



## : 말의 호흡-순환기계 및 질병

말과 자동차는 서로 닮은 게 몇 가지 있는데, 순환기계 및 호흡기계는 말의 엔진을 구성하고 말이 소화시키는 사료는 자동차의 연료와 같으며, 연료는 근육에 힘을 내는 영양적 에너지로 바뀐다. 호흡기계는 대사를 촉진하기 위해 산소를 제공하고 심장혈관계 또는 순환기계는 산소와 영양소를 조직에 운반할 뿐만 아니라 엔진이 작동하면서 생긴 노폐물도 제거한다.

### I. 호흡기계

우리가 숨 쉬는 지구상의 공기는 79.01%의 질소와 20.95%의 산소 그리고 0.04%의 이산화탄소와 수분으로 이루어져있다. 호흡기계의 역할은 간결하게 말해서 산소와 이산화탄소를 교환하는 것이다. 흡인된 산소는 세포 및 조직에 이용되고 이산화탄소는 생성된 노폐물과 함께 배출된다. 말이 심하게 운동을 할 때 근육세포들은 운동을 유지하기 위하여 산소가 신속히 요구되는데 이 때 발생하는 부산물들은 이산화탄소, 물, 열 등이 있고 모든 것들을 체외로 배출하여야한다. 이산화탄소는 근육세포로부터 혈류를 타고 운반되어 폐를 통해 체외로 배출된다. 요구되는 산소의 양과 생성되는 이산화탄소의 양은 운동의 수준에 따라 달라진다. 말이 심하게 운동하는 동안에 조직이 요구되는 산소의 양은 휴식하는 동안의 양보다 많다. 격렬하게 운동하게 되면 당연히 많은 이산화탄소가 제거되어야한다. 완벽한 신진대사가 이루어지기 위해서는 운동하는 동안에 호흡수 증가가 필요하다. 호흡기계의 또 다른 기능은 신체내부의 이산화탄소의 수준을 조절하여 산-염기 평형을 유지한다. 또한 흡입되는 공기를 가습하고 데우며, 과도한 수분은 호기를 통해 제거함은 물론 체온의 손실을 방지하고 섬모점막세포가 먼지와 같은 입자를 걸러내어 오염된 환경으로부터 신체를 방어하는 역할을 하며 후각기관으로써 냄새를 인지한다. 게다가 음성신호를 만들 수 있을 뿐만 아니라 복압을 증가시켜 배변 및 분만에 도움을 주는 역할을 한다. 말의 호흡기관은 상부호흡기관과 하부호흡기관으로 구성된다. 상부호흡기관에는 콧구멍, 비강(코안), 인두, 후두 및 기관이 있고 하부호흡기관에는 기관지, 세기관지, 파리가 있다.

#### ■ 상부호흡기관

##### - 콧구멍(nostrils)

콧구멍에서부터 말의 호흡기계는 시작된다. 사람과는 다르게 말은 입으로 숨을 쉬기에는 입안용적

이 불충분하기에 코로만 숨을 쉰다. 공기가 들어올 때 코끝의 연골이 콧구멍이 닫히는 것을 막아준다. 콧구멍의 크기가 흡입되는 공기의 양에 영향을 미치지 아닌지 오랫동안 논란이 되고 있다. 콧구멍이 넓게 벌어지면 많은 양의 공기가 흡입될 수 있는 반면에 다른 한편으로는 이를 증명할만한 과학적인 증거가 없다. 어쨌든 간에 공기는 콧구멍을 통과하여 장시간 비강을 따라 흡입된다.

#### - 코안, (비강, nasal passages)

비강은 콧구멍에서 시작되는데 코뼈의 천장을 구성하는 것은 위턱뼈이고 마루를 구성하는 것은 단단입천장(경구개, hard plate)이다. 코중격에 의해 비강은 두 개로 나누어지고 각각 코선반(비갑개골, turbinate bone 또는 conchae)을 가지고 있으며 이는 점막으로 싸여있고 들어 온 공기를 데워주고 청결하게 하는 역할을 한다. 이 막에서부터 매우 작은 섬모들이 돌출돼 있는데 먼지 입자를 걸러낸다. 코선반의 역할은 표면적을 증가시켜 섬모를 많게 하여 들어오는 공기에 많이 노출 되게끔 한다. 비강의 뒷부분은 벌집뼈(사골비갑개, ethmoid turbinate)와 연결되는데 후각을 담당하는 막으로 싸여있다. 비강은 두개골 내의 공기로 채워진 공간인 코결굴(부비동)과 연결된다. 위와 같은 이유로 말의 비강은 다른 동물보다 길다. 그러나 말의 얼굴이 길어 진 이유는 어린 나무의 잎을 먹다가 점차 풀을 먹는 동물로 진화하면서 풀의 키(길이)보다 눈이 낮게 되면 천적을 살필 수가 없기 때문에 점차 풀의 키보다 눈을 높이기 위해서 길어졌다는 주장도 있다.

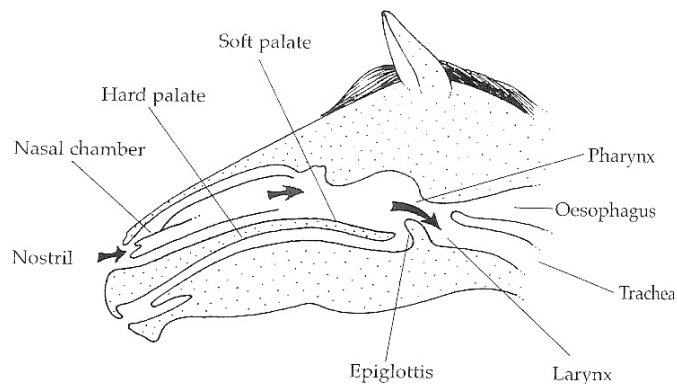


그림 1. 말 상부호흡기 구조

[Nostril 콧구멍, nasal chamber 코방, hard palate 단단입천장, soft palate 물렁입천장, pharynx 인두, oesophagus 식도, trachea 기관, larynx 후두, epiglottis 후두덮개(회염연골)]

### - 후두(pharynx)

비강을 지나는 도안 공기는 따뜻하데 데워지고 목구멍의 뒷부분에 이는 후두로 들어오는데 여기는 호흡기계(비강인두)이면서 소화기계(구강인두)로 이용된다.

즉, 근육막으로 구성된 기관인 물렁입천장(soft plate)는 사료를 삼켰을 경우 사료덩어리가 기관으로 유입되는 것을 차단하여 식도로 들어가게 하려고 위치를 잡고 호흡을 할 때에는 기관으로 통하는 통로가 열린다.

후두덮개(회염연골)는 물렁입천장을 덮고 있는데 공기가 들어오면 인두로 넘긴다. 건강한 말에서는 공기와 사료가 후두 및 인두 부위를 부드럽게 통과한다.

### - 인두(larynx)

소리상자(voice box)로 알려진 인두는 복잡한 기전을 가지고 있고 기관의 맨 위에 위치해있다. 짧은 관모양의 상호결합된 조직이고 점막으로 덮힌 근육과 섬유조직이다.

이 섬유조직사이에는 성대가 있는데 공기가 힘차게 흐르면서 떨리게 되며 소리는 만들어낸다. 인두의 기능은 소리를 만드는 것 외에 깊은 하부호흡기관으로 공기를 전달하고 음식이 후두에 오지 마자 인두는 폐쇄된다.

### - 기관(trachea)

Windpipe라 불리는 기관은 인두에서 내려와서 폐까지 연결되고 연골고리에 의해 지속적으로 열려있다. 폐에 가까워지면 2개의 기관지로 가지를 뻗는다.

내부에는 수 백 만 개의 작은 섬모가 돌출돼있고 파동과 같은 운동을 통해 점액을 제거한다.



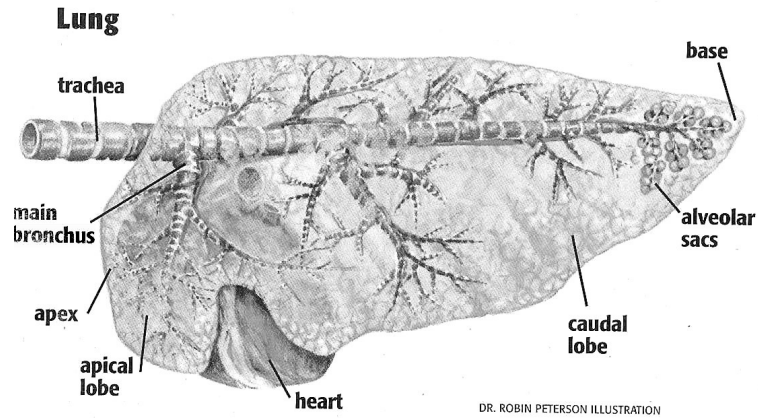


그림 2. 말 하부호흡기 구조

[trachea 기관, main bronchus 기관지, apex 끝, apical lobe 끝엽, caudal lobe 뒤쪽엽, alveolar sacs 파리주머니, base 바닥]

## ■ 하부호흡기관

### - 기관지(bronchi)

기관지는 심장이 위치한 부근에서 1차기관지(primary bronchi)로 나누어진다. 얇은 연골고리에 의해 항상 열려있고 문(hilus)에서 폐로 들어가서 기관지나무(bronchial trees)로 나누어진다. 기관지나무의 공기통로는 좀 더 작은 기관지(bronchi)로 나누어진다.

연골로 된 기관지가 끝나면 가장 작은 기관지 벽에 도달하고 2차기관지가 되는데 이를 세기관지(bronchiole)라 일컫는다.

### - 세기관지(brochioles)

매우 가는 관으로써 연속되는 섬모점막들이 깔려있고 연골고리에 의해 지지를 받지 못한다. 세기관지는 아래로 갈수록 더욱 가늘어져서 종말세기관지(terminal brochioles)를 형성하는데 이곳의 가장 작은 세기관지는 호흡세기관지(respiratory b.)라하며 허파파리와 연결돼있다.

### - 허파꽂리(alveolars)

세기관지는 허파꽂리관(alveolar ducts)에 연결되고 가스교환이 이루어지는 폐의 기능단위인 허파꽂리에서 끝난다. 각각의 허파꽂리는 폐동맥 모세혈관그물로 싸여있고 허파꽂리와 모세혈관 사이의 막은 폐포막, 기저막, 및 모세혈관 내피 등 3개의 얇은 층으로 구성된다. 여기에서 폐안의 산소와 혈액이 교환되는 관계가 바로 호흡기계와 순환기계의 상호 또는 협력관계이다. 폐포는 작은 주머니모양의 기관으로 허파꽂리주머니(alveolar sacs) 및 허파꽂리관의 벽을 따라 분포해있다. 폐 내부에는 수 백 만 개의 허파꽂리가 있고 이것을 펼치면 수 백 제곱미터에 이르며 허파꽂리 내부에는 계면활성제(surfactant)가 있어서 허탈을 방지한다.

### - 폐

폐의 바깥표면은 장막의 부드러운 가슴막에 의해 싸여있고 습기를 함유하고 있어서 가슴막 안에서 자유롭게 미끄러진다.

### - 가로막

가로막은 거대한 돔(dome) 모양의 근육기관이고 가슴안과 배안을 나눈다.

## ■ 호흡

호흡은 속호흡과 바깥호흡으로 구분할 수 있는데 전자는 세포호흡이고 후자는 신체와 외부환경과의 가스교환이다.

헤모글로빈에 결합된 산소는 순환기계를 통하여 조직에 산소를 공급한다. 산소를 함유한 적혈구는 조직에 귀중한 산소를 운반하고 세포 대사과정에서 발생한 이산화탄소를 운반한다. 혈액은 정맥을 통하여 폐로 돌아오고 산소보다는 이산화탄소를 더 많이 함유한다. 호기 중에는 질소가 79.5%이고 산소가 16.4% 그리고 수분이 있는 이산화탄소가 4.1%에 이른다. 얼마나 많은 산소와 이산화탄소를 함유하는지는 운동량에 따라 좌우된다.

1분당 호흡하는 횟수는 호흡수 또는 호흡률이며 다른 용어로는 분당호흡량(minute volume)이라 한다. 쉽게 말하면 1분간 호기와 흡기의 양이다. 말이 휴식하는 동안에는 1분당 10 - 14회 또는 그 이하의 낮은 호흡수를 나타낸다. 그러나, 심하게 운동하게 되면 전신으로 보내는 산소량을 증가시키기 위하여 자동차가 고단의 기어(gear)를 사용하듯 폐의 호흡수도 드라마틱하게 높게 된다. 말이 휴식 중 호흡을 할 때는 별 노력이 요구되지 않는다. 그러나, 필요한 산소를 충족하기 위해 호흡이



빠르게 되면 또 다른 상황이 연출된다. 가슴의 확장을 위해 갈비사이근 및 가로막의 역할이 필요하고 폐의 확장을 허용하며 이는 엄청난 량의 공기를 흡입하게 한다. 매 호흡마다 흡기 및 호기되는 산소의 량은 "tidal volume"이라 한다.

말이 구보(canter)와 습보(gallop)로 달릴 때에는 호흡수와 걸음수와의 비율이 1:1이다. 이런 동시성을 "locomotive respiratory coupling"이라 한다. 말이 발휘 할 수 있는 최대보폭수는 1분당 거의 150회이기 때문에 최대호흡수는 1분당 150회이다.

습보를 할 때 가슴근육이 갈비뼈를 앞으로 당길 수 있게 하기 위해 말머리를 높게 올리고 내장은 뒤로 밀려난다. 이로써 더 많은 공기가 유입되는데 이를 "thoracic unloading phase"라 한다. 또 말이 착지를 할 때 머리는 내려오고 내장은 앞으로 쏠리는데 피스톤처럼 움직여서 폐와 공기를 내뿜게 되어 호기를 유발한다. 이 단계를 "thoracic loading phase"라 한다.

운동하는 동안에 minute volume은 드라마틱하게 변화한다. 예를 들면, 휴식동안에 건강한 말의 minute volume은 1분당 150L이고 빠르게 달리는 동안은 1분당 1,500L로 빠르게 증가한다. Minute volume은 호흡률과 일회호흡량(tidal volume)이기 때문에 말은 호흡을 빨리하게 되고 깊게 숨을 쉬게 되거나 둘 다 증가한다.

그러나, 최대운동 동안에는 minute volume이 한계에 부딪힌다. 말이 최대운동을 할 때 심박수는 1분당 200회에 도달하거나 그 이하이며 폐에서 나온 혈액은 충분하게 조직까지 산소를 운반하지 못하는데 이런 상태를 '동맥저산소증(arterial hypoxia)'이라고 한다. 호흡기계는 요구되는 산소를 최소 제한된 시간동안 운반한다. 심장박동수가 1분당 180회 또는 그 이하인데 그 범위를 벗어나면 심장혈관계는 무너지기 시작한다.

말이 운동하는 동안에 호흡기계의 해부학적 변화가 일어난다. 상부호흡기관은 공기가 흐르는 저항이 줄어들고 비공이 확장되며 기도가 직선처럼 곧아질 뿐만 아니라 인두 및 후두도 확장된다.

## ■ 호흡에 문제가 되는 질병들

### - 재발성 기도 폐쇄증(RAO)

RAO(recurrent airway obstruction = Heaves; Broken wind)는 과거에는 만성폐쇄성폐질환(COPD)이라고 불렀다. 호흡에 영향을 미치는 가장 치명적인 문제 중의 하나이고 복잡한 증후군이다. 호기시의 호흡곤란, 기침 및 체중감소의 증상을 동반하며 연령이 증가할수록 발생빈도도 높다. RAO는 폐의 작은 세기관지의 광범위한 염증을 의미한다. RAO가 발현되면 하부호흡기관은

그 기능을 효과적으로 발휘하지 못한다. 염증은 기도를 막아버리고 자유로운 공기의 흐름을 차단한다. 상태가 악화되면 말이 흡기할 때 신체적 노력은 더욱 더 요구된다. RAO의 원인은 복잡하고 아직 완전하게 밝혀진 것은 아니지만 환경적 병원체에 대한 알러지 반응으로 이해되고 있다. 사람의 경우에서 RAO를 유발하는 원인은 천식, 만성 기관지염, 세기관지염 및 폐기종 등이 있다.

초지에서 사육되는 말보다 마사에서 사육되는 말에서 흔하고 먼지 많은 건초, 곰팡이 및 먼지 가득한 환경 등의 원인 의해 야기되며 유전적인 영향도 있으며 호흡기의 바이러스(특히, 인플루엔자) 감염이후에 흔히 RAO로 발전한다. 전 세계적으로 발생하지만 고온의 기후에서 겨울과 초봄에 만성기침이 이 질병을 유발하는 가장 흔한 원인이다.

잠재적인 알러지를 줄이려면 말을 초지에서 사육하고, 사료를 펠릿이나 큐빅으로 만들어 급여하며, 만일 건초를 급여할 때는 최상의 품질로 급여한다. 그리고 물을 흠뻑 적신 후에 급여하면 먼지의 발생이 적다. 깔 재료로는 갈기갈기 찢겨진 신문지, 단단한 나무의 대팻밥, 토탄(peat)을 이용하면 좋다. 환기를 개선하고 마사와 건초더미사이의 거리를 최소 50m 이상 멀게 해야 하며 임상 증상이 있는 말들은 휴양치료를 해야 한다. 증상이 심각한 말들은 항염증제, 기관지확장제 및 가래약 등의 약물치료가 필요하다.

#### - 운동기인성 폐출혈(EIPH)

운동기인성 폐출혈(exercise-induced pulmonary hemorrhage)은 말이 운동하는 동안에 호흡기도 내에 혈액이 출현하는 것을 의미한다. 이런 상태의 말은 출혈자(bleeders)라고 하고 다른 말보다 심하게 운동하는 경주마, 이벤트 말 및 폴로 말에 흔히 나타나며 1세마에서도 나타나지만 연령이 증가할수록 발생빈도가 높다.

경주마에서 비출혈은 오직 0.25 - 2.5%만 나타났으나 내시경검사/기관지세척을 통한 연구에서는 거의 100%의 경주마가 EIPH소견을 나타냈다.

진단방법으로는 다음과 같은 것이 있다. 내시경검사에서는 운동을 하고 난 후 30 - 120분에 촬영하고 직접 출혈을 확인할 수 있다. 출혈이 없다면 여러 번 반복해서 검사해야한다. 기관지세척(흡입)에서는 hemosiderophages(세포질 내에 혈철소가 있는 대식세포)가 관찰되는데 EIPH 발생 후 150일간 관찰이 가능하다.




그러나, 가슴막폐렴, 폐고름집 또는 종양, 가슴외상에서도 나타나기에 주의하여야한다. 방사선검사에서는 폐의 등쪽 및 꼬리쪽에 방사선비투과성이 보이며 핵의학검사에서는 환기관류불균형(ventilation-perfusion mismatching)의 심한 정도를 확인할 수 있다.

폐의 건강을 증진하고 폐 모세혈관에 고혈압을 낮추는 게 필요하다. 초지에서 방목시간을 늘리고 환경에서 오는 알러지 유발물질을 제거해야하며 예방접종 및 구충도 폐의 질병을 최소화해준다. 또 약물요법으로 Furosemide(150 - 300mg 경구전 투약)가 예방 및 치료에 쓰인다.

### - 후두반마비(Roaring)

후두는 공기와 음식물을 구분하여 처리하는 중요한 역할을 담당하는데 때때로 문제를 유발한다. 재발되는 후두신경의 손상이나 신경의 퇴행성변화로 인하여 일부의 말에서 호흡할 때 후두가 완전히 개방되지 않는다. 이로써 흡입하는 공기의 량이 제한되고 잡음(sawing, whistling)을 일으키며 roaring한다. 잡음은 속보에서는 관찰되지 않지만 습보에서는 가능하다. Roaring은 상부호흡기관의 전염성질환인 선역의 합병증으로 발생이 가능하고 특발적으로도 발생하는데 특히 목이 길고 키가 큰 수말에 많으며 2세 또는 3세에서 많이 관찰된다. 수의학용어로는 "후두반마비(laryngeal hemiplegia)" 또는 "왼후두반마비"라 하는데 우측보다 좌측에 흔히 발생하기 때문이고 그 이유는 아직 명확하지는 않지만 아마도 유전적인 문제로서 원되돌이후두신경(left recurrent laryngeal nerve)이 오른되돌이후두신경보다 길기 때문이라고 추측된다.

병력, 임상증상 및 내시경을 통하여 돌출된 후두조직을 관찰함으로써 진단이 가능하다. 후두성형술이나 절제술과 같은 외과적 수술로 치료가 가능한데 성공률의 높고 낮음이 심하다. 수술 후에 합병증이 있고 사료가 기도내로 들어가 만성기침을 유발할 수 있기에 최적의 능력으로 회복될 수 있는지는 의문이다. 말의 호흡기에서 흡기와 호기에 영향을 미치는 문제들이 많이 있다. 기본적으로 운동하는 말에서는 건강한 폐와 기도가 중요하다.

운동은 뚜렷하게 심맥관계에 까지 영향을 미친다. 운동하는 동안과 그 수준이 증가할 때 근육의 수축은 더 빈번해지기에 많은 산소가 요구되고 노폐물의 제거가 필요하다. 요구가 증가하는 반응으로는 근육내의 모세혈관바탕(capillary bed)가 증가하고 확장되며 그러므로 모세혈관바탕으로 흐르는 혈액량이 증가한다. 이 현상을 해결하기 위해 심맥관계는 효과적으로 일을 한다. 일을 하면서 심장은 효율이 증가하고 심장박출량이 늘어나며 심장도 커지게 된다. 혈액자체도 역시 운동에 적응한다. 적혈구숫자가 늘어나고 산소운반능력도 증가한다. 극심한 운동 후에는 심장박동수와 호흡수의 증가가 덜 증가한다. 훈련이 잘 안 된 말에서는 극심하게 운동 할 때 혈액을 근육에까지 잘 보내기가 어렵고 게다가 근육이 혐기상태가 되며 결국은 젖산이 생성된다. 근육에 젖산이 축적되면 근육이 피로하게 되고 통증이 유발된다. 운동 후에 산소는 "paid off"가 되고 말이 "cooling off" 할 때 호흡수가 지속적으로 증가하는 원인이 된다.   



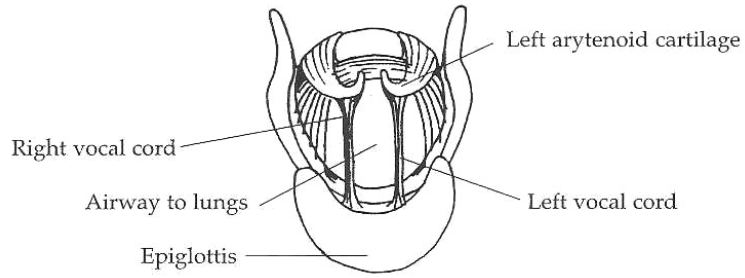


그림 3. 평시 후두: 성대가 부분적으로 개방

[right vocal cord 오른성대, epiglottis 후두덮개, left vocal cord 왼성대, left arytenoid cartilage 원모뿔연골]

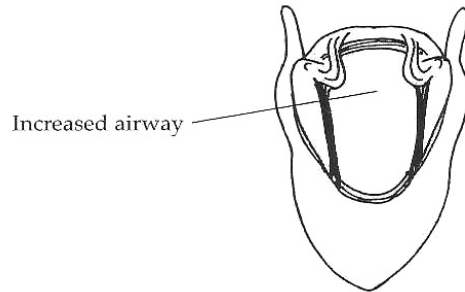


그림 4. 운동시 후두: 성대가 완전히 개방