인해 상기도에 손상을 주는 입는 경우가 생길 수 있다. 또한 숙련된 내시경의사라 하더라도 구강, 구인두, 하인두 및 후두의 병변이 있는 경우를 간과하고 지나치는 경우가 발생하기도 한다. 이에 위식도내시경에서 꼭 알고 있어야 하는 구강, 구인두, 하인두 및 후두의 해부구조와 생리에 관하여 논하고자 한다.

이비인후과 - 두경부외과 해부구조

1. 얼굴(Face)과 피부(Skin)
2. 코(Nose): 외비(External nose)
3. 비강(Nasal cavity)
 - 1) 비진정(Nasal vestibule)
 - 2) 비강상벽(Roof of nasal cavity)
 - 3) 비중격(Nasal septum)
 - 4) 비강저(Floor of nasal cavity)
 - 5) 비강측벽(Lateral wall of nasal cavity)
4. 부비동(Paranasal sinus)
 - 1) 전두동(Frontal sinus)
 - 2) 상악동(Maxillary sinus)
 - 3) 사골동(Ethmoid sinus)
 - 4) 접형동(Sphenoid sinus)
5. 구강(Oral cavity) - 7 subunits
 - 1) 구순(Lip)
 - 2) 구강설(Oral tongue): 주의! 설근부(Base of tongue)는 구인두
 - 3) 구강저(Floor of mouth)
 - 4) 치은(Gingiva)
 - 5) 혀부점막(Buccal mucosa)
 - 6) 후구치삼각(Retromolar trigone)
 - 7) 경구개(Hard palate): 주의! 연구개(Soft palate)는 구인두
6. 인두(Pharynx)
 - 1) 비인두(Nasopharynx)
 - 2) 구인두(Oropharynx)
 - 3) 하인두(Hypopharynx): 3 Ps
 - (1) 이상와(Pyramidal sinus)
 - (2) 하인두 후벽(Posterior wall of HPx)
 - (3) 후윤상(Postcricoid)
7. 후두(Larynx)
 - 1) 성문상부(Supraglottis)
 - (1) Epiglottis
 - (2) Aryepiglottic fold
 - (3) False vocal cords
 - (4) Ventricle
 - (5) Arytenoid cartilages
 - (6) Cuneiform cartilages
 - 2) 성문부(Glottis)

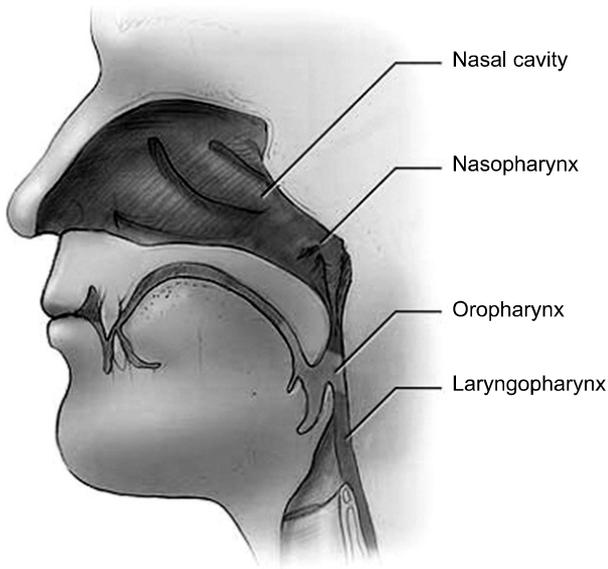


Figure 1. Nasal cavity and pharynx.

- 3) 성문하부(Subglottis)
8. 기관(Trachea) 및 기관지(Bronchus)
9. 식도(Esophagus)
10. 경부(Neck)
 - 1) 경부 림프절(Cervical lymph node)
 - 2) 경부 정맥, 동맥, 뇌신경, 척수신경 등
11. 침샘(Salivary gland)
 - 1) 이하선(Parotid gland)
 - 2) 악하선(Submandibular gland)
 - 3) 설하선(Sublingual gland)
 - 4) 기타 침샘(Minor salivary gland)
12. 갑상선(Thyroid)과 부갑상선(Parathyroid gland)

구강의 해부

구강의 경계는 구순 또는 순홍부(lip)가 앞쪽 경계를 이루고, 경구개와 연구개의 경계부위가 상후방 경계, 유곽유두(circumvallate papilla)가 하후방 경계를 이룬다. 구강은 다시 구순(lips), 구강설(oral tongue), 구강저(floor of mouth), 상·하치조능(upper & lower alveolar ridge), 혀부 점막(buccal mucosa), 후구치삼각(retromolar trigone), 경구개(hard palate) 등으로 세분된다.

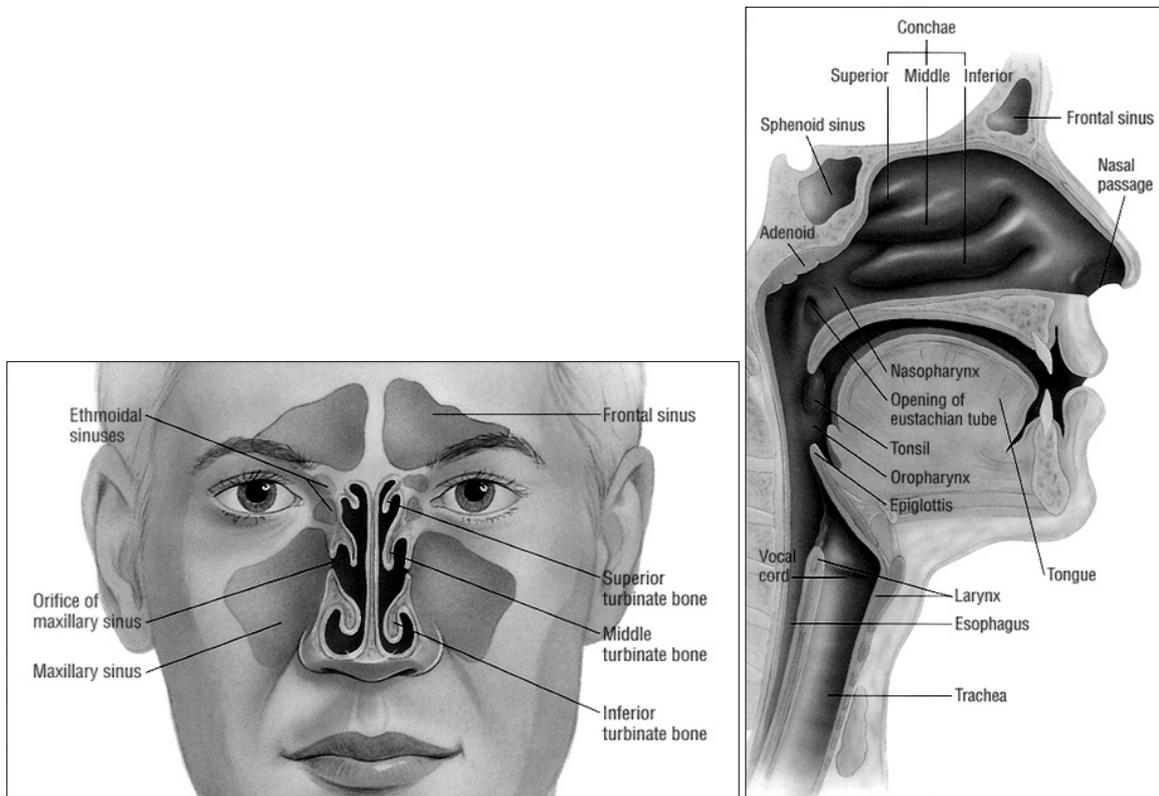


Figure 2. Paranasal sinus (PNS), nasal cavity and pharynx.

구인두의 해부

인두(pharynx)는 후두상부에 위치하고 있는 소화기관의 일부로서 두개저(skull base)에서부터 시작해 후두와 식도에 이르는 큰 점막으로 된 공간으로서, 상부는 두개저에 단단히 부착되어 있으며 하부는 제6경추(C6) 높이에 해당하는 윤상연골의 하연 높이에서 식도입구(esophageal inlet)로 이행된다. 인두의 총 길이는 약 12.5 cm 정도로서, 두개저 부위가 전후 직경이 3.5 cm로 가장 넓고, 식도와 연결되는 부위가 1.5 cm로 가장 좁다. 인두는 2개의 비강(nasal cavity), 2개의 고실(tympanic cavity), 구강, 후두, 그리고 식도 등 총 7개의 공간과 연결되어 있다.

인두는 비인두, 구인두, 하인두 3개 부분으로 구분된다. 비인두와 구인두의 경계는 연구개의 하연, 구인두와 하인두의 경계는 후두개의 상연이다. 이 중 구인두는 구강에 일치되는 부분으로서 하부 경계는 설골 대각의 높이에 해당되는데, 대개 설근부로 보아도 좋다. 전방부의 구강으로 통하는 부위는 좁아져서 구협(fauces)이라 한다. 구협의 양측으로 연구개가 전후로 분리되어 전후구개궁(anterior and posterior pillars)을 만들고, 그 사이의 함몰부는 편도와 tonsillar fossa로서 이곳에 구개편도가 있다. 설근부에는 설편도가 있고 인두후벽은 경추에 경근막과 소성조직으로 부착되어 있으며, 척추전근막(prevertebral fascia)과 내장막(visceral fascia), 협인근막(buccopharyngeal fascia) 사이에 만들어지는 잠재적 공간이 후인두공간(retropharyngeal space)이다. 구인두의 점막은 중층편평상피로 되어 있

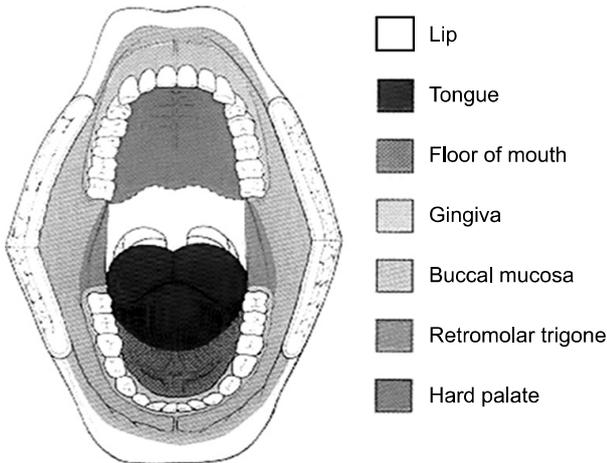


Figure 3. Oral cavity.

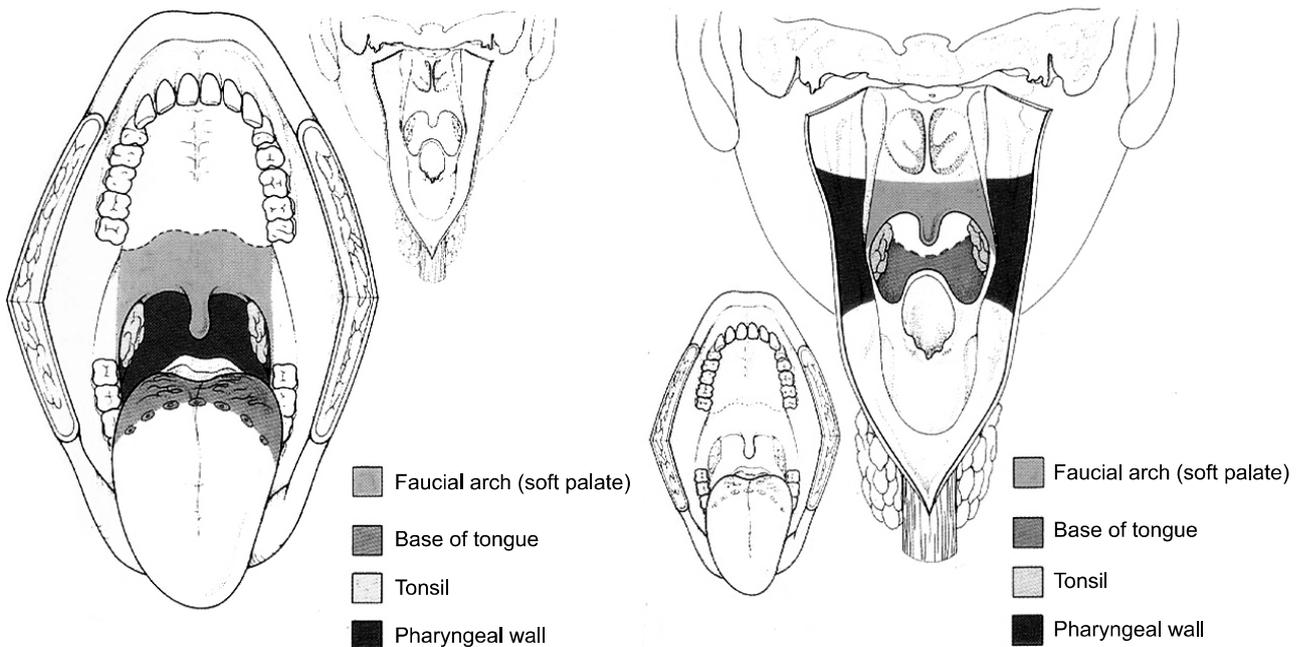


Figure 4. Orophaynx.

고, 비인두는 섬모상피로 되어 있다. 구인두에 해당되는 구조는 다음과 같다.

1. 연구개(Soft palate)
2. 구개수(Uvula)
3. 설근부(Base of tongue)
4. 편도(Tonsil)
5. 후두개곡(Vallecula)
6. 구인두 후벽(Posterior pharyngeal wall)

하인두의 해부

하인두는 3개의 인두 중 가장 길이가 같다. 하인두의 위쪽 경계는 설골(hyoid bone)상부이며, 아래쪽 경계는 윤상연골의 하연까지이고 그 밑으로는 좁아지면서 식도와 연결되어 있다. 앞쪽 경계는, 중앙으로 후두개와 후두입구 그리고 후두의 후벽이 있으며, 그 측면으로 피열후두개주름(aryepiglottic fold), 그리고 더 측면으로는 주로 갑상연골의 내측 점막으로 이루어진 이상와(pyriform sinus)가 존재한다. 하인두의 점막은 비각질 중층편평상피(nonkeratinizing stratified squamous epithelium)로 덮여 있다. 점막 밑에 인두수축근(pharyngeal constrictor muscle)이 있으며, 이 두 층 사이에 인두기저근막(pharyngobasilar fascia)이 존재한다. 인두기저근막은 두개저에 부착되어 있고 비인두 부위에서는 두꺼워서 확인이 가능하나, 하인두 부위에서는 확실한 층으로 확인하기 어려울 정도이다. 인두수축근은 협인두근막

(buccopharyngeal fascia)으로 덮여 있으며, 이 층에서 인두에 분포하고 있는 신경과 혈관들이 총(plexus)을 이루고 있다.

1. Hypopharynx 3Ps

1) 하인두 후벽(Posterior wall of HPx): 상방으로는 후두개의 침단에 해당하는 부위에서부터 하방으로 윤상인두근 하부에 해당하는 부위까지의 인두후벽을 말한다. 외측으로는 설골과 갑상연골, 그리고 이상와의 외측벽에 부착된다. 그러나 하인두 후벽의 확실한 해부학적 경계와 지표는 없다.

2) 후윤상부(Postcricoid area): 후윤상부란 후두의 뒤쪽 중앙부위의 외측 후벽, 즉 피열연골과 윤상연골판 cricoid posterior lamina을 후방에서 덮고 있는 점막을 말한다. 이 역시 확실한 해부학적 경계와 지표는 없다.

3) 이상와(Pyriform sinus): 후두개의 외측에 인두의 구인두와 후두부의 전측방 경계부인 인두후두개주름(pharyngoepiglottic fold)이 존재한다. 양쪽의 인두후두개주름 하측방으로 갑상연골과 후두 사이를 이상와라 하며, 이는 하방으로 갈수록 좁아져 역 피라미드 모양을 하고 있다. 이상와의 외측 벽은 갑상연골의 내측 점막이며, 내측 벽은 후두의 외측 점막이 이루어져 있다. 역 피라미드형의 이상와의 가장 좁은 아래쪽 끝 부분을 첨부(apex)라 하며, 첨부 위치는 윤상연골보다 아래까지 내려가 있다. 이상와의 전측방 경계는 인두후두개주름이고 외측 경계는 갑상연골(thyroid cartilage), 내측 경계는 피열후두개주름(aryepiglottic fold)과 피열연골(arytenoids cartilage)이다.

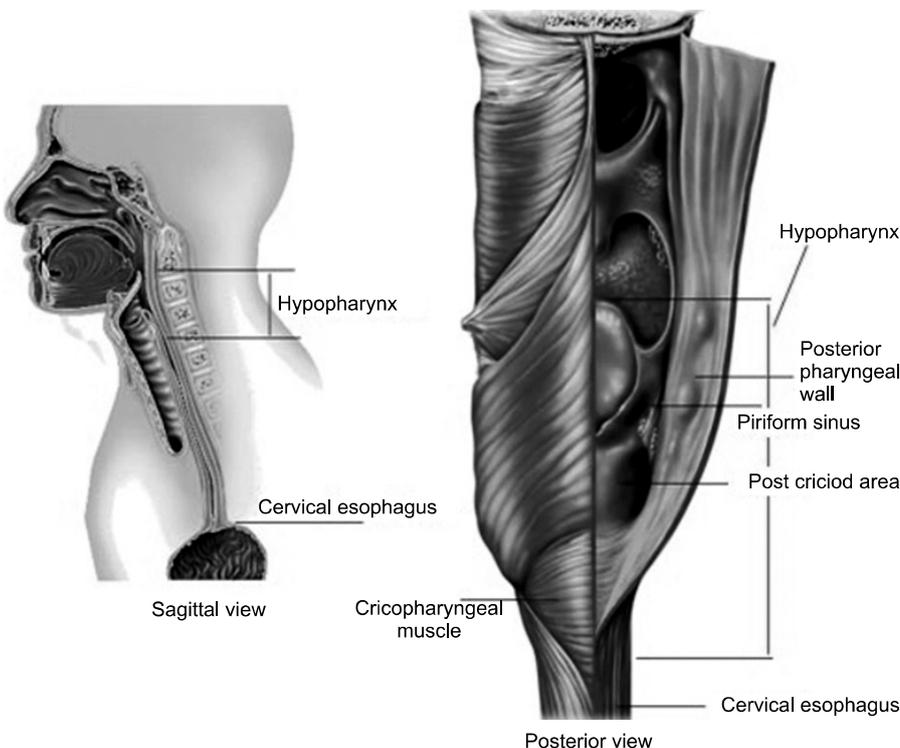


Figure 5. Hypopharynx.

후두의 해부

1. 후두의 골격(Laryngeal framework)

후두의 골격은 갑상연골(thyroid cartilage), 운상연골(cricoid cartilage), 후두개연골(epiglottic cartilage), 그리고 쌍으로 된 피열연골(arytenoid cartilage), 소각연골(corniculate cartilage)과 설상연골(cuneiform cartilage) 등으로 이루어져 있다.

연골들은 서로 연결되어 있는 후두근육, 인대, 그리고 막들에 의해 움직인다. 갑상연골과 운상연골, 그리고 피열연골의 대부분은 초자연골 hyaline cartilage로 이루어져 있는데, 갑상연골은 25세를 전후하여 점차적으로 석회화되기 시작한다. 소각연골과 설상연골, 그리고 후두개연골과 피열연골의 일부는 탄성연골 elastic cartilage로 이루어져 있기 때문에 석회화되지 않는다.

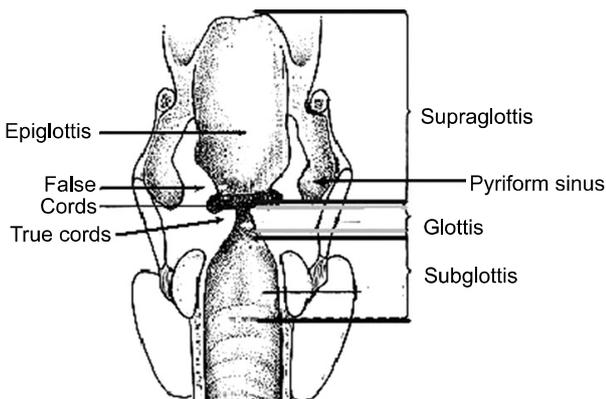


Figure 6. Larynx.

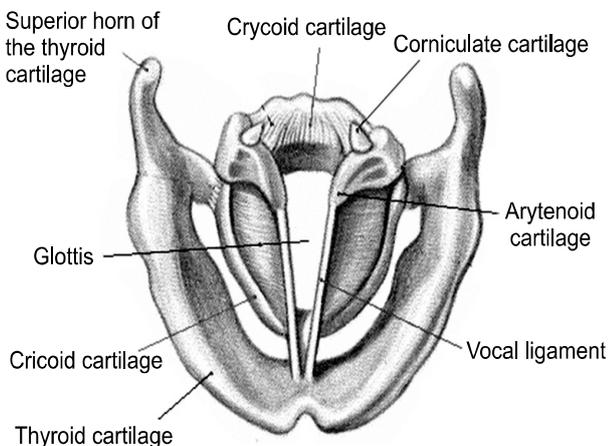


Figure 7. The larynx: viewed from above.

- 1) 갑상연골(Thyroid cartilage)
- 2) 운상연골(Cricoid cartilage)
- 3) 후두개연골(Epiglottis)
- 4) 피열연골(Arytenoid cartilage)
- 5) 소각연골(Corniculate cartilage)
- 6) 설상연골(Cuneiform cartilage)

2. 후두의 관절

- 1) 운상갑상관절(Cricothyroid joint)
- 2) 운상피열관절(Cricoarytenoid joint): sliding and rocking movements

3. 후두강과 점막

4. 후두근육

- 1) 후두내근(Laryngeal muscles)
- 2) 후두외근(Extrinsic laryngeal muscles): Strap muscles
 - (1) 설골상근(Suprahoid strap muscles)
 - ① Digastrics muscle
 - ② Stylohyoid muscle
 - ③ Geniohyoid muscle
 - ④ Mylohyoid muscle
 - ⑤ Stylopharyngeus
 - (2) 설골하근(Infrahoid strap muscles)
 - ① Sternohyoid muscle
 - ② Sternothyroid muscle
 - ③ Thyrohyoid muscle
 - ④ Omohyoid muscle

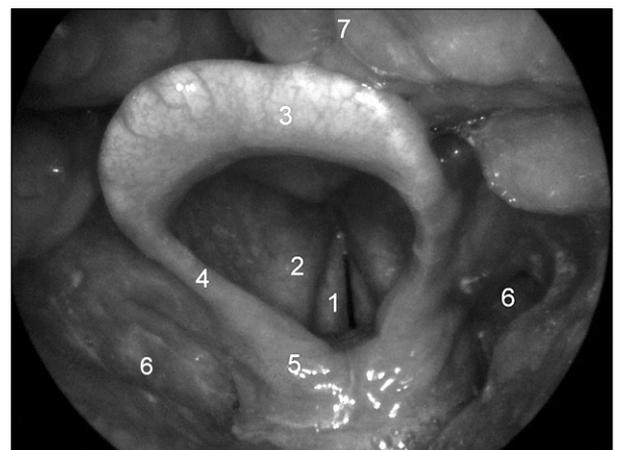


Figure 8. Normal larynx as seen during larynx examination or laryngoscopy: 1, vocal cords; 2, vestibular fold (false vocal cords); 3, epiglottis; 4, plica aryepiglottica (aryepiglottic fold); 5, arytenoid cartilage; 6, sinus pyriform; 7, base of the tongue.

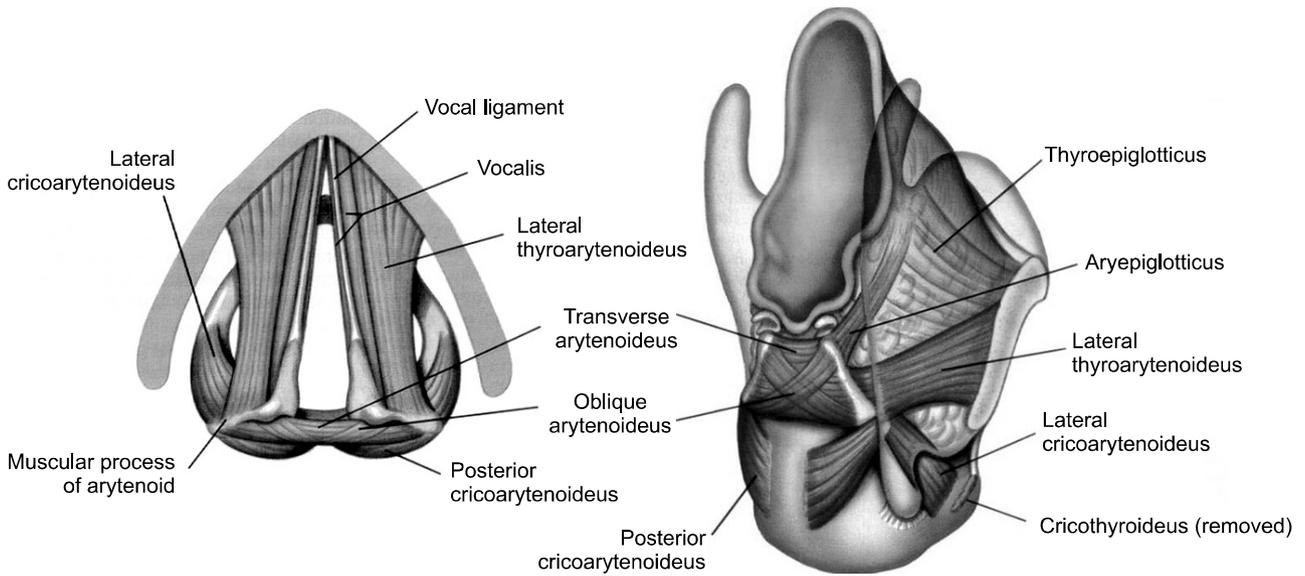


Figure 9. Intrinsic muscles of larynx.

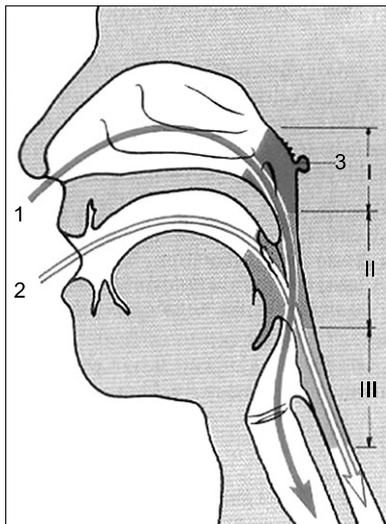


Figure 10. Passage of air and food.

구강의 생리

1. 섭취작용
 - 1) 저작운동(Mastication)
 - 2) 소화(Digestion)
 - 3) 연하운동(Swallowing)
2. 미각작용
 - 1) 미뢰(Taste bud)
3. 구음작용

구인두의 생리

1. 생체보호작용
2. 호흡기류의 통로
3. 공명작용
4. 연하작용
 - 1) 밸브기능
 - 2) 압력형성

후두의 생리

1. 후두의 기능
 - 1) 기도보호
 - 2) 호흡
 - 3) 발성
 - 4) 연하
2. 후두반사
 - 1) 점막반사
 - 2) 관절반사
 - 3) 근정지반사
 - 4) 성문폐쇄반사
 - 5) 호흡억제반사
 - 6) 연하개시반사
 - 7) 호흡반사
 - 8) 후두분비촉진반사
 - 9) 자율신경계의 반사

하인두의 생리

1. 하인두의 기능
 - 1) 호흡의 보조
 - 2) 연하작용
2. 연하작용의 4단계
 - 1) 구강준비기(Oral preparatory stage)
 - 2) 구강기(Oral stage)
 - 3) 인두기(Pharyngeal stage)
 - (1) 구개인두폐쇄(Velopharyngeal closure)
 - (2) 후두거상(Laryngeal elevation)
 - (3) 후두폐쇄(Laryngeal closure)
 - (4) 상부식도 괄약근 이완(Upper esophageal sphincter relaxation)
 - 4) 식도기(Esophageal stage)

위식도 내시경시 접하게 되는 구강 및 인후두의 소견

1. 구강 및 구인두
 - 1) Mallampati classification

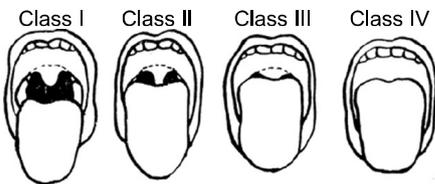


Figure 11. Mallampati classification.

2. 후두
 - 1) 후두개낭종(Epiglottic cyst)
 - 2) 성대폴립(Vocal polyp)
 - 3) 성대결절(Vocal nodules)
 - 4) 후두육아종(Laryngeal granuloma)
 - 5) 후두유두종(Laryngeal papilloma)
 - 6) 후두암(Laryngeal cancer)
3. 하인두
 - 1) 하인두암(Hypopharyngeal cancer)

역류성 인후두염 (Laryngopharyngeal reflux disease; LPRD)의 후두내시경 소견

1. 가성대구증(Subglottic edema; pseudosulcus)
2. 성대문폐쇄(Ventricular obliteration)
3. 후두발적(Erythema, hyperemia)
4. 성대 부종(Vocal cord edema)
5. 전반적인 후두부종(Diffuse laryngeal edema)
6. 후교련비대 및 점막비후(Posterior commissure hypertrophy; Interarytenoid injection and thickening; pachyderma)
7. 궤양 및 육아종(Contact ulcer, granuloma or granulation)
8. 진한 후두점액(Thick endolaryngeal mucus)

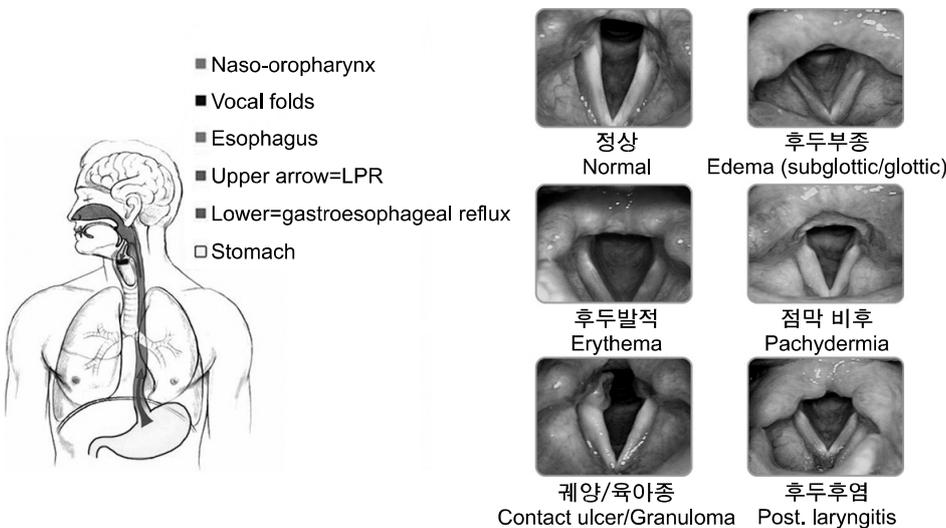


Figure 12. Laryngeal findings of Laryngopharyngeal reflux disease; LPRD.

결론

진단적 위식도내시경술에서 접근로에서 만나게 되는 구강, 구인두, 하인두 및 후두는 내시경 술기를 익숙하지 않은 경험이 부족한 의사에게는 친숙하지 않은 구조물이다. 이 부위의 해부구조와 생리적인 특징을 잘 숙지한다면 상기도에 손상을 주는 입을 경우를 피할 수 있을 것이다. 또한 구강, 구인두, 하인두 및 후두의 의심되는 이상 병변이 있는 경우를 간과하지 않고 기록 한후에 이비인후과-두경부외과의에 진료를 의뢰한다면 환자의 두경부암 조기 진단 및 관리에 도움을 줄 수 있으리라 예상된다.

참고문헌

1. Beidler LM, Smallman R. Renewal of cells within taste buds. *J Cell Biol* 1965;27:263-272.
2. Graney DO, Petruzzelli GJ, Myeres EN. *Anatomy & Physiology*. In: Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, et al, eds. *Otolaryngology Head & Neck Surgery*. 3rd ed. St Louis: Mosby-Year Book, Inc, 1998:1327-1353.
3. Dantas RO, Dodds WJ, Massey BT, et al. Manometric characteristics of the glossopalatal sphincter. *Dig Dis Sci* 1990; 35:161-165.
4. Farbman AL. Renewal of taste bud cells in rat circumvallate papillae. *Cell Tissue Kinet* 1980;13:349-357.
5. Hollinshead. *The jaws, palate, and tongue*. In: *Anatomy for surgeons vol.1*. 3rd ed. Harper & Row: Publishers, Inc, 1982: 345-351.
6. Jacob P, Kahrilas P, Logemann J, et al. Upper esophageal sphincter opening and modulation during swallowing. *Gastroenterology* 1989;97:1469-1472.
7. Kahrilas P, Dodds W, Dent J, et al. Upper esophageal sphincter function during deglutition. *Gastroenterology* 1988; 95:52-57.
8. Kahrilas PJ, Lim S, Logemann JA, et al. Deglutitive tongue action: volume accommodation and bolus propulsion. *Gastroenterology* 1993;104:152-156.
9. Kahrilas PJ, Lin S, Chen J, et al. Oropharyngeal accommodation to swallow volume. *Gastroenterology* 1996;111: 297-299.
10. Kahrilas PJ, Logemann JA, Lin S, et al. Pharyngeal clearance during swallow: a combined manometric and videofluoroscopic study. *Gastroenterology* 1992;103:128-131.
11. Logemann JA. *Evaluation and treatment of swallowing disorders*. San Diego: Collage Hill, 1983:214-217.
12. Logemann JA, Kahrilas PJ, Cheng J, et al. Closure mechanisms of the laryngeal vestibule during swallow. *Am J Physiol* 1992; 262:G338-341.
13. Poudroux P, Kahrilas PJ. Deglutitive tongue force modulation by volition, volume, and viscosity in humans. *Gastroenterology* 1995;108:1418-1422.
14. Shawker TH, Sonies B, Stone M, et al. Real time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing. *J Clin Ultrasound* 1983;11:485-489.
15. Clemente CD. In *Anatomy of the human body*. 30th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985:235-238.
16. Daniels E. Embriology of the neck. In: Tewfik TL, Der Kalou-stain VM, eds. *Congenital anomalies of the ear, nose and throat*. 1st ed. New York: Oxford University Press, 1997:321-330.
17. Sasaki CT. Postnatal descent of the epiglottis in man: a preliminary report. *Arch Otolaryngol Head and Neck Surg* 1977;103:169-174.
18. Hirano M, Kurita S, Nakashima T. Growth, development and aging of human vocal folds. In: Bless DM, Abbs JH, eds. *Vocal fold physiology: contemporary research and clinical issues*. San Diego: College Hill Press, 1983:23-43.
19. Meller SM. Functional anatomy of the larynx. *Otolaryngol Clin North Am* 1984;17:3-12.
20. Fried MP, Meller SM. Adult laryngeal anatomy. In: Fried MP, ed. *The Larynx*. Boston: Little, Brown, 1988:41-55.
21. Fink BR, Demarest RJ. *Laryngeal Biomechanics*. Harvard university press, Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1978:15-43.
22. Graney DO, Flint PW. Anatomy of the larynx. In: Cummings CW, Fredricson JM, Harker LA, et al, eds. *Otolaryngology Head and Neck Surgery*. 3rd ed. 1998:1823-1833.
23. Lev MH, Curtin HD. Larynx. *Neuroimaging Clin North Am* 1988;8:235-255.
24. Turker HM. *The larynx*. 2nd ed. New York: Thieme Medical Publishers, Inc., 1993:1-34.
25. Hirano M. Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations. *Folia Phoniatrica* 1974;26:89-94.
26. Hollinshead WH. *Anatomy for Surgeons: Vol 1. The Head and Neck*. 3rd ed. East Washington Square, Philadelphia, Pennsylvania: Harper & Row Publishers, Inc., 1982:389-441.
27. Sanders I, Jacobs I, Wu BL, Biller HF. The three bellies of the canine posterior cricoarytenoid muscle: Implications for understanding laryngeal function. *Laryngoscope* 1993;103: 171-176.
28. Sanders I, Wu BL, Mu L, Biller HF. The innervation of the human posterior cricoarytenoid muscle: Evidence for at least two neuromuscular compartment. *Laryngoscope* 1994;104: 880-884.
29. Zaretsky L, Sanders I. The three belly of the canine cricoarytenoid muscle. *Ann Rhinol Laryngol* 1992;101:3-15.
30. Garrett JD, Larson CR. Neurology of the laryngeal system. phonosurgery: assessment and surgical management of voice disorders. In: Ford CN, Bless DM, eds. New York: Raven Press, Ltd., 1991:43-76.
31. Kahane JC. Functional histology of the larynx. In: Cummings CW, Fredricson JM, Harker LA, et al, eds. *Otolaryngology head and neck surgery*. 3rd ed. vol 3. St Louis: Mosby Year Book, Inc. 1998:1853-1868.
32. English DT, Blevins CE. Motor unit of laryngeal muscles. *Arch Otolaryngol* 1996;89:778-784.
33. Rosen M, Malmgren LT, Gacek RR. Three dimensional computer reconstruction of the distribution of neuromuscular junctions thyroarytenoid muscle. *Ann Otol Rhinol Laryngol*

- 1983;92:424-429.
34. Freije J, Malmgren LT, Gacek RR. Motor end plate distribution in the human lateral cricoarytenoid muscle. *Arch Otolaryngol* 1986;112:176-179.
 35. De Vito MA, Malmgren LT, Gacek RR. Three dimensional distribution of neuromuscular junction in the human cricoarytenoid. *Arch Otolaryngol* 1985;111:110-113.
 36. Gambino DR, Malmgren LT, Gacek RR. Three dimensional computer reconstruction of the neuromuscular junction distribution in the human posterior cricoarytenoid muscle. *Laryngoscope* 1985;95:556-560.
 37. Rossi G, Cortesia G. Morphological study of laryngeal muscle in man. *Acta Otolaryng* 1965;59:575-592.
 38. Hirano M, Kakita Y. Clinical examination of the voice. New York: Springer-Verlag, 1981:1-98.
 39. Gray SD, Hirano M, Sato K. Molecular and cellular structure of vocal fold tissue. In: Titze IR, ed. *Vocal fold physiology: frontiers in basic science*. San Diego: Singular Publishing Group, 1993:1-36.
 40. Hirano M, Kurita S, Kyokawa K. Posterior glottis:morphological study in excised human larynges. *Ann Oto Rhinol laryngol* 1986;95:576-581.
 41. Gray SD, Pignatary SS, Harding P. Morphologic ultrastructure of anchoring fibers in normal vocal fold basement membrane zone. *J Voice* 1994;8:48-52.
 42. Gray SD. Basement membrane zone injury in vocal nodules. In: Gauffin J, Hammarberg B, eds. *Vocal fold physiology: acoustic, perceptual, and physiological aspect of voice mechanisms*. San Diego: Singular Publishing Group, 1991: 21-28.
 43. Hirano M, Kurita S, Nakashima T. Growth, development and aging of human vocal folds. In: Bless DM, Abbs JH, eds. *Vocal fold physiology: Contemporary research, clinical issues*. San Diego: College Hill Press, 1983:22-43.
 44. Morrison MD, Rammage LA, Nichol H. Evaluation and management of voice disorders in the elderly. In: Golstein JC, Kashima HK, Koopman CF, eds. *Geriatric Otorhinolaryngology*. Philadelphia: BC Decker Inc, 1989:64-70.
 45. Johnson P, Salisbury DM, Storey AT. Apnea induced by stimulation of sensory receptors in the larynx. In: Bosma J, Showacre JF, eds. *Development of upper respiratory anatomy and function*. Washington DC: US Government Printing Office, 1975:160-183.
 46. Lee JC, Stroll BJ, Downing SE. Properties of the laryngeal chemoreflex in neonatal piglets. *Am J Physiol* 1977;233: R30-R36.
 47. Sasaki CT. Development of laryngeal function: etiologic significance in the sudden infant death syndrome. *Arch Otol* 1977;103:8-15.
 48. Fink BR. *The human larynx: a functional study*. New York: Raven Press, 1975.
 49. Kuna ST, Insalaco G, Woodson GE. Thyroarytenoid muscle activity during wakefulness and sleep in normal adults. *J Appl Physiol* 1988;63:1332-1339.
 50. Colton R, Kasper JK. *Understanding voice problems. A physiological perspective for diagnosis and treatment*, 2nd ed. Williams & Wilkins, 1996:58-67.
 51. Husson R. *Etude des phenomenes physiologique et acoustic fondamentaux de la voix chantee*. These Fac Sc Paris, 1950.
 52. Van den Berg J. Myoelastic theory of voice production. *J Speech Hear Res* 1958;1:227-229.
 53. Hirano M, Kakita Y. Cover-body theory of vocal fold vibration. In: Daniloff RG. *Speech Science*. San Diego: College-Hill Press, 1985.
 54. Ishizaka K, Flanagan JL. Synthesis of voiced sounds from a two-mass model of the vocal cords. *Bell Syst Tech J* 1972; 51:1233-1239.
 55. Adzaku FR, Wyke B. Laryngeal subglottic mucosal reflexogenic influences on laryngeal muscle activity. *Folia Phoniat* 1982;34:57-64.
 56. Kirchner JA, Wyke BD. Articular reflex mechanisms in the larynx. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1965;74:749-768.
 57. Kirchner JA, Wyke B. Laryngeal articular reflexes. *Nature (London)* 1964;202:600.
 58. Abo-El-Enein MA, Wyke B. Laryngeal myostatic reflexes. *Nature (London)* 1966;209:682-686.
 59. Susuki M, Sasaki CT. Initiation of reflex glottic closure. *Ann Otol* 1976;85:382-386.
 60. Ikari T, Sasaki CT. Glottic reflex: Control mechanism. *Ann Otol* 1980;89:220-224.
 61. Wealthall SR. Factor resulting in a failure to interrupt apnea. In: Bosma J, Showacre JF, eds. *Development of upper respiratory anatomy and function*. Washington DC: US Government Printing Office, 1975:212-228.
 62. Miller AJ. Characteristic of the swallowing reflex induced by peripheral nerve and brain stem stimulation. *Exp Neurol* 1972;34:210-222.
 63. Miller AJ. Significance of sensory inflow to the swallowing reflex. *Brain Res* 1972;43:147-159.
 64. Mathew OP, Abu-Osba YK, Thach BT. Influence of upper airway pressure change on respiratory frequency. *Resp Physiol* 1982;49:223-233.
 65. German VF, Ueki IF, Nadel JA. Micropipette measurement of airway submucosal gland secretion: Laryngeal reflex. *Am Rev Respr Dis* 1980;122:413-416.
 66. Bachoo M, Polossa C. Properties of sympathoinhibitory and vasodilator reflex evoked by superior laryngeal nerve afferent in the cat. *J physiol* 1985;364:183-198.
 67. Gerber U, Polossa C. Some effects of superior laryngeal nerve stimulation on sympathetic preganglionic neuron firing. *Can J Physiol Pharm* 1979;57:1073-1081.
 68. Logemann JA. Upper digestive tract anatomy and physiology. In: Bailey BJ. *Head & Neck Surgery-Otolaryngology*. Philadelphia: JB Lippincott company, 1993:485-500.
 69. Moerch HJ, Judd ES. Diagnosis and treatment of pharyngo-esophageal diverticulum. *Surg Gynecol Obstet* 1934;58:781-789
 70. Logemann JA. *Evaluation and treatment of swallowing disorder*. San Diego: College Hill Press, 1983:214-217.
 71. Shawker TH, Sonies B, Stone M, Baum BJ. Real time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing. *J Clin Ultrasound* 1983;11:485-489.
 72. Poudroux P, Kahrilas PJ. Deglutitive tongue force modulation by volition, volume, and viscosity in humans. *Gastroenterology* 1995;108:1418-1422.

73. Mansson I, Sandberg N. Oropharyngeal sensitivity and elicitation of swallowing in man. *Acta Otolaryngol* 1975;79:140-146.
 74. Kahrilas PJ, Lim S, Logemann JA, Ergun GA, Facchini F. Deglutitive tongue action: volume accommodation and bolus propulsion. *Gastroenterology* 1993;104:152-156.
 75. Kahrilas PJ, Lin S, Chen J, Logemann JA. Oropharyngeal accommodation to swallow volume. *Gastroenterology* 1996;111:297-299.
 76. Mc Connell FM. Analysis of pressure generation and bolus transit during pharyngeal swallowing. *Laryngoscope* 1988;98:718-724.
 77. Logemann JA, Kahrilas PJ, Cheng J, Pauloski BR, Gibbons PJ, Rademaker AW. Closure mechanism of the laryngeal vestibule during swallow. *Am J Physiol* 1992;262:G338-341.
 78. Kahrilas P, Dodds W, Dent J, Logemann JA, Shaker R. Upper esophageal sphincter action during deglutition. *Gastroenterology* 1988;95:52-57.
-