2020 AAHA

개와 고양이를 위한 마취 및 모니터링 가이드라인 번역본

한국수의마취통증의학회
Korean Association of Veterinary Anesthesia and Analgesia

2020 AAHA

개와 고양이를 위한 마취 및 모니터링 가이드라인 번역본

한국수의마취통증의학회
Korean Association of Veterinary Anesthesia and Analgesia

2020 AAHA 개와 고양이를 위한 마취 및 모니터링 가이드라인 *

Tamara Grubb, DVM, PhD, DACVAA†, Jennifer Sager, BS, CVT, VTS (마취/진통, ECC)†, James S. Gaynor, DVM, MS, DACVAA, DAIPM, CVA, CVPP, Elizabeth Montgomery, DVM, MPH, Judith A. Parker, DVM, DABVP, Heidi Shafford, DVM, PhD, DACVAA, Caitlin Tearney, DVM, DACVAA

초록

마취는 본질적으로 합병증, 심지어 사망의 위험을 가지고 있다. 하지만 가이드라인, 체크리스트, 그리고 의료진 훈련을 활용하면 마취와 관련된 부작용의 위험을 낮출 수 있다. 이러한 도구들은 환자가 무의식 상태일 때뿐 아니라, 그 전과 후의 과정에서도 사용되어야 한다. 이 가이드라인은 환자가 집에 있을 때부터 병원으로 오고, 회복하여 다시 집으로 돌아가기까지 이어지는 연속적인 돌봄 과정으로서의 안전한 마취 관리 틀을 제시한다. 또한 보호자와의 의사소통, 의료진 교육의 중요성을 강조하고, 수술 전후 통증 조절, 항불안 관리, 그리고 신경질적·공포심·공격성을 보이는 환자의 적절한 다루기 등도 마취의 안전성과 직결되는 요소로 강조하였다. 마취 장비의 선택과 관리에 대해서도 자세히 다루었다. 이 가이드라인의 목적은 실제 임상에서 적용할 수 있는 관리 체계를 제공함과 동시에, 개와 고양이의 마취를 최대한 안전하게 수행하도록 돕는 것이다. 이를 위해 본문에서는 표, 알고리즘, 그림, 핵심 정보가 담긴 "팁" 상자가 포함되어 있으며, 추가 자료는 aaha.org/anesthesia 에서 확인할 수 있다. (J Am Anim Hosp Assoc 2020; 56:59–82. DOI 10.5326/JAAHA-MS-7055)

소속 기관

위싱턴 주 풀먼, 워싱턴주립대학교 수의과대학 (T.G.); 플로리다 주 게인즈빌, 플로리다대학교 수의병원 (J.S.); 콜로라도 주 브레켄리지, 피크 퍼포먼스 수의단체 (J.S.G.); 캘리포니아 주 데이비스, 캘리포니아대학교 데이비스캠퍼스 수의과대학 (E.M.); 애리조나 주 투산, 피마 동물병원 (J.A.P.); 오리건 주 클래커머스, 수의마취 전문의료팀, (H.S.); 콜로라도 주 휘트 리지, 휘트 리지 동물병원 (C.T.).

내용 검토 기여자

랄프 하비, DVM, MS, DACVAA (테네시 주 녹스빌, 테네시대학교 수의과대학, 소동물임상과 [은퇴]); 데이비드 D. 마틴, DVM, DACVAA (미시간 주 카라마주, 개인 컨설턴트).

교신저자 연락처: tamaragrubb@wsu.edu (T.G.); sagerj@ufl.edu (J.S.)

* 이 가이드라인은 IDEXX Laboratories, Inc., Midmark, Zoetis Petcare의 교육 지원으로 제작되었다. 또한 이 문서는 공식적인 동료심사 과정을 거쳤다.

† T. Grubb와 J. Sager는 마취 및 모니터링 전문위원회의 공동 의장이었다.

이 가이드라인은 AAHA(미국동물병원협회)가 전문가로 구성한 전문위원회에 의해 작성되었다. 이 문서는 가이드라인을 제시하는 것일 뿐, AAHA의 공식적인 진료 표준을 의미하지는 않는다. 이 가이드라인과 권고사항은 특정 단일 프로토콜, 진료 방식, 또는 시술 방법을 강제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

각 환자의 개별적인 필요, 병원의 자원, 그리고 각 병원 환경의 고유한 제한 사항에 따라 임상에서는 다양한 방식으로 변형 또는 조정될 수 있다. 가능하거나 적절한 경우에는, 각 권고사항을 뒷받침하는 근거 기반 자료를 함께 제시하였다.

다른 일부 권고사항들은 임상 현장에서의 실제 경험과 전문가들의 합의를 바탕으로 하고 있다. 일부 권고사항에 대해서는 이를 뒷받침하는 자료를 명확히 하기 위해 추가 연구가 필요하다. 각 환자의 상황은 모두 다르기 때문에, 수의사는 가장 신뢰할 수 있는 과학적 근거와 자신의 임상 지식과 경험을 함께 고려하여 진료 결정을 내려야 한다.

참고: 수의사는 제품을 선택할 때, 사람용으로 만들어진 제품과 수의용으로 개발되어 승인된 제품 중에서 선택할 수 있다. 수의 전용 제품의 제조사는 해당 제품이 개 또는 고양이용으로 FDA의 검토와 승인을 받을 수 있도록 상당한 자원과 비용을 투입한다. 이러한 제품들은 개와 고양이를 위해 특별히 설계·제조된 것이며, 단순한 사람용 제네릭(generic) 제품이 아니다. 따라서 AAHA는 수의 의료진에게 가능한 한 수의용 FDA 승인 제품을 사용하고, 재고·구매 결정을 내릴 때 환자에게 가장 유익한 제품을 기준으로 선택할 것을 권장한다.

AAFP (American Association of Feline Practitioners, 미국 고양이 임상수의사 협회); ASA (American Society of Anesthesiologists, 미국 마취과학회); BP (blood pressure, 혈압); CRI (continuous rate infusion, 지속정주 주입); ECG (electrocardiogram, 심전도); $ETCO_2$ (end-tidal carbon dioxide, 호기말 이산화탄소), ETT (endotracheal tube, 기관내관); GER (gastroesophageal reflux, 위식도 역류); HR (heart rate, 심박수); IM (intramuscular, 근육주사); NSAID (nonsteroidal anti-inflammatory drug, 비스테로이드성 소염제); NRC (nonrebreathing circuit, 비재호흡 회로); PPV (positive pressure ventilation, 양압 환기); RC (rebreathing circuit, 재호흡 회로); RR (respiratory rate, 호흡수), SpO_2 (percentage of hemoglobin saturated with oxygen, 산소포화도)

서론

"안전한 마취제는 없고, 안전한 마취 시술도 없다. 오직 안전한 마취 담당자만 있을 뿐이다." 이 문장은 모든 동물병원에서 마취 과정 전체에 적용되어야 할 기본 원칙이다.[1] 마취팀의 중요한 역할은 환자의 동반 질환과 시술 관련 위험을 파악하고, 수술 전후 통증과 스트레스를 최소화하여, 각 환자에게 안전하고 효과적인 마취를 제공하는 것이다. 또한 "마취"는 환자가 무의식 상태에 있는 시간에만 국한되지 않는다. 마취는 환자가 집에서 출발하기 전부터 시작하여, 수술 후 정상적인 생리 기능을 회복하고 통증이 거의 없는 상태로 집에 돌아갈 때까지 이어지는 연속적인 관리 과정이다. 이 연속 과정은 보호자가 집에서 진통제나 항불안제 등의 예방적 약물을 투여하고, 동물을 금식시키는 것에서 시작된다. 병원에서는 마취의 연속 과정이 다음의 4과정 전체를 포함한다: **전마취, 유도, 유지, 회복**. 마취는 마취 전 평가, 환자 상태의 안정화(필요 시), 모든 마취 장비의 철저한 준비, 그리고 마취의 모든 과정에서 사용할 약물의 적절한 선택과 정확한 용량의 계산으로 시작한다. 그 다음 과정은 유도와 주의 깊은 기관내 삽관이며, 이어지는 마취 유지 과정에서는 수술 중 모니터링과 생리적 기능 지원이 이루어진다. 이러한 모니터링과 지원은 회복 과정까지 계속 이어져야 한다. 수술 후 관리는 병원 의료진이 보호자와의 소통을 통해 병원에서와 집에서의 관리 내용을 안내하는 작업을 포함하며, 이를 통해 마취의 연속 과정이 완성된다. 모든 과정 동안 통증 관리, 보호자 및 의료진 간의 의사소통과 교육은 매우 중요한 요소이다.

이 가이드라인의 목적은 실제 임상에서 적용할 수 있는 관리 체계를 제공함과 동시에, 개와 고양이의 마취를 최대한 안전하게 수행하도록 돕는 것이다. 이 가이드라인은 포괄적으로 작성되었지만, 모든 내용을 완전히 포함하는 문서가 아니며, 단일한 정보나 임상 권고의 근거만을 제공하는 문서도 아니다. 보다 자세한 자료는 통증 관리 관련 문헌[2], 고양이 특정 마취·진통 관리 문헌[3], 질환·품종·수술 종류별 마취 권고와 결과를 다루는 학술 교과서 등에서 확인할 수 있다. 그러나 이 가이드라인은 가능한 한 직접 적용 가능한 형태로 작성되었다. 이러한 목적에 따라, 독자들은 본문에 포함된 시각적 구성 요소가 매우 유용한 자료임을 확인할 수 있다. 알고리즘, 그림, '팁' 상자, 표는 마취와 관련된 핵심 정보와 방법을 신속하게 확인할 수 있는 수단을 제공한다. 또한 더 자세한 자료는 온라인 자료센터(aaha.org/anesthesia)에서도 확인할 수 있다.

과정 1: 전마취

개별화된 마취/진통 계획과 보호자와의 소통

환자별 맞춤 마취 계획과 단계별 명확한 절차 수립은 마취 전 과정의 연속적 관리를 위해 필수적이다. 완전한 마취 계획은 마취의 모든 과정를 포함해야 하며, 각 과정에는 주술기 통증 관리가 반드시 포함되어야 한다. 각 환자는 개별적으로 관리해야 하지만, 반복적으로 사용할 수 있는 표준화된 마취 계획 세트를 마련하는 것도 적절하다. 이러한 계획은 마취 진료진이 자신들의 마취 프로토콜에 익숙해지도록 도우며, 동시에 각 환자의 상태에 맞추어 계획을 조정할 수 있는 유연성을 제공한다.

전마취 과정에는 마취 전 진정제와 진통제의 선택뿐 아니라, 환자의 마취 전 평가와 안정화(필요 시)가 모두 포함된다. 미국 마취과학회(American Society of Anesthesiologists, ASA)의 환자 분류 체계(1–5점)는 마취 전 환자의 건강 상태를 평가하고, 마취 전 안정화의 필요성을 결정하는 데 유용한 기준을 제공한다(해당 자료는 aaha.org/anesthesia에서 확인 가능하다). 한 연구에서는 ASA 점수가 1 또는 2에서 3으로 증가하거나, 3에서 4 또는 5로 증가할 때, 개와 고양이 모두에서 마취 관련 사망의 가능성이 증가하였다.[4] 또 다른 연구에서는, ASA 상태가 ≥3인 경우, ASA 상태가 ≤2인 경우와 비교했을 때 마취 관련 사망의 위험이 높았으며, 이때 고양이가 개보다 더 높은 사망 위험 비율을 보였다고 보고되었다.[4,5]

환자의 크기와 나이, 그리고 수술 또는 내과적 처치와 관련된 개별 위험 요인을 고려해야 한다.[4-6] 질환과 관련된 위험 요인은 가능하다면 교정하거나 최소화해야 한다(요약상자 "잠재적 마취 위험 요인과 위험 감소를 위한 조치" 참고).[6-8]
생리적 지표의 감시와 생리적 지원의 제공은 이상 반응의 발생 가능성을 줄이기 위한 마취 계획의 필수 요소이다.[4-6]
또한 마취 회복 계획과 퇴원 후 관리 계획 역시 매우 중요하다.[4-6] 마취 계획 전 과정에서는 인력, 장비, 약물의 확보 여부와 같은 병원 자원도 고려해야 한다.

환자 위험을 최소화하기 위한 추가적 조치로 마취-수술 체크리스트(aaha.org/anesthesia에서 확인 가능)의 활용이 권장된다. 이러한 체크리스트는 주술기 및 수술 중 기간에 발생할 수 있는 중대한 누락이나 오류를 예방하는 데 도움을 준다. 이러한 환자 안전 체크리스트는 모든 진정 또는 전신마취 일반 시술에 대해 환자의 의무기록의 일부로 생성해 사용할 수 있다.

권장 자료

2015 AAHA/AAFP 개·고양이 통증관리 가이드라인 (aaha.org/painmanagement-guidelines)

2018 AAFP 고양이 마취 가이드라인 (catvets.com/guidelines/practice-guidelines/anesthesia-guidelines)

2013 AAHA/AAFP 개·고양이 수액치료 가이드라인 (aaha.org/fluid-therapy-guidelines)

관련 자료

2015 AAHA 개·고양이 행동관리 가이드라인 (aaha.org/behavior)

2019 AAHA 개·고양이 치과 진료 가이드라인 (aaha.org/dentistry)

2019 AAHA 개(aaha.org/caninelifestage)와 2010 고양이(aaha.org/felinelifestage) 생애주기 가이드라인

잠재적 마취 위험 요인과 위험 감소를 위한 조치

전마취 과정에서 교정이 권장되거나 위급할 수 있는 상태

- 불안
- 통증
- 저혈당 BG <60 mg/dL
- 저체온 <37.2°C (99.0°F)
- 빈혈(심각도와 만성 여부에 따라 차이 있음)
- 탈수
- 생명을 위협하는 심장부정맥
- 전해질 및 산-염기 이상 (K >6.0 mEq/L, pH <7.2)
- 청색증
- 울혈성 심부전
- 핍뇨 또는 무뇨
- 기흉

마취 중 위험을 감소시키기 위한 조치

- 마취 중 위험을 감소시키기 위한 조치
- 마취 전 신체검사 및 기록
- 스트레스 감소와 마취제 요구량 감소를 위한 전처치
- 전담 마취담당자 배치
- 정맥약물 투여를 용이하게 하기 위한 IV 카테터 확보
- 산소 보충 및 호흡기능 모니터링(RR, $ETCO_2$, SpO_2)
- 심혈관 기능 모니터링(HR, BP)
- 심장 리듬 평가(ECG)
- 정상 체온의 모니터링 및 유지
- 회복기 동안 지속적인 환자 지원 및 모니터링
- 마취 및 회복 동안 환자 지표의 문서화(마취 기록지 사용)

BG, blood glucose (혈당); BP, blood pressure (혈압); ECG, electrocardiogram (심전도); $ETCO_2$, end-tidal carbon dioxide (호기말 이산화탄소); HR, heart rate (심박수); IV, intravenous (정맥); RR, respiratory rate (호흡수); SpO_2, percentage of hemoglobin saturated with oxygen (산소포화도)

1단계: 마취 전 평가 및 계획 시 고려사항

마취 전 평가

마취 전 환자 평가는 개별 위험 요인과 마취 계획에 영향을 미칠 수 있는 기저의 생리적 변화 또는 병적 이상을 파악하도록 하여 환자의 안전을 확보하는 데 매우 중요하다. 평가해야 할 요소는 다음과 같다:

· **병력**: 기존 질환이나 과거 약물 이상반응 등의 위험 요인을 확인한다. 부작용이나 약물 상호작용을 피하기 위해, 처방약과 비처방약(예: aspirin, 허브 제품, cannabidiol, 보충제 등)의 사용 여부를 명확히 확인한다.[9] 급성 또는 만성의 비정상 임상징후가 있는지 확인하며, 심혈관계, 호흡기계, 위장관계, 신경계, 근골격계/이동능력 등 각 시스템을 대상으로 한 개별 질문을 포함해야 한다. 의무기록에서는 이전 마취 이력도 확인해야 하며, 보호자와의 소통에서는 과거 마취 및 회복 과정에 대한 만족도를 묻는 질문을 포함한다. 병원에서는 회복 과정이 원활해 보일 수 있지만, 환자가 집에 돌아간 후 무기력, 오심, 구토, 불안정, 발성 증가와 같은 비정상 행동을 보일 수 있으며, 이는 통증 또는 다른 합병증을 시사할 수 있으므로 평가가 필요하다.

· **신체검사**: 전신마취 전 12-24시간 이내에 철저한 신체검사를 완료하고 기록해야 하며, 급성 임상 변화가 발생한 경우에는 마취 직전에 신체검사를 다시 시행해야 한다. 신체검사 기록이 누락된 경우, 개에서 사망 위험이 증가한다고 보고된 바 있다.[4]

· **나이**: 나이는 질병이 아니지만, 고령 환자에서는 질병 발생이 더 흔하며, 신생아와 소아 환자에서는 생리적 시스템이 미성숙할 수 있다. 심하게 높은 연령 또는 매우 어린 연령은 심혈관계, 호흡기계, 신장, 간, 신경계의 기능 변화 또는 미성숙으로 인해 약물 반응이 달라질 수 있으므로, 마취 위험을 증가시킬 수 있다.[4-6] 예를 들어, 이러한 연령대에서는 저혈압이나 저체온에 대해 충분한 생리적 보상 반응을 보이지 못할 수 있다. 신생아와 소아 환자는 저혈당의 영향을 받기 쉽고, 고령 환자는 인지 기능 저하의 영향을 받을 수 있다. 또한, 한 연구에서는 고령견의 전마취 선별검사에서 비교적 높은 비율의 건강 이상이 확인되었으며, 이 중 일부는 마취의 취소 또는 변경을 필요로 할 수 있다고 보고하였다.[10]

· **품종/크기**: 품종 특이적인 마취 '민감성'으로 확인된 것은 많지 않다. 그레이하운드는 barbiturate계열과 같은 일부 마취제를 투여받은 후 회복이 지연될 수 있으며, 전신마취와 관련된 고칼륨혈증이 발생할 수 있다.[11,12] 다중 약물 내성 유전자(현재 ABCB1 또는 adenosine triphosphate binding cassette subfamily B member 1) 변이가 있는 품종은 acepromazine과 잠재적으로 butorphanol의 용량을 감소하여 투여해야 한다.[13] 반대로, 품종 특이적인 해부학적 특징이나 기저 질환의 경향은 마취에 흔히 영향을 준다. 예를 들어, 단두종의 개와 고양이는 상부기도 폐쇄에 더 취약하며, 단두종은 비단두종과 비교하여 기도 관련 마취 합병증 발생률이 더 높다고 보고되었다.[14] 일부 개 품종(예, Cavalier King Charles Spaniel)과 고양이 품종(예, Maine Coon)은 심장 질환에 대한 기저 소인이 있을 수 있다.[15] 그 밖에도, 많은 소형견에서 보이는 기관 허탈, 품종 관련 신장 또는 간 기능 장애, 시바 이누의 낮은 적혈구내 칼륨 농도, 고양이의 독특한 약물 대사 특성 등 품종과 관련된 질환들도 마취에 영향을 줄 수 있으므로 고려해야 한다.[16] 품종과 관련된 크기 역시 마취에 영향을 준다.[6] 극단적인 소형/토이 견과 모든 고양이는 저체온에 더 취약하고 기관내 삽관과 모니터링이 더 어려워 마취 합병증의 위험이 증가한다. 이들 환자에서는 정확한 수액량을 전달할 장비(예: syringe pump, buretrol 등)를 사용하지 않는 경우 수액 과부하가 발생할 수 있으며, 고농도 약물, 대용량 주사기, 대용량 수액백을 사용할 경우 약물 과다 투여가 쉽게 발생할 수 있다. 반대로 초대형견에서는 체표면적 기준을 고려하지 않고 mg/kg 기준만 적용하면 과다 투여의 위험이 더 커질 수 있다.

· **기질**: 두려움, 불안, 스트레스는 공격성, 숨기, 도망가기, 얼어붙기 등 여러 형태로 나타날 수 있다. 이러한 행동이 관찰되는 경우, 환자는 병원으로 이동하기 전에 집에서 항불안 효과를 제공하여 두려움을 감소시키는 약물을 투여받는 것이 도움이 될 수 있다. 공격적인 성향은 전마취 평가를 제한하거나 진정 이전의 신체검사를 불가능하게 하여, 이상 소견을 확인하기 어렵게 만들고 마취 위험을 높일 수 있다. 불안한 환자는 종종 고용량의 진정제 또는 안정제가 필요하며, 이때 호흡기계 및 심혈관계 억제가 초래될 수 있다. 선택적 시술의 경우, 병원 내원 전 불안을 조절하기 위한 계획을 세운 뒤 일정 변경을 고려할 수 있다. 반대로, 차분하거나 우울한 동물에서는 진정 또는 마취를 위한 약물 용량을 더 낮출 필요가 있다.

· **환자 진단법**: 위험 요인과 환자 특이적 고려사항은 개별화된 마취 계획을 수립하기 위한 기본 체계를 제공하며, 추가 진단 검사, 마취 전 안정화, 또는 만성 약물의 조정 필요성을 시사할 수 있다 (요약상자 "마취 당일 만성 약물에 대한 권고사항" 참고). 각 환자에 대한 진단 검사는 기본 검사인 전혈구검사, 혈청화학검사, 요검사를 포함할 수 있으며, 혈압(blood pressure, BP), 심전도(electrocardiogram, ECG), 심장초음파 또는 초음파와 같은 영상검사를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 신장·심혈관·내분비 질환이 있는 환자에서는 BP를 일상적으로 측정해야 한다. 현재, grain-free 사료를 급여받는 개는 확장형심근병증과의 잠재적 연관성 때문에 심장 수축력을 평가하기 위한 심장초음파 검사를 시행해야 한다.[17] 실험실 검사와 마취 사이의 최소 기간에 대한 근거는 없다. 다만, 검사 결과가 정상이고 환자가 임상적으로 건강한 경우에는 ≤3-6개월의 검사 결과를 합리적인 기준으로 간주할 수 있다. 반대로, 검사 수치 또는 환자의 건강 상태가 비정상인 경우, 마취 직전에 진단 검사를 다시 시행해야 한다.

기타 계획 고려사항

· **시술의 종류**: 환자의 성향과 동반 질환에 더해, 시술의 침습성 정도, 수술 시간, 예상 통증 강도를 고려해야 한다. 길고 침습적이며 잠재적으로 통증이 예상되는 시술(예: 치과 처치, 선택적 난소자궁적출술 또는 거세, 정형외과적 시술)이나 기도가 손상되어 있거나 기도 수술을 받는 환자는 기도 확보를 포함한 전신마취가 필요하다. 반면, 건강한 환자에서는 짧고(<30분) 덜 침습적인 시술(예: 진단적 시술, 관절 주사, 봉합 제거, 경미한 상처 관리)에서 진정이 적절할 수 있다. 그러나 강한 진정이 모든

환자에 적합한 것은 아니며, 실제로 마취 관련 사망 위험을 증가시킬 수 있다.[5] 예를 들어, 고령이거나 내과적 문제가 있는 환자에서는 짧은 전신마취가 진정보다 스트레스가 적고 더 잘 통제되므로 더 바람직하다. 또한 일부 시술은 구강·안과 처치처럼 환자에 대한 신체적 접근이 제한될 수 있으므로, 모니터링, 카테터 확보 등에 대한 개별화된 계획이 필요하다.

- **임상 의료진 교육**: 훈련된 임상 의료진는 안전한 마취를 위해 필수적이다. 훈련된 의료진의 인원수와 훈련 수준은 업무 효율성과 일정 운영에도 영향을 미친다. 또한 의료진 교육은 마취의 특정 영역에도 긍정적인 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 국소 및 부위 마취 기법에 대한 교육은 이 기법들의 주술기 사용을 촉진하는 데 도움이 된다.
- **시간대**: 하루 중 늦은 시간이나 정규 진료 시간이 지난 후에 시행되는 시술에서는 마취 위험이 증가하는 것으로 보고되어 있다.[4,6] 이는 안정화 시간이 부족하고, 가용 의료진이 제한되며, 의료진의 피로가 복합적으로 작용하기 때문이다. 또한 이러한 시술 중 많은 부분이 예약된 선택적 시술이 아니라, 응급 또는 긴급 시술이라는 점도 마취 사망 위험 증가와 관련되어 있다.[5,6] 비응급 시술은 준비와 계획을 충분히 할 수 있는 다음 정규 진료일에 시행하는 것이 가장 바람직할 수 있다. 가능하다면, 중환자는 충분한 마취담당 진료진의 회복기 관리 시간을 확보하기 위해 하루 초반에 마취를 시행하는 것이 좋다.

2단계: 보호자 소통/교육

초기 마취 계획이 수립되면, 마취 절차와 개별 환자의 위험 요인에 대한 관련 정보를 반려동물 보호자에게 설명해야 한다. 안전성에 대한 우려 때문에, 보호자는 예방적 치과 처치나 진단적 영상 검사처럼 전신마취가 필요한 선택적 시술을 승인하는 데 주저하는 경우가 있다. 이러한 우려는 수의 진료진과 보호자 간의 적절한 소통, 그리고 마취 전체 과정에 대한 보호자 교육을 통해 가장 효과적으로 완화될 수 있다. 추가 자료는 aaha.org/anesthesia에서 확인할 수 있다.

보호자와의 소통에는 마취 절차의 전체적인 설명과 잠재적 위험 요인에 대한 논의가 포함되어야 하며, 이는 시술 전 서면 동의서를 받기 전에 이루어져야 한다. 건강한 개와 고양이에서 마취 관련 사망 위험은 개에서 0.05% (1/1,849, 95% 신뢰구간 0.04–0.07%), 고양이에서 0.11% (1/895, 95% 신뢰구간 0.09–0.14%)로 추정되었으며, 사망은 수술 후 첫 3시간 이내에 가장 많이 발생하였다.[6,18] 이 수치는 보호자에게 우려를 줄 수 있다. 하지만, 마취 의료진이 건강 상태, 품종, 나이, 예상 통증 수준, 수술 계획 등 여러 요소를 고려하여 반려동물에 개별화된 마취 계획을 수립한다는 점을 설명하면, 이러한 두려움이 완화될 수 있다. 환자의 상태에 맞게 개별화된 마취 계획을 세우면, 전담 마취담당자가 수행하는 환자 특이적 모니터링과 함께 마취 의료진이 최상의 진료를 제공할 수 있다. 마취 의료진은 보호자에게 이러한 조치들이 시술 중과 회복 기간 모두에서 마취 합병증을 줄이는 데 도움이 된다는 사실을 명확하게 전달해야 한다.

통증 관리와 환자의 안위는 반려동물 보호자에게 일반적으로 매우 중요한 부분이며, 각 환자의 마취 계획에서 필수 요소로 강조되어야 한다. 보호자에게는 집에서 병원으로 이동하기 전부터, 병원 도착 후 마취 전·후 기간, 그리고 집에서의 회복 단계에 이르기까지, 환자의 불편감과 스트레스를 최소화하기 위해 다양한 통증 관리 및 스트레스 감소 기법이 적용될 것임을 설명하여 안심시켜야 한다. 반려동물에게 집에서 투여하는 진통제나 항불안제가 필요할 수 있으며, 이러한 약물의 필요성 및 기대되는 이점에 대해서도 보호자에게 설명해야 한다. 보호자와의 소통 전반에서 가장 중요한 목표는, 마취 의료진이 최대한 안전한 마취를 제공하기 위한 충분한 배려, 전문성, 기술적 역량을 갖추고 있다는 점을 보호자가 확신할 수 있도록 하는 것이다.

과정 2: 마취 당일

1단계: 마취는 집에서부터 시작된다.

마취 과정의 시작은 반려동물의 보호자가 집에서 수행하는 금식과 내원 전 마취 의료진의 지시에 따른 약물의 투여이다. 모든 연구 근거가 일치하는 것은 아니지만, 최근에는 건강한 성견·성묘의 권장 금식 시간이 과거보다 전반적으로 더 짧아지는 추세다. 이는 임상 경험과, 짧은 금식이 위식도 역류(gastroesophageal reflux, GER) 발생을 줄이는 등 여러 이점을 가진다는 연구 결과에 근거한다. 특히 당뇨병 환자와 신생·소아 환자에서는 짧은 금식이 매우 중요하다(**그림1**). 반려동물이 현재 복용 중인 대부분의 약물은 마취 당일에도 계속 투여해야 하지만, 일부 예외가 있으며, 특히 일부 심장 약물이 해당된다(요약상자 "마취 당일 만성 약물에 대한 권고사항" 참고). 진통제(예: 비스테로이드성 소염제[nonsteroidal anti-inflammatory drugs, NSAIDs])는 이미 복용 중이거나, 시술 직전에 새롭게 투여할 수 있다. 환자가 이동 중 멀미를 겪는 경우, 병원으로 이동하기 전에 maropitant을 투여하여 구토를 예방하는 것을 고려해야 한다. 또한, 난폭하거나 공격적이거나 두려움이 큰 환자에게는 항불안제를 반드시 투여해야 하며, 동물병원 방문 동안 어느 정도의 두려움·불안·스트레스가 나타나는 환자에서도 적극적인 투여를 고려해야 한다. 이를 위해 gabapentin과 trazodone이 흔히 사용되며, 이 약물들과 다른 방문 전 약물의 용량은 **그림2**에 제시되어 있다.

마취 당일 만성 약물에 대한 권고사항 *

정해진 일정대로 지속 투여해야 하는 약물:
- 갑상선 약물: 갑상선 호르몬 보충제, methimazole (항갑상선제)
- 행동 조절 약물 및 진통제: 갑작스러운 중단은 권장되지 않음
- 경구 항불안제: 두려움과 불안을 줄이기 위함
- 심장 약물: pimobendan, furosemide
- 항생제
- 스테로이드: 갑작스럽게 중단해서는 안 됨

마취 당일 중단해야 하는 약물:
- 항고혈압제, 특히 ACE 억제제: enalapril, benazepril[8]
- 항응고제: 출혈 위험도에 따라 마취 2주 전 중단이 필요할 수 있음

보호자에게 별도 지시가 필요한 약물:
- 인슐린: 저혈당 위험으로 인해 금식 중인 환자에게는 전체 용량을 투여해서는 안 됨

* 이 목록은 모든 약물을 포함하는 것은 아니며, 투여를 지속하거나 중단해야 하는 약물 중 특히 중요한 항목에 초점을 둔 것이다.
ACE, angiotensin-converting enzyme (안지오텐신 전환효소)

환자 상태	절수		절식				습식 사료	처치 & 투약				기타
	0* hr	6-12 hrs	1-2 hrs	2-4 hrs	4-6 hrs	6-12 hrs		혈당 감시	장기 구강 투약†	항구토제§ 제산제 소화제	인슐린	
건강	✓				✓				✓			
<8주/ <2 kg	✓		≤1-2 hrs				✓ 마취 전	마취 전/중/후	✓			당일 첫 마취로 진행
당뇨	✓			✓			2-4시간 전, 식사량의 1/2	마취 전/중/후	✓		2-4시간 전, 1/2용량	당일 첫 마취로 진행
구토의 이력 /위험		✓				✓	4-6시간 전, 식사량의 10%-25%		✓	✓		
응급		가능한 빨리								✓		마취 전 환자의 안정화

*0시간 = 음수 제한 없음
†경구용 의약품은 소량 (15-30 mL) 의 습식 사료와 함께, 혹은 식용 반죽과 같은 물질로 코팅된 알약으로 투여 가능
§항구토제는 마취 전 약물로 인한 구토를 줄여 환자의 편안함을 높일 수 있으므로 모든 마취 프로토콜에 추가할 수 있다.
"마취 당일 만성 약물 복용에 대한 권장 사항" 상자를 검토하라. 건강한 환자의 경우 임상적 판단을 통해 마취 전 소량의 원내 간식을 주어 환자의 보정을 용이하게 하거나 스트레스를 줄이는 것이 도움이 될지 결정한다.

그림 1 마취 전 개와 고양이에 대한 급여 및 처치 권장사항

원하는 효과	약물 옵션	건강한 환자		예시	질병을 가진/아픈 환자	
낮은 FAS	Gabapentin			방문 2-3시간 전 50-150 mg/cat PO, 20-40 mg/kg PO (개)		
	Trazodone			3-7.5 mg/kg PO (개)		
	Alpha-2 agonist			Dexmedetomidine gel OTM. 환자 크기에 따른 라벨 용량 사용**		
가벼운 진정	Opioid			Butorphanol 0.2-0.4 mg/kg IV/IM		
	Benzodiazepine			Midazolam 0.2 mg/kg, IV/IM		
중등도의 진정	Opioid			Butorphanol 0.4 mg/kg IM 또는 Buprenorphine 0.02 mg/kg OTM (고양이)		
	Tranquilizer			Acepromazine 0.01-0.03 mg/kg IM (개)*, 0.025-0.1 mg/kg IM (고양이)†		
	Benzodiazepine			Midazolam 0.2 mg/kg, IV/IM		
	Alpha-2 agonist			Dexmedetomidine 3-7 µg/kg IM (개) 또는 3-10 µg/kg IM (고양이) 또는 0.04 mg/kg OTM (고양이)		
무거운 진정	Opioid			Butorphanol 0.2-0.4 mg/kg IM		
	Benzodiazepine			Midazolam 0.2 mg/kg, IV/IM		
	Alpha-2 agonist			Dexmedetomidine 7-15 µg/kg IM (개) 또는 10-20 µg/kg IM (고양이)		
	Neurosteroid			Alfaxalone 1-2 mg/kg IM§		
	Dissociative			Ketamine 1-2 mg/kg IM		

이 차트를 사용하는 법:

1. 원하는 진정 수준을 선택한다.
2. 사용 가능한 약물 조합을 고려한다.
3. 개 또는 고양이 환자의 건강 상태를 평가한다.
4. 환자의 태도, 예상되는 시술의 시간, 시술로 인한 통증 정도 및 기타 요인을 고려해서, 수의사 및 환자의 요구사항에 맞는 색상 조합을 선택한다.
5. 다른 진정제와 병용시에는 약물 용량의 가장 낮은 범위를 사용해야 한다는 점을 기억하면서, 적절한 약물 조합을 선택한다.

*총 투여량 최대 2-3 mg
†총 투여량 최대 1 mg
§작은 환자에게 적합
**다루기 힘든 환자들에게 주차장에서 투여

FAS, fear, anxiety, stress; OTM, oral transmucosal administration

그림 2 항불안제, 진정제, 그리고 전처치 약물

2단계: 장비 준비

전신마취 또는 진정하 시술을 시작하기 전에 모든 장비와 모니터가 켜져 있고, 정상적으로 작동하며, 필요한 안전 점검을 완료했는지 확인하는 것은 매우 중요하다. 마취기, 호흡회로, 기관내관(endotracheal tube, ETT), 후두경과 같은 삽관 도구, 그리고 마취 모니터 등 모든 필수 장비가 준비되어 있어야 한다. 마취 장비는 "생명과 직결"되며, 장비가 최적으로 작동하지 않거나 잘못 사용되면 환자의 상태에 심각한 악영향을 줄 수 있다. 마취기는 호흡회로 (비재호흡 회로[nonrebreathing circuit, NRC] 또는 재호흡 회로[rebreathing circuit, RC])와 함께 사용되며, 환자에게 산소(O_2) 와 흡입마취제를 전달하고 환자가 이산화탄소(CO_2)를 재호흡하지 않도록 설계되어 있다. 마취기와 호흡회로는 환자 호흡기계의 일부가 되며, 올바르게 작동하면 호흡 기능을 지원하지만, 잘못 작동하면 호흡 기능을 저해할 수 있다. 모든 마취기에 반드시 갖추어야 할 두 가지 핵심 안전 장치는 (1) 회로 내 압력계와 (2) 안전 pop-off 밸브가 있다(예시는 aaha.org/anesthesia에서 확인 가능). 압력계는 수동 및 기계적 호흡을 안전한 압력으로 제공할 수 있게 하고, 기관 내에서 ETT 커프가 밀폐되었는지 누출 점검을 가능하게 하며, 기도압 상승을 시각적으로 확인할 수 있게 한다. 안전 pop-off 밸브는 과도한 기도압을 방지하여 압력손상의 위험을 줄인다. 이 밸브는 대부분의 마취기에 설치할 수 있으며 두 종류의 호흡회로 모두에서 사용할 수 있다.

마취 담당자는 모든 필요한 장비를 사용하기 전에, 해당 장비의 올바른 사용법과 기능을 이해하고, 장비를 설치하고, 점검, 문제를 해결할 수 있어야 하는 책임이 있다. 장비 준비는 체크리스트(aaha.org/anesthesia 참고)에 따라 이루어져야 하며, 이는 하루 동안 시행해야 하는 일반적인 장비 준비 작업(예: CO_2 흡수제를 용기에 채우기)과 각 환자에게 필요한 개별 준비 작업(예: 매회 사용 전 마취기 압력 점검)을 명시한다.

2a단계

병원 산소 공급 탱크 또는 E-탱크의 O_2 압력이 200 psi 이상인지, 또는 산소 발생기가 정상 작동 중인지 확인한다. 기화기는 액체 흡입마취제로 채워둔다. 환자가 RC 를 사용할 예정이라면, CO_2 흡수제 용기는 8시간 사용 후 교체해야 하며, 이는 마취 건수에 따라 대략 하루 또는 일주일 단위가 될 수 있다.

2b단계

호흡회로를 마취기에 연결한다. 호흡회로를 선택할 때, NRC는 고양이와 소형견(<3-5 kg)에서 일반적으로 사용된다. 이는 RC에 비해 호흡 저항이 적고 장비 사강(dead space)이 낮기 때문이며, 이 두 요소 모두 작은 환자에서 중요한 고려사항이다. 장비 사강이 과도하면 CO_2의 재호흡이 발생하고, 그 결과 고탄산혈증이 발생한다. 사강은 가능한 최소로 유지해야 하며, ≤2-3 mL/kg, 즉 총 일회호흡량의 ≤20% 정도가 적절하다. 호흡회로의 환자 말단(흡기와 호기 가스가 섞이는 지점)은 사강이 생기기 쉬운 부위이다. 사강이 작은 소아용 회로는 작은 환자에게 사용을 권장한다. NRC에서는 높은 O_2 유량은 CO_2 재호흡을 방지하고 기화기 설정을 조정할 때 마취 깊이 변화가 더 빠르게 나타나도록 한다. 따라서 NRC 사용 시 권장 O_2 유량은 ~200-400 mL/kg/min이다.[19] 유량의 적절성은 capnograph로 모니터링해야 하며, 흡기 CO_2를 <5 mmHg로 조절한다. 호기 라인에 폐색이 발생하면, NRC는 산소 유량이 높기 때문에 폐색 시 회로가 빠르게 가압되어, 수 분 안에 기도 손상 및/또는 순환 협착이 발생할 수 있다. 또한 산소 flush 밸브는 NRC를 통해 호흡 중인 환자에게 절대 사용해서는 안 된다. 이 밸브는 고압 유량을 환자의 기도에 직접 전달하여 압력손상을 유발할 수 있기 때문이다. 고양이와 소형견은 폐 용적(평균 고양이 폐 용적 ~400 mL)이 작기 때문에 높은 기도압 손상의 위험이 증가한다. 안전을 위해, 호흡회로의 호기 라인에 고압 알람을 설치할 수 있다. 이 장치는 가스가 빠져나오지는 않지만, 회로 압력이 상승할 경우 큰 경고음을 낸다. 예시는 aaha.org/anesthesia에서 확인할 수 있다.

재호흡 회로(즉, 순환 시스템)는 경량 플라스틱 재호흡 호스와 최소한의 사강을 갖고 있으며, 일반적으로 3-5 kg 이상의 환자에서 사용된다. 소아용 RC는 성체용 호스에 비해 장비 사강이 더 적은 경향이 있으며, NRC를 사용할 수 없는 경우, 3-5 kg 이하의 환자에서도 사용할 수 있다. RC는 일방향 밸브의 정상적인 기능과 CO_2 흡수제에 의존하여 가스의 단방향 흐름을 보장하고, CO_2 재호흡을 방지한다. 밸브 기능의 적절성은 회로를 통해 직접 숨을 들이쉬고 내쉬면서 흡기 시와 호기 시 각각 올바른 밸브가 움직이는지 시각적으로 확인하여 평가할 수 있다. 마취 유지 단계에서는 총 O_2 유량이 일반적으로 20-40 mL/kg/min이어야 하며, 정확한 기화기 출력 유지를 위해 최소 500 mL/min이 필요하다. 낮은 유량의 이점에는 환경 오염 감소, 환자가 실제로 흡입하지 않은 휘발성 흡입마취제와 O_2의 소비량 감소(즉, 환자가 실제로 흡입하지 않은 흡입마취제), 수분과 열 보존이 포함된다. 한편 RC 사용 시 낮은 유량의 단점은 기화기 설정 변경 후 마취 깊이가 변하는 데 걸리는 시간이 길어진다는 점이다.

2c단계

각 환자를 마취하기 전과 호흡회로 구성 요소를 교체한 후에는 마취기와 호흡회로의 누출 테스트를 반드시 시행해야 한다. 이 안전 절차는 환자에게 O_2 가 제대로 공급되고 있으며, 흡입마취제의 누출 위험이 최소화되어 있음을 확인하는 과정이다. 이 단계에서 조절식 압력 제한 밸브(pop-off 밸브)는 반드시 닫혀 있어야 한다. 호흡회로의 끝을 막고, O_2 유량을 증가시켜 마취기 회로 압력이 압력계에서 20-30cm H_2O에 도달하도록 한다. 그 후 산소를 끄면, 압력계의 지침은 변함없이 유지되어야 한다. 누출이 없는 경우, pop-off 밸브를 연 뒤, 호흡회로의 차단을 해제한다. 반대로 누출이 발견되면, 그 마취기는 즉시 사용에서 제외하고 문제 해결 절차를 시행해야 한다.

2d단계

의료진의 마취 가스 흡입을 제한하거나 제거하기 위해, 스캐빈징 시스템의 올바른 설정을 반드시 확인한다. 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration)에서는 관련 권고 지침을 제공하고 있으나, 일부 미국 주에서는 폐기 마취가스 관리에 대한 별도의 규정을 두고 있다. 능동형 스캐빈징 시스템은 수동형 스캐빈징 시스템(예: 활성탄 용기) 보다 훨씬 더 효과적이다. 폐기 마취가스에 대한 추가 정보는 미국 수의마취통증의학 인정의(ACVAA, American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia)에서 제공한다.[20]

2e단계

기도 관리를 위해 적절한 크기의 ETT와 삽관 도구(예: 삽관용 심, 후두경)을 준비하고, 유도 전에 실시하는 사전 산소공급을 위한 안면 마스크를 함께 준비한다. 수의사는 여러 종류의 ETT를 선택할 수 있는데, 투명 커프(cuff)가 있는 폴리염화비닐

튜브, 실리콘 튜브, 자체 밀폐형 배플(baffle) 튜브 등이 있다. 또한 삽관을 필요로 하지 않는 supraglottic 기도 기구는 고양이와 토끼의 기도 관리에 사용할 수 있다. 다양한 기도 기구의 장단점은 aaha.org/anesthesia에서 확인할 수 있다. ETT 꺾임 어댑터와 capnograph 어댑터는 사강을 유발하는 요인이 된다. 사강을 줄이면서 기도 저항을 증가시키지 않기 위해서는, capnograph 및 꺾임 어댑터의 직경이 항상 ETT의 내경보다 커야 한다. 꺾임 어댑터 1개는 최대 8 mL의 사강을 추가할 수 있으며, 이는 작은 환자에서는 과도할 수 있다. 따라서 사강이 낮은 어댑터 사용이 권장된다.

마취 장비 안전 팁

- 마취의 안전성을 높이기 위해, 환자 호흡회로에는 압력계와 안전 pop-off 밸브를 반드시 포함해야 한다. 특히 안전 pop-off 밸브는 밸브가 닫혀 있을 때 기도압이 급격히 상승하는 것을 방지하여, 압력 손상의 위험을 줄여준다.
- 산소의 흐름을 따라가며 마취 장비와 호흡회로의 구성 요소를 이해하는 방법도 효과적이다. 즉, 산소 공급원 → 마취기 → 호흡회로 → 환자 → 재호흡백(또는 NRC의 저류백) → 스캐빈징 시스템 순으로 흐름을 추적하면, 마취기와 호흡회로의 주요 부분을 쉽게 익힐 수 있다.

3단계: 환자 준비

마취와 수술은 기존의 생리적 문제를 악화시킬 수 있으므로, 환자는 마취 전에 반드시 안정화되어야 한다. 안정화는 환자 특이적(patient-specific)이며, 급성 안정화(예: 수술 직전의 즉각적인 IV 체액요법 및 진통 제공)와 만성 안정화(예: 심장병 치료를 시작하고 2-4주간의 치료 후 마취 일정을 다시 잡는 경우)를 포함한다.

마취 당일에는 반드시 정확한 환자 체중을 측정해야 한다. 모든 약물 용량은 환자의 제지방량(lean 체중)을 기준으로 계산해야 한다. 지방 조직은 분포용적에 거의 기여하지 않기 때문에, 마취 약물의 용량에 거의 영향을 미치지 않아, 마취 약물 용량의 기준이 되지 않는다. 마취 기록을 준비하고 환자 특이적 응급약물 용량을 미리 계산하는 것은 잠재적인 마취 합병증에 대비하는 데 중요한 단계이다. 거의 모든 상황에서 IV 카테터의 삽입은 마취 환자 관리에서 가장 적절한 방식이다. IV 카테터는 추가 마취제, 진통제, 수액, 그리고 필요 시 응급약물의 투여를 가능하게 해준다. 아주 짧은 시술을 받는 환자는 반드시 수액요법이 필요하지 않을 수 있지만, 그럼에도 불구하고 IV 카테터 삽입의 이점은 명확하다.

4단계: 마취 프로토콜

4a단계. 통증 관리

연속적으로 진행되는 마취의 전 과정에서 효과적인 진통은 환자의 건강과 복지의 필수 구성 요소이다. 진통은 전신마취의 중요한 요소로서 여러 가지 이점을 가진다.[21] 첫째, 진통은 마취 유지에 필요한 흡입마취제 투여량을 감소시켜 흡입마취제 용량의존적 부작용(예: 저혈압, 저환기)의 가능성을 낮춤으로써 마취의 안전성을 향상시킨다.[22] 둘째, 적절한 진통 제공은 빈맥, 고혈압, 위장관 운동 저하, 상처 치유 지연, 통증 민감도 증가, 행동 변화 등과 같은 통증 관련 부작용을 줄여 환자 예후를 최적화한다.[23,24] 셋째, 동물에서는 아직 명확히 입증되지는 않았으나, 주술기 진통 제공이 급성 통증에서 기원하는 만성 통증의 발생을 감소시킬 가능성이 있다.[25]

통증은 복합적이고 다차원적인 감각으로, 그 기원 또한 여러 가지일 수 있다. 따라서 단일 약물 또는 단일 약물 계열만으로 통증을 조절하는 것은, 특히 중등도 이상의 통증에서는 충분한 진통 효과를 기대하기 어렵다. 통증 경로의 여러 지점에서 작용하는 여러 약물과 기법을 함께 사용하면, 여러 부위·여러 원인에서 발생하는 통증을 완화하거나 소실시킬 수 있다. 예를 들어, 항염증제는 통각수용기의 활동을 감소시키고, 국소마취제는 통증 신호의 전달을 차단하며, opioid 또는 α_2 작용제는 중추신경계에서 수용체 반응을 감소시킨다. 이러한 개념은 다중기전(multimodal) 진통 또는 균형 진통이라고 하며, 보다 강력한 진통 효과를 제공할 뿐 아니라 필요한 마취 약물의 용량을 추가적으로 줄여 마취의 안전성을 높인다.[23] 다중기전 진통을 사용하면 최근의 opioid 공급 부족과 같은 약물 공급 문제의 영향도 완화할 수 있다. 균형 잡힌 진통 프로토콜에는 선제적 또는 예방적 진통, 통증의 종류·강도에 적절한 지속 기간의 진통이 포함된다. 선제적 진통 약물 투여는 수술 중과 수술 후의 진통제 요구량을 감소시킨다.[23] 비록 동물에서 충분히 연구되지는 않았지만, 동물의 적절한 진통 기간은 유사한 형태의 통증을 겪는 인간에서 요구되는 치료 기간을 근거로 추정할 수 있다. 이는 포유류 간에 통증 경로가 매우 유사하기 때문에 타당하다.[26] 동물은 통증을 감추는 경향이 있으므로, 치료 기간은 통증 징후의 유무가 아니라, 통증의 예상 지속 기간에 대한 과학적 근거를 기반으로 결정해야 한다.

진통 프로토콜 구축: 아래는 주술기 진통에 대한 개요이다. 보다 심층적인 정보는 AAHA/미국고양이수의사회(AAFP) 통증 관리 가이드라인과 세계소동물수의학회 진통 가이드라인을 참고할 수 있다.[2,27] 진통 약물은 마취의 네 가지 과정(전마취, 유도, 유지, 회복)에 각각 배치하여 사용할 수 있다. 프로토콜을 설계할 때opioids가 가장 먼저 고려되는 약물 계열인 경우가 많다. 이 방식은 마취 계획을 세우는 데 효율적일 수 있지만, 통증의 발생 원인과 진통 약물의 작용기전을 고려할 때 항염증제와 국소마취제를 중심으로 진통 프로토콜을 구성하는 것이 더 효과적이다. 염증은 일반적으로 급성 통증의 주요 구성 요소이며, 급성 통증 증후군의 병리적 기전 대부분을 형성한다. 따라서 염증을 조절하면 추가적인 조직 손상을 줄이고 치유 속도를 높일 수 있다. 전통적 NSAID 또는 grapiprant와 같은 항염증제는 적응증에 해당하는 모든 환자에게 투여해야 한다.

국소마취제는 나트륨 통로를 차단하여, 차단된 신경에서 전달되는 통증을 완전히 제거한다. 이러한 이유로 다음과 같은 권고가 제시되었다. "가능한 한 모든 외과적 시술에서 국소마취제를 사용해야 한다."[2] 전문위원회는 매우 간단한 술식부터 일반적으로 시행되는 시술에 이르기까지, 국소마취의 사용을 강력히 권장하며, 그 대표적인 기본 기법은 **그림3-5**에 제시되어 있다.

비록 opioid가 통증의 근원을 차단하거나 통증 신호 전달을 완전히 막지는 못하지만, 강력하고 작용이 빠르기 때문에 급성 통증 완화에 매우 효과적이다. 완전 μ-opioid 수용체 작용제 (예: morphine)는 가장 강력한 진통제이지만, 규제 관리의 영향을 가장 많이 받는 약물이다. Buprenorphine은 중등도의 진통 효과를 가지며, 대부분의 완전 μ-opioid 작용제 보다 작용 시간이 더 길다(4-6시간). 고양이용으로 FDA 승인을 받은 buprenorphine 제제는 24시간의 진통 효과를 제공한다. Butorphanol은 경도에서 중등도 정도의 진통 효과만 가지며, 작용 시간도 짧다(개에서는 <60분, 고양이에서는 90분).[27] Opioid 선택 시 고려사항은 **그림6**을 참고한다.

항염증제, 국소 차단, 그리고 opioid를 선택한 후에는 부가 약물을 추가해야 한다. Dexmedetomidine과 medetomidine은 진정과 진통을 모두 제공하며, 그 진통 효과는 opioid와 상승작용을 이루기 때문에 효능이 상대적으로 약한 opioid의 효과를 강화한다.[28] Ketamine은 다중기전 프로토콜에서 비마취용량(subanesthetic dose) 지속주입으로 사용될 경우 중추 감작의 발생을 예방하거나 감소시킨다. 중추 감작은 통증 강도를 현저히 증가시키는 병적 상태이다.[27]

효과에 대한 근거 수준이 상대적으로 낮은 부가 약물로는 maropitant와 gabapentin이 있다. 최소폐포농도의 감소가 반드시 진통을 의미하는 것은 아니지만[22], maropitant는 고양이(표기 용량 투여)와 개(지속주입)에서 최소폐포농도를 감소시키는 효과가 보고되었다.[29,30] Maropitant가 진통제가 아닐 수 있더라도, 구토 감소로 인한 환자 편안함 증가라는 이점 때문에 마취 프로토콜에 포함할 만한 가치가 있다. Gabapentin은 만성 신경병성 통증 치료에 사용되지만, 급성 염증성 통증에 대해 유의미한 진통을 제공할 가능성은 낮다. 그러나 기존에 신경병성 통증이 있는 환자에서는 최소 10 mg/kg q 8 hr 용량으로 투여할 경우 적응증이 될 수 있다.[31,32] Tramadol은 개에서 급성 통증 완화 효과가 거의 없는 것으로 보고되었다.[33] 고양이에서는 특히 다중기전으로 사용될 때 비교적 효과가 있을 가능성이 있으나, 고양이는 tramadol의 맛에 매우 민감하게 거부 반응을 보인다.[34,35] 또한 tramadol은 규제 약물(2025년 미국 기준이며, 현재 한국은 아님)이며 사람에서의 오남용 위험이 있어 가정용 처방은 제한해야 한다. 기타 부가 약물 및 비약물적 치료법에 대한 내용은 2015 AAHA/AAFP 개와 고양이의 통증 관리 가이드라인에서 확인할 수 있다.[2]

다중기전 마취 및 진통 프로토콜 설계에 대한 추가 자료는 aaha.org/anesthesia에서 제공된다.

마취의 4 과정에서 고려해야 할 다중기전 통증관리 약물

전마취: NSAIDs, opioid, alpha-2 작용제, ±maropitant, ±gabapentin

유도: 경우에 따라 opioid, 필요 시 ketamine(유도 용량 = CRI를 위한 loading 용량)

유지: 국소/부위 차단, CRI (opioid, lidocaine, ketamine, alpha-2 작용제 또는 이들의 조합), opioid 또는 alpha-2 작용제 일시 주입

회복: NSAIDs, opioid 또는 alpha-2 작용제 일시 주입, CRI 지속, ±maropitant, ±gabapentin 또는 기타 보조적 약물

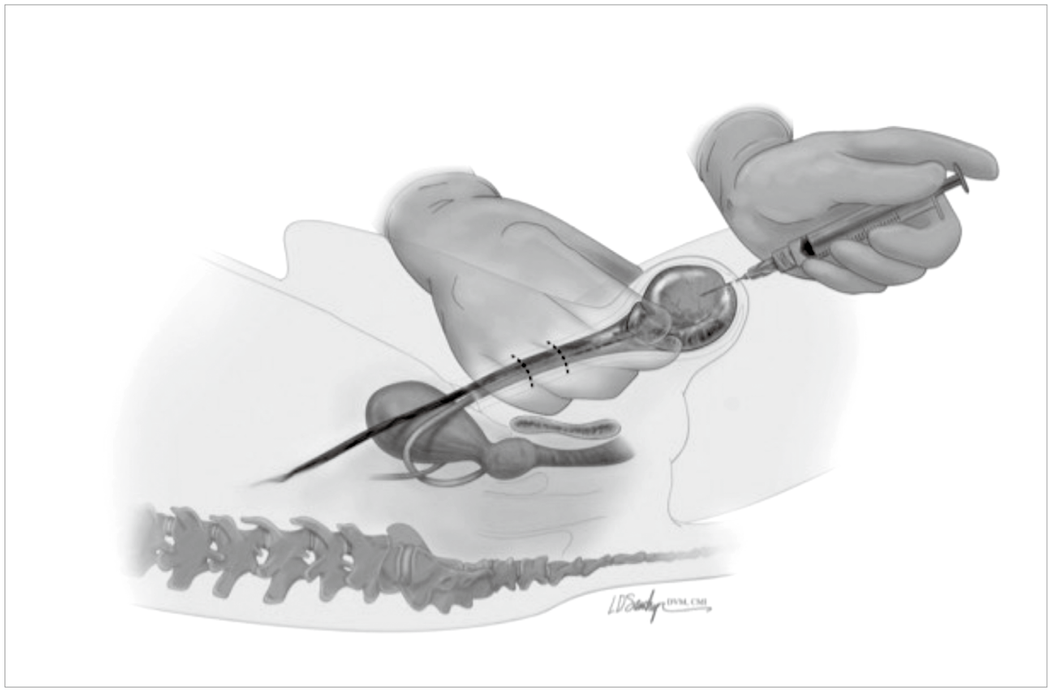


그림 3 고양이 또는 개의 고환 국소마취.

적응증: 고양이 및 개의 거세.

지침:

1. 원하는 국소 마취제를 선택한다.* 고양이는 bupivacaine 또는 ropivacaine 1 mg/kg, 혹은 lidocaine 4 mg/kg의 저용량을, 개는 bupivacaine 또는 ropivacaine 2 mg/kg, 혹은 lidocaine 6 mg/kg의 저용량을 계산한다.
2. 고환과 절개 부위 (고양이는 음낭, 개는 음낭 위)에서 대략적인 외과적 소독을 수행한다.
3. 22 게이지 바늘을 고환의 중앙에 삽입하고, 바늘 끝이 정관을 향하도록 한다.
   a. 흡인한 뒤, 계산 용량의 1/2을 각각의 고환에 주사하거나, 고환이 갑자기 딱딱하게 느껴질 때까지 주입한다.†
4. 약물이 정관을 따라 위쪽으로 이동하여, 정관 및 관련 혈관의 외과적 압박으로 인한 통증을 완화한다.
5. 절개 부위의 통증을 완화:
   a. 고양이: 바늘이 고환에서 나오는 동안 계속 침윤하여, 피부와 피하 조직을 차단한다.
   b. 개: 절개 부위의 피부와 피하 조직에 국소 마취제를 주입한다.

* Bupivacaine이나 ropivacaine이 lidocaine보다 지속 시간이 길지만, lidocaine은 정맥 내로 실수로 주입되었을 때 안전 마진이 더 높고, 고환은 혈관이 많기 때문에 일부 임상의는 lidocaine을 더 선호한다. 따라서, 이 차단술을 위한 최종 약물 선택은 개인의 약물에 대한 편의에 따라 달라질 수 있다.

† 제거 시, 고환이 출혈성으로 보일 수 있다.

Lauren D. Sawchyn, DVM, CMI의 삽화.

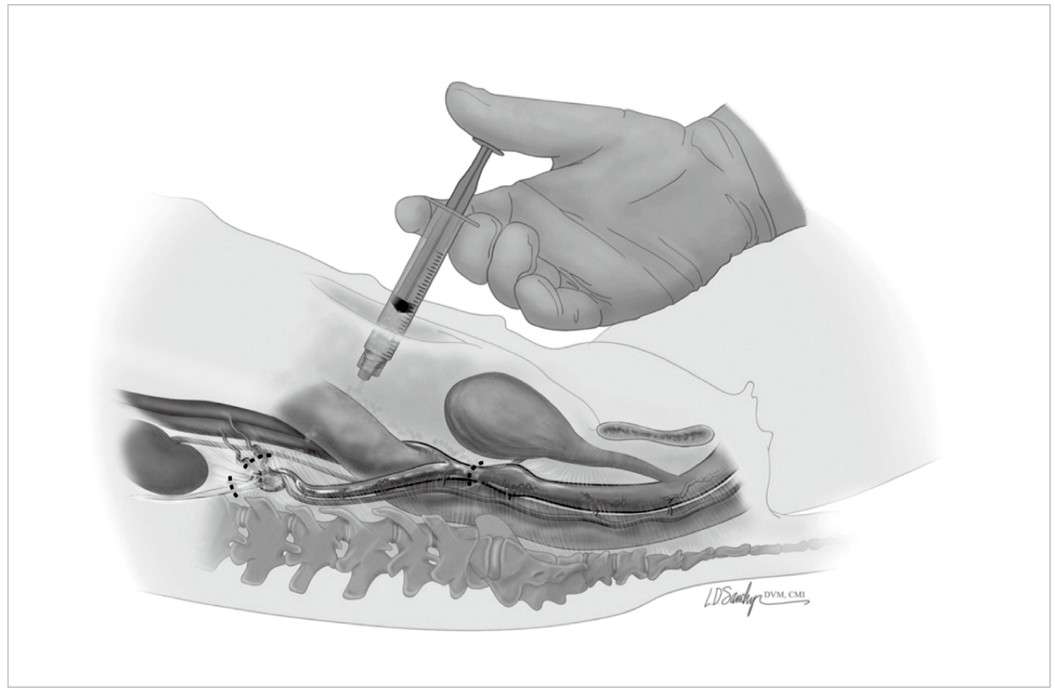


그림 4 개 또는 고양이의 복강 내 세척 기법.

적응증: 고양이 및 개의 난소자궁절제술. (이 기술은 난소 및 자궁 수술 부위 모두에서 진통이 제공되므로 난소간막 차단보다 더 효과적일 수 있다.)

지침:

1. 국소마취제를 선택하고 전체 용량을 계산한다. 즉, lidocaine (고양이 2-4 mg/kg, 개 4-6 mg/kg), bupivacaine (고양이 1 mg/kg, 개 2 mg/kg), 또는 ropivacaine (고양이 1 mg/kg, 개 2 mg/kg). 필요시 약물을 식염수로 희석한다. 전체 용량은 복강 전체를 세척 또는 관류시키기 위해 최소 0.4 – 0.6 mL/kg 이어야 한다.
2. 절개 직후, 또는 복부 시술을 완료하고 절개를 닫기 전, 국소마취제를 절개창을 통해 복부에 주입하여 복강을 "세척" 또는 "관류" 하도록 한다 (즉, 복강 내로 뿌리는 것.).*
3. 국소마취제를 복강 내에 남겨둔 채로 절개 부위를 평소와 같이 닫는다.

* 절개 직후 복강에 주입하는 것이 더 효과적일 수 있지만 (선제적 진통), 국소마취제가 혈액을 닦는데 사용되는 스펀지에 흡수될 가능성이 있다. 목표는 약물을 복강 내 남겨두는 것이므로, 봉합 직전에 주입하는 것이 더 효율적일 수 있다.

Lauren D. Sawchyn, DVM, CMI의 삽화.

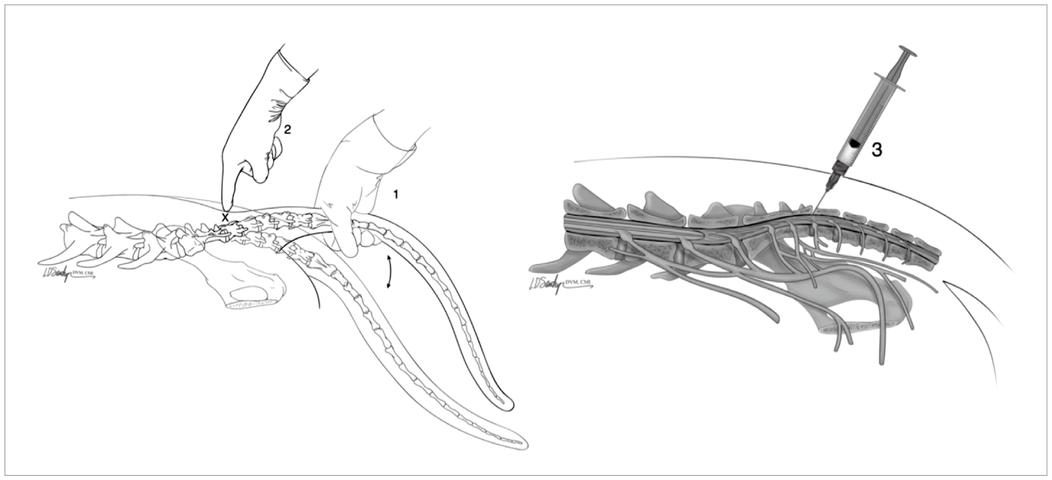


그림 5 개 또는 고양이의 천미추 또는 미추경막외마취.

적응증: 개와 고양이의 꼬리 절단술, 회음부 요도루 조성술, 항문낭 절제술, 요도 폐색 완화를 위한 카테터 삽입, 강아지/새끼 고양이 출산을 위한 회음부 이완 및 기타 음경 또는 회음부 수술.

지침:

1. 개나 고양이 모두 lidocaine, bupivacaine, mepivacaine 또는 ropivacaine 중 하나를 0.1 mL/kg로 사용한다.
   a. 일반적으로 0.1 mL/kg의 용량으로 충분하지만, 보고된 바로 최대 0.2 mL/kg까지 사용할 수 있다. 고양이나 소형견에서의 평균 용량은 0.5 mL이다.
   b. 투여 용량은 다음 약물 농도를 기준으로 함:
   lidocaine 2%, mepivacaine 2%, bupivacaine 0.5%, ropivacaine 0.5%. 만약 사용하는 약물의 농도가 더 높으면, 안전한 용량으로 적절한 부피를 확보하기 위해 약물의 부피는 줄이고 식염수로 희석하는 것이 추천된다.

2. 천미추 부위를 찾기 위해, 환자의 천미추 부위를 촉진하면서 꼬리를 위아래로 움직여 공간을 확인한다(pumping) (1).
   a. 천골의 끝단에서 첫 번째로 움직이는 공간이 천미추 또는 미추 사이 공간이다 (2). 어느 부위이든 주사에 적합하며, 촉진되는 부위를 구분할 필요는 없다.

3. 피부 **중앙선에** 25 또는 22 게이지의 피하 주사바늘을 피부 표면에 대해 약 45° 각도로 삽입한다. 바늘이 공간 내로 들어갈 때까지 천천히 진행한다.
   a. 뼈에 닿으면 (일반적으로 닿는다), 바늘을 몇 mm 빼서, 각도를 약간 조정하여 (더 가파르거나 평평하게), 다시 삽입한다 ("walking off the bone").
   b. 이 과정을 반복하여 바늘이 척추 사이에 삽입되어, 척추 사이 공간에 도달한다. "Pop" 소리가 느껴질 수 있으며 주사 시 저항이 없어야 한다.†

고려사항: (1) 국소 마취제의 용량이 커서 뒷다리의 운동 신경으로 전방 확산되지 않는 한, 뒷다리의 운동 기능은 차단되지 않는다. 0.2 mL/kg 용량 이하로 유지하라. (2) 꼬리/항문 이완이 5분 이내(bupivacaine이나 ropivacaine의 경우 8-10분 이내)에 발생하지 않으면 주사가 피하에 이루어졌을 수 있다. 다시 시도하라!

* 아편유사제를 신경주위 차단의 보조제로 추가할 수 있지만, 척수 내 수용체에 도달하지 않으므로 요천추경막외마취 때처럼 지속시간이 길어지지 않는다.

† 일반적으로 요천추경막외마취 때처럼 테스트 용량의 식염수는 필요하지 않다. 바로 약물을 주입하라. 공기를 주입하지 마라. 이 공간이 매우 작기 때문에, 공기 방울은 불완전한 차단을 초래할 수 있다.

Lauren D. Sawchyn, DVM, CMI의 삽화.

Opioid	진통 효과	발현 시간 (분)	지속 시간	설명 및 부작용	용량 | 일반 시작 용량	
					별도로 표시되지 않는 한 mg/kg	
Fentanyl 50 µg/mL DEA Class II	강력한 진통제 Mu 및 kappa 완전 작용제	<1-2	20-30분	다른 mu 및 kappa 완전 작용제보다 부작용이 적음; 대부분 일반적으로 짧은 통증 완화를 위해 일시 주입, CRI, 또는 경피 패치로 사용. 아래에 나열된 약물들보다 더 강력함.	**개와 고양이**: 0.001-0.005 IV, 0.02까지 투여 가능 가장 일반적으로 CRI로 사용됨.	**CRI, 개와 고양이**: Loading 용량: 0.001-0.003 (mg/kg), 수술 중: 0.05-0.07 µg/kg/min, 수술 후: 0.03-0.2 µg/kg/min
Morphine 10 mg/mL DEA Class II	강력한 진통제 Mu 및 kappa 완전 작용제	1-5 IV 또는 10-20 IM	2-4시간	부작용은 적음; IM 주사 후 구토를 유발할 수 있고, 빠른 IV 투여 시 히스타민 방출, 서맥 및 호흡 억제가 발생할 수 있음. 고양이의 흥분을 줄이기 위해 진정제와 함께 투여 권장.	**개**: 0.25-1.0 IM 또는 천천히 IV **고양이**: 0.1-0.3 IM 또는 천천히 IV	**개**: 0.5 IM (노령 및 상태 악화 환자) **고양이**: 0.2 IM.
Hydromorphone 2 mg/mL DEA Class II				모르핀과 유사하지만 히스타민 방출이 없음. 특히 >0.1 mg/kg에서 고양이에게 고열을 유발.	**개**: 0.1-0.2 IM 또는 IV **고양이**: 0.1 IM 또는 IV	**개와 고양이**: 0.1 IM, IV
Methadone 10 mg/mL DEA Class II				모르핀과 유사하지만 histamine 방출이 없고 구토는 거의 발생하지 않음; 또한 N- 메틸-D-아스파테이트 길항제이지만 임상적 중요성은 알려지지 않음.	**개와 고양이**: 0.2-0.4 IV; 0.2-0.6 (개에서 1.0까지 증량) **고양이**: 0.6 OTM	**개와 고양이**: 0.4 IM, IV
Buprenorphine 0.3 mg/mL DEA Class III	중등도 진통 효과 부분 mu 작용제	20-45	4-8시간 통증 강도, 농도 및 용량에 따라	작용 시간이 길지만 발현 시간이 느리고 진정 작용은 거의 없거나 없음; 다른 opioid와 같은 부작용이 있지만 일반적으로 경미함.	**개와 고양이**: 0.01-0.03 IM, IV 일반적으로 집에서 고양이 OTM시 0.03-0.05 BID-TID	**개와 고양이**: 0.02 IV, IM
1.8 mg/mL DEA Class III		1시간	24시간		**고양이**: 0.24 mg/kg SQ	다중기전 진통을 할 경우 표기 용량의 75% (0.18 mg/kg)를 사용
Butorphanol 10 mg/mL DEA Class IV	경증 - 중등도의 진통 효과 Kappa 작용제, mu 길항제	3-5 IV 또는 5-15 IM	20-60분 (개) 90분 (고양이)	개와 고양이 모두에서 진정 효과를 보이며, 특히 진정제와 함께 사용 시 더 효과적임; 다른 opioid와 같은 부작용이 있지만, 일반적으로 경미함.	**개와 고양이**: 0.2-0.4 mg/kg IM 또는 IV	**개와 고양이**: 수술 시 0.4, 비수술 진정 시 0.2

환자가 경험할 것으로 예상되는 통증 수준을 바탕으로, 동반 질환 및 수술 절차에 따라 opioid를 선택한다.
OTM, oral transmucosal (구강 점막 투여)

그림 6 Opioid 선택 시 고려사항

약물	용량* (mg/kg)		주의사항	설명	용량 예시
Propofol	2-6	midazolam 또는 diazepam 0.2–0.4 mg/kg로 병용 유도하여 용량 감소	용량 의존성 심호흡 억제를 유발함.	빠른 발현, 짧은 지속 시간, 효과에 맞게 쉽게 적정 가능. 반복 투여가 개와 고양이 모두에서 안전함.	-
Alfaxalone	1-3(D), 2-5(C)		빠른 발현, 짧은 지속 시간, 효과에 맞게 쉽게 적정할 수 있음. 진정제로 IM 투여 가능. (진정 차트 참조)	빠른 발현, 짧은 지속 시간, 효과에 맞게 적정하기 쉬움. 진정제로서 IM으로 투여 가능 (진정 차트 참조)	-
Etomidate	1-3		유도 시 근간대성 경련, 노젓기, 발성 등이 발생할 수 있지만, benzodiazepine과 함께 병용 유도하면 예방할 수 있음. propylene glycol이 포함된 에토미데이트는 정맥을 자극하고, 주사 시 통증을 유발, 혈관 외 주사는 조직 괴사/정맥염을 유발. 부신 억제를 유발할 수 있으며, 부신 기능 저하 환자에서의 사용은 논란이 있음.	심혈관 질환이 있는 환자에게 이상적인 선택. 심혈관에 거의 또는 전혀 영향을 미치지 않지만, 빠른 IV 투여 시 호흡 억제 가능. 주사 통증 및 혈관 효과를 줄이기 위해 주입 중인 용액에 희석할 수 있음.	-
Thiopental	5-15		유출 시 조직 괴사 및 정맥염을 유발하며, 호흡 및 심혈관 억제를 유발.	현재 미국에서는 사용 불가.	-
Ketamine+ Midazolam 또는 Diazepam	2-5 0.1-0.4	Ketamine 단독 사용 시 근육 경직을 일으키며, 일부 발작 유형 및 심실빈맥을 악화시킬 수 있음. 이러한 효과는 benzodiazepine을 추가하여 완화 가능. 고양이에서 ketamine은 신장에서 변하지 않은 상태로 배설되므로 신부전이 있는 고양이에서는 주의하여 사용해야 함.		일반적으로 ketamine 100 mg/mL와 diazepam 또는 midazolam (5 mg/mL)을 1:1 비율로 사용하여 20 kg 환자에게 2 mL의 예상 총 용량을 IV로 투여 하고, 중등도로 진정된 환자 기준 1 mL/20 kg를 IV로 투여.	가볍게 진정된 20 kg 환자에게는 diazepam 1 mL + ketamine 1 mL를 동일한 주사기에 혼합하여 투여.
Ketamine+ Propofol	2-4	각 약물을 개별적으로 사용할 때와 동일. 각 약물의 부작용이 감소할 수 있음 (예, 프로포폴에 의한 호흡 억제 감소, ketamine에 의한 근육 경직 감소)		각 약물의 2–4 mg/kg (ketamine 100 mg/mL + 프로포폴 20 mg/mL)을 동일한 주사기에 혼합하여 2–4 mg/kg의 복합 용량으로 투여.	20 kg 개에게는 propofol 40 mg (2 mL)와 ketamine 40 mg (0.4 mL)을 준비. 혼합 농도는 80 mg/mL
Tiletamine과 Zolazepam	1-4	진정제를 동시에 사용하지 않으면, 특히 개에서 회복이 길어지거나, 거칠거나 불쾌한 회복을 야기할 수 있음. tiletamine은 ketamine과 동일한 주의사항을 가지며, benzodiazepine과 함께 사용되기 때문에 부작용이 완화됨.		ketamine + midazolam 또는 diazepam과 유사한 생리학적 효과.	이 용량은 진정된 환자를 위한 것이며, 진정 없이는 6–9 mg/kg의 용량이 필요할 수 있음.

기저 질환에 적합하다고 판단되는 약물 또는 약물 조합 중 하나를 투여. 진정이 이루어진 후에는 "효과 발생 용량"으로 유도 약물의 용량을 적정하며, 적당히 진정된 동물이나 중등도의 전신 질환을 가진 동물에게는 용량 범위의 하한선을 사용할 것을 예상. 나열된 용량보다 낮은 용량이 강하게 진정된 환자, 중증 질환 환자, 신생아 및 '진정한' 노인 환자(즉, 연령 관련 변화를 보이는 환자)에게 적합할 수 있음. 불충분한 진정을 받은 환자에게는 신중히 사용해야 하며, 이는 더 높은 용량을 필요로 할 수 있으며, 이는 생리적 합병증을 초래할 수 있음.

***명시되지 않은 경우, 개 (D)와 고양이 (C) 모두에게 동일한 용량을 사용한다.**

그림 7 개와 고양이를 위한 IV 유도 프로토콜

약물 조합	용량 (mg/kg)	설명	투여 예시
Dexmedetomidine+ Ketamine+ 선택한 opioid (그림6 참고)	0.005-0.01+ 3-10+ 약물에 따라 다름	주로 고양이에서 사용되지만, 소형견에서도 가능 (용량이 중대형견에 비해 IM 주사 시 많을 수 있음). 이 조합은 보통 0.1–0.2 mL/4.5 kg로 사용. 용량의 하한은 중간 수준의 진정, 상한은 깊은 진정/가벼운 마취 유도에 사용됨. 개에서 사용 시, dexmedetomidine의 opioid 용량을 줄일 수 있으며, 선택된 의에 따라 용량이 증가할 수 있음.	4.5 kg 고양이 유도: dexmedetomidine (0.5 mg/mL) 0.2 mL + ketamine 0.2 mL + butorphanol (10 mg/mL) 또는 buprenorphine † (0.3 mg/mL) 0.2 mL
Tiletamine & Zolazepam	3-10	진정제 (예: 덱스메데토미딘) 또는 진정된 상태에서 투여하여 투여량을 줄여 과도한 회복 가능성을 줄임. 주의사항: 강한, 거친, 또는 불쾌한 회복을 유발할 수 있으며, 특히 진정되지 않은 개에서 발생 가능. 주사 시 따끔거림이 있을 수 있음. tiletamine은 ketamine과 동일한 주의사항과 약간의 진정 완화 효과를 가짐.	진정제로 IM 투여 가능 (그림2 참고).
Dexmedetomidine+ Tiletamine & zolazepam+ Butorphanol	설명 참고 개와 고양이에서 같은 용량	주의사항: 강력한 조합으로, 투여 시 주의 필요 비고: 부토르파놀은 경미한 진통 효과만 제공하며, 진통 프로토콜 사용이 필요할 수 있음.	tiletamine/zolazepam 가루를 dexmedetomidine (10 mg/kg) 2.5 mL과 butorphanol (10 mg/mL) 2.5 mL에 혼합하여 mL당 최종 농도를 tiletamine-zolazepam 100 mg, dexmedetomidine 0.25 mg, butorphanol 5 mg로 조성. 0.005 (가벼운 진정) 에서 0.04 (중간 정도의 마취 단계) mL/kg의 용량.

진정제와 유도 약물은 동일한 주사기에서 혼합하여 건강한 환자에게 IM으로 투여할 수 있음. 이러한 프로토콜은 경증 질환이 있는 환자에게도 사용할 수 있지만, 약물을 "효과 발생 용량"으로 적정할 수 없기 때문에 중등도 질환, 신생아, "진정한" 노령 환자(즉, 연령 관련 변화를 보이는 환자)에게는 IV 유도 프로토콜이 더 적합함. 반대로, IM 프로토콜은 특히 공격적이거나 불안정한 환자에게 선호되며, 때로는 유일한 합리적인 선택이 될 수 있음. 강한 진정이 빠르게 나타날 수 있으므로, 삽관 도구와 산소의 준비가 필요. 용량의 낮은 범위는 중간 정도의 진정에 사용되며, 높은 범위는 깊은 진정 또는 가벼운 마취에 사용되어 짧은 시술에서 유도와 유지 모두에 사용될 수 있음.

* Medetomidine은 dexmedetomidine과 동일한 mL/kg 용량으로 사용할 수 있지만, mg/kg 용량은 덱스메데토미딘의 두 배임.

† 다른 opioid의 경우, 0.1–0.2 mL의 용량이 모든 opioid에 적합하지 않을 수 있음.

그림 8 건강한 개와 고양이를 위한 근육 내(IM) 주사 진정/유도 조합 프로토콜

4b단계. 마취 전 진정제 및 항불안제

마취 전 진통제 뿐만 아니라, 마취 전 진정제와 항불안제 역시 마취 진료 연속 과정의 중요한 구성 요소이다. 이 약물들은 스트레스/불안을 감소시키고, 용량 의존적 부작용을 가지고 있는 마취 유도 및 유지 약물의 필요 용량을 줄이는 이점이 있다. 또한 환자의 스트레스가 감소하면, 환자를 보정하거나 다루는 진료진의 안전성도 향상된다. 앞서 언급했듯이, 가정에서 적절한 경구약을 미리 투여하도록 안내하면, 병원 내원 전부터 반려동물의 불안과 통증을 줄이는 데 도움이 된다.[36,37] 병원에서는 전마취 약물을 근육주사(intramuscular, IM) 또는 피하주사로 투여하여 마취 유도 이전에 충분한 효과가 나타나도록 할 수 있다. 또는 정맥(intravenous, IV)주사로 마취 직전에 투여하여 유도 약물의 필요 용량을 즉각적으로 줄이는 급성 용량 절감 효과를 얻을 수 있다. 특정 약물 또는 약물 조합은 원하는 효과(예: 역전 가능한 진정)와 각 환자의 개별적 필요(예: 요구되는 진통 정도; **그림 2**)에 따라 선택해야 한다. 전처치 후에는 환자의 건강 상태에 따라 생리적 모니터링과 생리적 지원을 적절히 시행해야 한다(상세 내용은 유지 영역을 참고). 또한 모든 환자에서 체온 유지를 조기에 시작해야 한다. 저체온증은 다양한 부작용을 유발할 수 있으므로, 열 공급은 매우 중요하다(자세한 정보는 "마취 합병증 문제 해결" 영역 참고).

그림2에 제시된 전처치 약물은 진정만을 위한 용도로도 유용하다. 그러나 앞서 언급했듯이, 특히 통증이 있는 시술(예: 생검, 열창 봉합 등)에서는 짧은 시술이라 하더라도 전신마취가 더 높은 환자 안전성을 제공하는 경우가 많다는 점을 기억해야 한다. 중요한 점은 진정 상태의 환자도 전신마취 환자와 마찬가지로 적절한 모니터링과 보조적 처치가 반드시 필요하다는 것이다. 심도가 깊은 진정 상태의 환자에게는 얼굴 마스크를 사용하여 산소를 보충해야 한다. 또한 이러한 환자는 기도 관리가 필요할 수 있으므로, 삽관 준비가 필요하다.

전투약 팁

- 비약물적 방식으로는 최소한의 보정, 페로몬 사용, 환경적 요인(예, 고양이 전용 입원실)이 있으며 마취 전 기간 동안 환자의 공포와 불안을 줄이는 데 중요한 역할을 한다.
- 난폭하거나 두려움이 큰 환자는 마취 전에 항불안제와 진정제를 적절하게 사용하여 진정시켜야 하며, 이때 일반적으로 차분한 환자보다 더 높은 용량이 필요하다. 이러한 전처치는 IV 카테터 삽입(가능하다면)과 유도를 용이하게 하고, 동시에 진료진의 안전을 확보하는 데 필수적이다.

4c단계. 마취 유도

전산소화는 전마취/유도 과정의 일부로 반드시 고려해야 한다. 100% 산소를 단 3분 동안 투여하는 것만으로도, 헤모글로빈의 산소 포화도를 약 6분간 충분하게 유지할 수 있다.[38] 이 과정은 특히 기도 질환(예: 폐렴, 천식) 환자, 호흡 곤란(예: 상부 기도 기능 장애, 흉곽 운동 제한[예: 흉부 손상, 확장된 위나 임신 자궁에 의한 횡격막 압박]) 환자, 삽관이 어려울 것으로 예상(예: 상부 기도 협착, 기도 내 이물)되는 환자에서 매우 중요하다. 또한 임신한 모든 환자는 태아로의 산소 공급을 충분히 보장하기 위해 반드시 전산소화를 시행해야 한다.

전처치 약물 투여 후 환자의 진정 수준은 마취 유도 약물의 용량에 영향을 미치며, 유도 약물은 항상 "효과 발생 용량"으로 적정하여 투여해야 한다. 일반적으로 적절한 전처치를 시행하면 마취 유도 약물의 필요 용량은 감소한다. 또한 질병이 있거나 허약하거나 우울한 환자는 건강하고 경계하는 환자보다 더 적은 용량이 요구된다. 마취 유도는 propofol, alfaxalone, etomidate, diazepam 또는 midazolam-ketamine, tiletamine-zolazepam 등 빠르게 작용하는 IV 약물(용량 및 구체적인 프로토콜은 **그림7** 참고)을 정맥으로 투여하는 것이 가장 효과적이고 효율적이다. IV 유도는 기도 확보를 빠르게 시행할 수 있다는 장점이 있다. 정맥 접근이 어려운(예: 고양이, 초소형견) 또는 성격이 난폭하거나 흥분 상태인 환자에서는 진정제에 ketamine또는 tiletamine-zolazepam을 한 주사기에 혼합하여 IM으로 투여하는 방법(**그림8** 참고)이 전처치와 유도를 동시에 달성할 수 있는 대안이 될 수 있다. 그러나 IM 유도는 기도를 빠르게 확보할 수 없으므로, 환자가 의식을 잃어가는 동안 면밀한 관찰이 필요하다. 이 시기 동안 환자를 안전하게 다룰 수 있는 경우(예: 난폭하거나 공격적이지 않은 환자)에는 산소 보충 공급을 고려해야 한다.

마취 유도 직후 가능한 한 빨리 ETT 또는 supraglottic 기구를 사용하여 기도가 개방되도록 확보해야 한다. 기관내 삽관은 기도를 개방된 상태로 유지하고 보호하기 위한 필수적 절차이다. 삽관 전에 반드시 튜브의 길이를 평가해야 하며, 적절한 튜브 길이는 튜브의 근위단이 절단 치아 부위에 위치하거나 약간 외부로 나와 있고, 원위단은 후두와 흉곽 입구 사이의 중간 지점에 위치하도록 한다. 피열(arytenoid)연골 사이로 무리 없이 통과 가능한 가장 큰 직경의 ETT를 사용하는 것이 바람직하며, 이는 기도 저항과 호흡 노력을 최소화한다. 튜브의 올바른 위치는 피열연골 사이에 위치한 튜브의 직접적인 시야 확인, 재호흡백의 움직임, 호기 시 ETT 내부의 성에 형성, 그리고 명확한 호기말 이산화탄소(end-tidal CO_2, $ETCO_2$)의 파형을 통해 확인할 수 있다. 일반적인 ETT의 커프는 적절히 팽창되어야 양압환기(positive pressure ventilation, PPV)에 필요한 기밀(seal)을 형성하고 흡입마취제 누출을 방지할 수 있으며, 과팽창될 경우 기관 손상을 유발할 수 있음을 항상 인지해야 한다. 멸균 윤활 젤을 얇게 바르는 것은 커프의 기도 밀폐 능력을 향상시킨다. 환자가 삽관되어 호흡회로에 연결되면 O2가 공급되는지 확인한 후 pop-off 밸브를 잠그거나 안전 pop-off 밸브의 버튼을 누르고, 압력계를 15-20 cmH_2O까지 상승시키면서 환자의 입 부위에서 커프가 덜 부풀어 있을 때 들릴 수 있는 약한 공기 누출음('쉬익' 소리)이 들리는지 청진한다. 소리가 들리면 수동호흡을 지속하면서 커프를 천천히 더 팽창시키고, 소리가 사라지면 pop-off 밸브를 즉시 다시 열거나 안전 pop-off 밸브 버튼을 놓은 후 ETT를 환자의 머리에 고정한다. 자체 밀폐 구조의 baffle ETT는 누출에 더 강할 수 있으나, 기도 압력이 과도하게 증가했을 때 커프 주변으로 공기가 빠져나가지 못한다는 단점이 있다. 삽관 후 환자의 자세를 변경해야 하는 경우, 튜브가 기관 내에서 회전하여 기관 파열을 일으키는 것을 방지하기 위해 ETT를 호흡튜브에서 분리한 뒤 체위를 변경해야 한다. 이러한 회전은 특히 커프가 상대적으로 과팽창된 상태에서 기관 파열 위험을 높인다. 기관 파열은 마취 중 삽관된 고양이에서 특히 중요한 문제로 보고되어 있다.[39,41]

마지막으로 고려해야 할 점으로, 충분한 보호 패드(특히 영양실조 환자, 노령 환자, 대형 환자에서)가 필수적이다. 마취 유도 후에는 각막 궤양을 예방하기 위해 각막 윤활제를 적용하며, 이후 2-4시간마다 반복적으로 도포해야 한다.

유도 및 삽관 팁

- 마스크 또는 챔버 유도는 스트레스를 유발하고, 기도 확보가 지연되며, 환경 오염을 초래할 수 있으므로, 저자들은 권장하지 않는다.
- 기관삽관 팁: capnograph 어댑터를 ETT 말단에 연결하면, 삽관 중 기관튜브의 정확한 위치를 확인하는 데 도움이 된다.
- 고양이는 특히 기관삽관이 어려운 경우가 많다. 관련 팁은 2018 AAFP Feline Anesthesia Guidelines[3]을 참고할 수 있다.

4d단계. 마취 유지

마취는 일반적으로 O_2와 함께 투여되는 흡입마취제를 필요 용량으로 조절하여 유지한다.[19,38] 또한 지속적인 주입이나 간헐적 정맥주사, 혹은 주사제와 흡입마취제를 병용하는 방식으로도 마취를 유지할 수 있다. 단시간의 마취 유지는 진정제에 ketamine 또는 tiletamine/zolazepam을 혼합하고 IM으로 투여하여 달성할 수 있다. Alfaxalone의 IM은 고양이와 소형견에서 단시간의 깊은 진정에 효과적이지만, 건강한 고양이에서 마취 유지를 위해 필요한 고용량은 회복기에서 흥분과 보행실조를 유발할 수 있다.[42]

- **생리적 모니터링**: 마취 유지에 사용되는 약물(즉, 흡입마취제 또는 주사제)에 관계없이, 훈련된 의료진이 환자의 생리적 변화를 면밀히 관찰하고 해석하며, 그에 따라 즉각적으로 대응하는 것은 매우 중요하다. 모니터링이 이루어지면 마취 관련 사망 위험이 감소하지만,[18] 반대로 모니터링이 부족하면 마취 관련 사망 위험이 5-35배 증가한다.[5] 마취담당자는 다중 파라미터 전자 모니터와 직접적인 환자 평가를 모두 수행해야 하며, 치료 결정을 내릴 때는 이 두 가지 정보를 함께 고려해야 한다. 호흡기 기능 모니터링에는 호흡수, 산소화(hemoglobin oxygen saturation, SpO_2), 환기($ETCO_2$)가 포함된다. 심혈관 기능의 주요 지표로는 BP, 심박수(heart rate, HR) 및 심장 리듬(ECG), 모세혈관 재충혈 시간, 점막 색깔, 맥박산소포화도(SpO_2)가 있다. 마취 심도는 지속적으로 평가해야 하며, 외과적 마취 단계는 일반적으로 안검반사 소실, 가벼운 턱 긴장(즉, 근이완), 목적 있는 움직임의 부재로 정의된다. 체온 모니터링은 특히 중요하며, 열 보조는 가능한 한 초기부터 시행해야 한다. 자세한 내용은 마취 합병증 영역을 참고한다.
- **생리적 지원**: 마취 유지에 사용되는 약제(즉, 흡입 또는 주사 마취제)와 관계없이, O_2는 반드시 환자에게 공급되어야 한다. O_2 유량은 사용되는 호흡회로에 따라 달라지며(장비 준비 영역 참고), RC를 사용할 때에는 마취 깊이를 빠르게 변경해야 하는 상황—예를 들어 주사제에서 흡입마취제로 전환되는 유도 과정이나, 시술 종료 후 흡입마취제를 중단하는 시점—에서는 비교적 높은 유량(2-3 L/min)을 사용한다. NRC를 사용할 때에는 기본적으로 산소 유량이 높기 때문에 유도 시점이나 흡입마취제 중단 후에 유량을 추가로 올릴 필요가 없다. 흡기 CO_2 증가는 산소 유량이 불충분하다는 신호이다. 유도 후 기관삽관을 마친 환자는 무호흡이 되거나 호흡수가 낮거나 얕아지는 경우가 많으며, 이때는 유도 약물에 의한 호흡억제가 해소될 때까지 마취 담당자가 간헐적 PPV(1-4회/min)를 제공해야 한다. 만약 과도한 PPV는 $ETCO_2$가 호흡자극 역치 아래로 낮춰 자발호흡 회복을 지연시킬 수 있다. 대부분의 마취 환자에게는 균형성 결정질(crystalloid) 수액을 투여해야 한다. 건강한 개의 기본 수액 속도는 5 mL/kg/hr, 고양이는 3 mL/kg/hr이다. 저혈량증(탈수 포함) 교정이나 지속되는 수액 손실 보충이 필요할 경우 기본 속도에 추가량을 더한다. 수액량은 환자의 건강 상태와 필요에 따라 증감해야 한다. 추가 정보는 2013 AAHA/AAFP 개와 고양이의 수액 처치 가이드라인을 참고한다.[43]
- **마취 합병증 문제 해결**: 마취 중 발생하는 합병증에 대해 즉각적이고 효과적인 대처를 하는 것이 매우 중요하다. 가장 흔한 합병증으로는 저혈압, 저환기, 저산소혈증, 저체온증, 그리고 동성빈맥 및 서맥과 같은 일부 부정맥이 포함된다. 심혈관계와 호흡기계에서 발생하는 합병증은 일반적으로 가장 급성으로 생명을 위협하는 문제가 될 수 있다. 상세한 정보는 2018 AAFP 고양이 마취 가이드라인과 aaha.org/anesthesia에서 확인할 수 있다.[3]

▶ 심혈관계 합병증

· **저혈압**은 마취 중 흔히 발생하는 합병증으로, 수축기 혈압 <80–90 mmHg, 평균 혈압 <60–70 mmHg, 이완기 혈압 <40 mmHg일 때로 정의된다.[44] 기타 생리적 매개변수(모세관 재충전 시간, 말초 맥박 촉진) 평가를 통해 조직 관류 부족 진단에 도움이 된다. 추가적인 opioid 투여나 국소 차단과 같은 균형 마취 기법은 흡입마취제 용량을 더 줄여 혈압을 개선할 수 있다. 또한 부분정맥마취(partial intravenous anesthesia, PIVA) 또는 전정맥마취(total intraveneous anesthesia, TIVA) 기법(**그림7, 8**)은 흡입마취제의 용량 의존적 혈관확장 작용을 완전히 회피하는 데 도움이 된다. 결정질 (환자 상태에 따라 5–20 mL/kg) 및/또는 교정질(1–5 mL/kg) 수액을 정맥 내로 주입할 수 있다. 환자가 서맥을 동시에 보이는 경우에는 항콜린제(atropine, glycopyrrolate) 또는 교감신경 자극제(예: ephedrine)를 투여한다. 심근수축력 감소가 원인일 경우에는 양성 수축제를, 과도한 혈관확장이 원인일 경우에는 혈관수축제를 투여한다(**그림9**). 저혈압이 지속된다면, 환자가 저혈당, 저체온, 빈혈/저단백혈증, 전해질 불균형이 있는지 반드시 확인해야 하며, 이런 이상이 있다면 교정하는 혈압 지원 치료를 시작해야 한다.

· **부정맥**은 주술기에 흔히 발생하며, 동성 빈맥, 동성 서맥, 방실 차단, 심실성 부정맥 등이 있다. 부정맥 모니터링은 청진 또는 ECG, 그리고 도플러 초음파 또는 SpO_2 파형에서 관찰되는 맥박-심박수 불일치를 통해 수행할 수 있다. 부정맥의 치료 여부는 부정맥의 심각도, 다른 혈역학적 지표(예, BP)에 미치는 영향, 보다 심각한 부정맥으로 악화될 가능성을 종합적으로 고려해 결정해야 한다. 마취 중 흔히 관찰되는 부정맥의 예와 치료 고려사항은 aaha.org/anesthesia에서 확인할 수 있다.

· **빈맥**, 특히 마취 중 HR가 고양이에서 >180회/분[3], 대형견과 소형견에서 >150–190회/분[44]인 경우 주의가 필요하다. 이는 단순히 마취 심도 부족에 대한 반응으로만 판단해서는 안 되며, 마취담당자는 반드시 배제 가능한 원인의 목록을 점검해야 한다. 빈맥은 유해 자극, 저산소혈증, 고탄산혈증, 저혈량증 등의 2차적인 결과로 나타날 수 있다. 또한 alfaxalone, ketamine, atropine, dopamine과 같은 약물 투여 후에도 2차적으로 발생할 수 있다.

· **고혈압**은 평균 동맥압 >120–140 mmHg 또는 수축기 동맥압 >160–180 mmHg[44]으로 정의된다. 흡입마취제가 심혈관계에 미치는 부정적인 영향 때문으로, 충분히 마취된 환자에서는 원발성 고혈압이 있는 경우라도 마취 중 고혈압은 흔하지 않다. 마찬가지로, 고혈압이 관찰되면 유해 자극, 저산소혈증, 고탄산혈증, 저혈량증, 얕은 마취 단계 등을 반드시 감별해야 한다. BP 커프는 원위부로 미끄러지지 않았는지(예: 앞발목 주변 위치) 확인해야 한다. 혈압 값이 의심스러울 경우 도플러 등 두 번째 측정 기법으로 재확인할 수 있다. 지속적으로 고혈압이 관찰되는 환자에서는 추가 opioid와 같은 진통제를 투여해야 한다. 만약 환자가 충분히 마취되어 있고 적절한 진통도 제공되고 있음에도 고혈압이 지속된다면, 이 증가된 혈압은 허용 가능한 범위일 수 있다. 혈압을 낮추기 위해 기화기 농도를 올리는 것은 권장되지 않는다.

약물	IV 용량	강심제 (PI) 또는 혈관수축제 (VC)	투여 방법
Ephedrine	0.1-0.2 mg/kg 일시 주입	PI 와 VC	간접 작용으로 아드레날린 수용체에서 노르에피네프린 방출 유도, 반복 투여시 내성 발생
Dopamine	1-15 μg/kg/min	PI	CRI로 투여
Dobutamine	1-10 μg/kg/min	PI	CRI로 투여
Phenylephrine	0.3-1 μg/kg/min 또는 1-3 μg/kg 일시 주입	VC	CRI 또는 간헐적 일시 주입
Norepinephrine	0.05-0.3 μg/kg/min	주로 VC	CRI로 투여

그림 9 마취 환자에서 혈압을 유지하기 위한 약물

▶ 호흡기계 합병증

· **저환기**는 호흡수와 호흡 깊이를 관찰하여 추정할 수 있으며(매우 주관적), capnometry를 사용하면 객관적으로 측정할 수 있다. 저환기는 고탄산혈증과 그로 인한 호흡성 산증, 그리고 저산소혈증을 유발할 수 있으므로 반드시 교정해야 한다. 각성 상태에서 $ETCO_2$는 약 35–45 mmHg, 적절한 외과적 마취 단계에 있는 환자에서는 약 40–50 mmHg(최대 55 mmHg까지)가 정상적이다. CO_2가 상승할 경우, 먼저 과도한 마취 심도가 원인이 아닌지 확인하기 위해 기화기 설정과 환자의 마취 단계 지표를 점검해야 한다. $ETCO_2$가 >60 mmHg(고탄산혈증)일 때는 PPV를 시작한다. 마취담당자는 조절식 압력 제한(adjustable pressure limiting, APL) 밸브를 일시적으로 폐쇄하여 저류백(reservoir bag)을 부드럽게 압박하는 방식으로 수동 호흡을 제공할 수 있다. 단, 호흡을 주입하는 순간을 제외하고는 절대 밸브를 닫은 상태로 두지 않도록 세심한 주의가 필요하다. 안전 pop-off 밸브는 이러한 실수를 방지한다. 마취담당자가 기계 환기에 충분히 익숙하다면 기계 환기 장치를 사용할 수도 있다. 기계 환기 관련 정보는 aaha.org/anesthesia에서 확인할 수 있다. PPV를 시작하기 전에 가능하다면 환자의 혈역학적 상태가 안정적인지 확인해야 한다. PPV는 정맥 환류 감소를 통해 심박출량 감소를 일으킬 수 있기 때문이다. PPV 시작 후 BP를 재측정하고, 혈압이 떨어지면 기도 내 최고 압력을 낮추고, 환자에 저혈량증 가능성이 있다면 5–20 mL/kg의 수액 볼러스를 고려한다. PPV는 압력손상을 유발할 수 있으므로, 인공호흡기의 설정은 보수적으로 시작하고 $ETCO_2$에 따라 조절해야 한다. 고탄산혈증이 지속될 경우, 과도한 사강, CO_2 흡수제 소진, RC에서 일방향 밸브의 기능 불량, NRC에서 O_2 유량 부족 등 흡입 CO_2 증가 원인을 조사해야 한다. 마취기기 이상이 의심되면 즉시 다른 마취기기로 교체하는 것이 바람직할 수 있다.

· **저산소혈증**(SpO_2 <95%, SpO_2 <90%은 중증)은 환자가 삽관되어 100% 산소를 호흡하는 경우 흔하지 않다. 점막 색상을 관찰하는 것은 저산소혈증을 평가하는 민감한 지표가 아니며, 청색증은 저산소혈증이 상당히 진행된 후에야 나타난다.[45] 산소화 상태를 지속적으로 평가하는 가장 좋은 방법은 맥박산소측정이다. SpO_2가 낮게 나타나면 마취담당자는 probe의 위치 조정, 점막 가습, 다른 모니터 사용 등으로 맥박산소측정기의 문제를 점검할 수 있다.

이러한 조치는 실제로 프로브에 문제가 있을 때 효과적일 수 있으나, 프로브 문제를 해결 전에 환자가 적절히 삽관되었는지, 산소 공급원에 연결되었는지, 산소 공급이 충분한지 확인해야 한다. 저환기는 저산소혈증을 유발할 수 있으므로 앞서 설명한 것처럼 충분한 환기 제공이 필요하다. ETT가 흉곽입구를 지나 깊게 들어가면 한쪽 폐만 환기되어 가스 교환 면적이 감소할 수 있다. 이 경우 ETT를 약간 빼서 기관내 적절한 위치로 옮겨야 한다. 저산소혈증은 또한 이차적인 무기폐(복부 팽창, 비만 환자가 앙와위[dorsal recumbency]로 놓였을 때, 일차 폐질환[예, 폐렴] 또는 흉막질환[예, 흉수] 등의 원인)에 의해 발생할 수 있다. 이러한 상황이 예상되면 수동 또는 기계적 환기를 시작하고, 호기말 양압(positive-end expiratory pressure, PEEP; 2.5–5 cm H_2O) 밸브를 호흡회로의 호기부에 추가하여 허탈된 기도를 개방시키도록 한다. 조직으로의 산소 전달 부족이 환기 문제가 아닌 관류 문제일 때도 SpO_2 감소가 나타날 수 있다. 관류 저하 지표 (지연된 모세혈관 재충혈 시간, 서맥 또는 빈맥, 저혈압, 약한 맥박[심혈관계 합병증 영역 참고])가 있다면 이를 교정해야 한다. 이러한 치료에도 개선이 없다면, 가능한 한 빨리 환자를 흉와위로 체위를 변경하고, 산소 공급을 유지한 상태로 마취에서 회복시키는 것이 좋다.

▶ 기타 합병증

· **저체온증**(중심 체온<36.7°C)은 약물 대사 지연, 심혈관 기능 저하, 관류 장애, 호흡기 손상, 중추신경계 억제, 수술부위 감염증가 등 수많은 부정적 영향을 초래할 수 있다. 또한 사람의 경우 보고된 바와 같이 의식이 있는 환자에게 상당한 불편감을 유발한다. 약물 대사 지연과 중추신경 억제로 인해 회복 지연이 나타날 수 있다.[46] 가장 효과적인 가열 방법은 순환 온수 담요와 온풍식 가열 시스템 이다. 그 외 열 손실을 늦추는 데 도움이 되는 보조적 가열 방법으로는 따뜻한 IV 수액, 수액 라인 워머(warmer), 발 단열(버블랩, 아기 양말 등)이 있다. 마취 환자를 위한 의료용 가열 장치가 아닌 보조 열원은 심각한 열 손상을 유발할 수 있으므로 사용해서는 안 된다.[47] 또한, 떨림(shivering)은 산소 소비량을 크게 증가시키므로, 떨림이 있는 환자(특히 호흡기 또는 심혈관 기능이 저하된 환자)에는 반드시 산소 보충을 지속적으로 제공해야 한다.

· **GER과 역류**는 식도염과 흡인성 폐렴을 유발할 수 있으며, 심한 경우 식도 협착으로 이어질 수 있다. 이상이 관찰되면 식도 내 흡인을 시행한 뒤, 생리식염수 또는 깨끗한 물로 세척을 시행한다. 이때 반드시 ETT로 기도를 보호해야 한다. 식도 내 pH를 상승시키기 위해 희석된 중탄산염을 식도에 주입할 수 있다.[48] Maropitant는 구토를 예방하고, 정상적인 식이 회복을 촉진하며, 마취 회복의 질을 향상시키지만, 역류 또는 GER 발생률을 감소시키는 효과는 제한적이다.[49] Metoclopramide, ranitidine, omeprazole에 maropitant를 병용한 경우도 역류 감소 효과는 매우 미미한 것으로 보인다.[50,51] 반면 cisapride

1 mg/kg와 omeprazole 1 mg/kg 병용은 GER 및 역류 발생을 의미 있게 줄인 것으로 보고되었다.[52] 그러나 GER 및 역류는 완전하게 예방될 수 없기 때문에, 고위험 환자에서는 GER 시 발생하는 산성도를 낮추기 위해 omeprazole 1 mg/kg을 최소 두 차례(마취 전날 저녁과 마취 당일 아침) 미리 투여하는 방법을 고려할 수 있다.[50]

4e단계. 마취 회복

마취 과정 전반에서 여러 합병증이 발생할 수 있지만, 개와 고양이에서 각각 약 47-60%의 마취 관련 사망이 회복기에 발생하며, 대부분이 마취 종료 후 처음 3시간 이내에 일어난다.[4-6] 따라서 회복 중인 환자에 대한 훈련된 인력의 환자 관리와 모니터링은 필수적이며, 이는 마취 유지 단계에서와 동일한 수준의 철저함으로 수행되어야 한다. 마취 담당자는 HR, RR(respiratory rate, 호흡수), SpO_2, BP, 체온과 같은 환자의 생리적 지표를 지속적으로 모니터링해야 한다. 환자는 명확히 깨어 있고, 정상체온, 보행이 가능해질 때까지 면밀히 관찰되어야 한다(단, 마취 전부터 보행이 불가능한 환자는 예외). 회복 시간(마취 종료 후 약 10-30분 이내)은 환자의 건강 상태, 사용된 마취 방법(예, 흡입 마취 vs 주사 마취), 마취 지속 시간, 체온 등에 따라 달라질 수 있다.

회복기에는 진정제·진통제·응급약물이 필요할 수 있으므로, 환자가 발관되고, 가슴을 바닥에 대고 누운 흉와위 상태가 되며, 생리적 지표가 정상 범위로 회복될 때까지 정맥카테터는 유지해야 한다. 환자의 RR과 SpO_2가 정상 범위이고, 강한 삼킴 반사를 통해 기도를 적절히 보호할 수 있을 때 발관해야 한다. 발관 진적에 ETT 커프의 공기를 제거해 제거해 감압한다. 치과 처치나 비강내시경을 받은 환자의 경우, 발관 시 머리 뒤쪽보다 코가 약간 아래로 향하도록 자세를 잡고, ETT 커프를 소량 팽창시킨 상태에서 발관해 기도 내 이물 제거에 도움이 된다. 이는 기도 내의 혈전이나 이물질을 제거하는 데 도움이 되고, 체액이나 이물질이 인두 쪽으로 이동하여 입으로 배출되거나 삼켜지도록 하여 흡인 위험을 줄여준다. 마취 초기 회복 단계에서는 호흡 저하가 흔히 지속될 수 있으며, 이는 고탄산혈증 및 저산소혈증을 초래할 수 있다. 심한 고탄산혈증은 뇌 기능 장애 및 잠재적으로 호흡정지로 이어질 수 있다. 발관 전까지는 환기 평가를 위해 capnograph 어댑터를 ETT 끝에 그대로 둔 상태로 유지할 수 있다.[53] 또한 회복 과정 전체에서 산소포화도 모니터링을 위해 맥박산소측정기를 지속적으로 사용해야 한다.

마취 회복의 질은 여러 요인의 영향을 받으며, 환자의 부드러운 회복을 돕기 위해 이러한 요소들을 조정해야 한다. 밝은 조명, 소음, 차가운 환경 등은 회복기의 스트레스를 증가시킨다. 방광 팽창 또한 매우 불편할 수 있으므로, 특히 보행불능 상태이거나 마취 직후 스스로 배뇨하기 어려운 환자의 경우, 방광을 비워 불편감을 최소화해야 한다.

지연 회복, 불쾌감, 각성 섬망은 수술 후 회복기에서 흔히 발생하는 합병증이다. 지연 회복은 마취 유지 단계에서의 과도한 마취 심도에 의해 발생할 수 있다. 마취가 깊으면 회복 시간이 길어질 뿐 아니라 호흡기계, 심혈관계, 체온조절계 기능에도 부정적인 영향을 미친다. 저체온(체온 <36.7°C)은 여러 생리적 합병증을 유발할 수 있으며, 특히 약물 대사 지연을 초래해 회복을 더욱 지연시킨다.[46] 따라서 환자 가온 장치를 회복기 전반에 걸쳐 지속적으로 사용해야 한다.[46,53] 또한 일부 약물은 말초 혈관 수축(예, α_2 작용제) 또는 혈관 확장(예, 흡입마취제)을 일으켜 열 손실 양상을 변화시키며, 이는 외부 가온 장치의 효과에도 영향을 준다.[46,47]소형 환자나 신생 환자에서는 저혈당이 회복 지연의 원인이 될 수 있으므로 혈당을 자주 모니터링해야 한다. 회복이 지나치게 지연되는 경우, 신중히 조절한 용량의 길항제 투여를 고려할 수 있다. 다만 α_2 작용제는 과도한 진정 또는 빠른 회복이 반드시 필요한 경우에만 길항해야 한다. Opioid는 다른 진통제가 이미 투여되어 있을 때에만 길항해야 하며, 그렇지 않으면 환자가 견디기 힘든 통증을 경험할 수 있다.

불쾌한 회복과 각성 섬망은 종종 구분이 어렵다. 각성 섬망은 보통 마취를 유지하는 약물을 중단한 후 환자가 부분적 의식을 너무 빨리 회복할 때 나타나며, 통제되지 않은 사지의 격렬하고 비조화적인 움직임으로 표현된다. 반면 불쾌감은 조절되지 않은 통증, 또는 기도 폐쇄로 인한 저산소혈증 등 다양한 원인으로 발생할 수 있다. 통증이 의심되면 먼저 진통제를 투여해야 한다. 통증 관리가 충분한데도 증상이 지속된다면, 불안을 완화시키는 진정제, 예를 들어 dexmedetomidine(진통 또한 제공)을 IV 또는 IM으로 0.001-0.005 mg/kg(최대 0.01 mg/kg) 투여할 수 있다. 호흡기계 문제가 불쾌감/섬망의 원인일 가능성이 있다면, 산소 공급을 제공하고 환자의 호흡 기능을 평가해야 한다. 일부 경우에는 alfaxalone 1-2 mg/kg 또는 propofol 1-2 mg/kg IV를 천천히 소량 투여하여 환자가 진정될 때까지 사용할 수 있다. 필요한 경우 재삽관을 시행할 준비를 해야 한다.

마지막 고려사항: 보행이 불가능한 환자에게는 충분한 보호 패드를 제공해야 한다. 회복 기간 동안에는 적절한 눈 깜빡임 반사가 돌아올 때까지 2-4시간마다 안연고를 다시 발라주어야 한다.

과정 3: 집으로 돌아가기

환자가 퇴원하면, 마취의 연속 과정은 다시 원점으로 돌아오게 된다. 보호자는 수술 후 퇴원 안내서와 더불어 마취 퇴원 지침을 받음으로써 도움을 받을 수 있다. 이러한 지침은 보호자가 수행해야 할 수술 후 관리를 안내하고, 발생할 수 있는 합병증에 대한 우려를 덜어주며, 어떤 상황에서 의료진에 연락해야 하는지를 명확하게 제시해 보호자의 걱정을 완화해 준다.

대부분의 환자에서 퇴원 시 처방되는 마취 관련 약물에는 진통제가 포함되며, 특히 NSAIDs가 기본적으로 사용된다. 또한 필요에 따라 항불안제나 maropitant이 포함될 수 있다. 항생제는 수술 관리의 일부이며, 본 문서의 범위에는 포함되지 않는다. Opioid는 DEA에서 규제하는 약물이며 전용의 위험이 있기 때문에, 상당한 통증이 예상되는 환자에게만 신중하게 처방해야 한다. 또한 처방 전 DEA, FDA, 그리고 개별 주의 규정을 면밀히 검토해야 한다. 규제 정보 및 opioid 대체 약제에 대한 링크는 국제수의통증관리아카데미에서 확인할 수 있다.[54]

마취 퇴원 안내서에 포함될 수 있는 정보의 예

반려동물은 병원 퇴원 후 12-24시간 동안 약간의 진정이 남아 있을 수 있으나, 쉽게 깨울 수 있어야 하며 기본적인 정상 행동을 수행할 수 있어야 한다. 마취 후 12-24시간 동안 식욕이 감소할 수 있다. 시술 종류에 따라 이 기간이 더 길어질 수도 있다. 마취 중 사용한 기관튜브로 인한 경미한 자극 때문에, 1-2일 동안 가벼운 기침이 나타날 수 있다.
다음과 같은 경우, 즉시 마취 의료진에게 연락하십시오:

· 반려동물의 식욕 또는 활동성이 24시간 이내에 정상으로 회복되지 않는 경우

· 기침이 촉촉해지거나, 점점 악화되거나, 가래가 섞여 나오거나 하는 경우

· 행동이나 인지 기능에 우려되는 변화가 나타나는 경우

수술 후 통증 평가

진통 프로토콜이 얼마나 효과적으로 보이더라도, 모든 환자에서 완전한 통증 완화가 이루어지는 것은 아니기 때문에, 마취 회복 과정에서 환자의 통증 수준을 평가하는 것은 반드시 필요하다. 통증 점수 체계)는 완전하지는 않지만, 통증을 인지하고 적절히 치료할 가능성을 높여준다. 통증 점수 평가 자료는 온라인에서 이용 가능하다.

특별 강조: 의료진 교육 및 안전 훈련

진료진 교육은 마취 안전을 위해 매우 중요하다. 실제로는 마취 과정의 가장 첫 단계에 해당하지만, 그 중요성을 강조하기 위해 이 영역을 별도로 배치하였다.

과학적 근거와 지식 기반의 진료를 통해 질 높은 환자 진료를 제공하는 것은 수의학의 핵심 사명이다. 이 목표를 실현하고 성공적으로 유지하기 위한 기반은, 수의사와 동물 보건사, 진료 보조 인력뿐 아니라 접수 및 행정 직원을 포함한 의료진 전체이다. 의료진이 하나의 유기적인 팀으로 협력할 수 있도록 하고, 필요한 교육 및 훈련 자원을 제공하는 것이 환자 안전과 직원 안전의 핵심 요소다. 반대로, 교육받지 않은 직원은 비효율적이고 만족도가 낮아질 수 있으며, 절차적 실수로 환자 진료의 질을 떨어뜨릴 수 있다. 이는 고객 서비스의 저하로 이어지고, 궁극적으로는 내원 감소에 따른 병원 수익 감소를 초래할 수 있다.

성공적인 교육 프로그램은 직원의 능동적인 참여에서 시작된다. 병원의 정책과 표준 절차를 충분히 소개하는 데 시간을 들이면, 더 효율적인 업무 흐름을 만들 수 있다. 교육은 팀의 모든 구성원이 다양한 역할로 참여할 수 있다. 예를 들어, 숙련된 간호 인력은 임상 술기 교육을, 수의사는 의학적 지식을, 환자관리 담당자나 접수 직원은 효과적인 보호자 커뮤니케이션을 교육할 수 있다. 이러한 방식은 병원 구성원 모두가 서로의 성장을 돕고, 개별 직원의 성공에 기여하도록 한다.

먼저, 병원의 목표를 명확히 설정하고 이를 바탕으로 체계적 교육 계획을 수립해야 한다. 이때 기대하는 바를 구체적으로 제시하는 것이 중요하다. aaha.org/anesthesia에서는 12주 동안 매주 단계적으로 진행하도록 구성된 포괄적인 교육 프로그램을 제시하고 있다. 각 진료부서에 개별 교육 목표를 배정하면, '모든 것을 한꺼번에 배우기'에서 오는 혼란을 최소화할 수 있다. 직원이

매주·매월 익혀야 할 업무 목록과 이를 지원할 교육 자원(예, 핸드아웃, 병원 내 교육 자료, 체크리스트, 온라인 강좌 등)을 명확히 제시해야 한다. 또한 신규 직원이 배운 내용을 실제로 이해하고 유지하고 있는지 정기적으로 평가하는 과정도 필요하다.

마취 기반 교육 프로그램은 마취기에서 시작해야 한다. 직원들은 적절한 교육을 받고 문제 해결 능력을 갖추기 전까지 마취 장비를 사용해서는 안 된다. 일일 마취기 기능 점검, 케이스 준비, 예방적 유지보수에 대한 체크리스트는 항상 직원이 이용할 수 있도록 비치되어야 한다. 장비 고장을 예방하는 가장 확실한 방법은 마취기의 모든 구성 요소를 매일, 그리고 사용 전에 점검하는 것이다.[56] 테크니션이 마취기의 설치, 작동, 분해 방법까지 교육을 받았다면, 다음으로 집중해야 할 부분은 호흡회로, 재호흡백, 적절한 기관튜브 선택이다. AAHA.org/anesthesia에서는 마취기 준비 체크리스트를 제공한다. 제대로 작동하는 마취기는 환자의 안전뿐 아니라 시술자의 안전에도 필수적이다. 아산화질소와 할로겐화 흡입제를 포함한 휘발성 마취제는 인체에 유해하며, 실제 노출 위험의 전체 범위는 완전히 밝혀지지 않았더라도 노출은 최소화되어야 한다.

후향적 연구에 따르면(정확한 발생률은 알려져 있지 않지만), 이러한 유해 물질에 노출될 경우 두통, 오심, 초기 임신 손실, 정자 수 감소 등이 보고된 바 있다.[57] 따라서 기계와 ETT 커프의 완전한 밀폐(즉, 누출 없음), 마스크 및 챔버 유도의 회피, 올바른 스캐빈징 시스템 사용이 마취가스 노출을 줄이는 핵심이다.

직원이 마취기 작동에 익숙해지면, 다음 단계는 마취 모니터링 교육으로 확장되어야 한다. 대부분의 환자 합병증은 마취 모니터를 통해 가장 먼저 발견되므로, 마취담당자는 ECG, $ETCO_2$, BP, SpO_2, 체온 등 주요 생리적 지표를 해석하는 데 능숙해야 한다.

마취는 약리학적 기반을 바탕으로 이루어지므로, 다양한 약물군과 그에 따른 예상 반응을 중심으로 한 교육이 필요하다. 특히 진정, 통증 관리, 전신마취에 사용되는 약물에 대한 교육의 비중을 높여야 한다(자세한 내용은 마취 프로토콜 영역 참고).

모든 임상 진료진은 응급 소생술에 대한 교육을 반드시 받아야 하며, 이 교육은 6–12개월마다 정기적으로 재교육이 이루어져야 한다. 새로운 동물소생술 재평가 캠페인 (Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation, RECOVER) 프로그램은 온라인 교육과 실습 교육을 병행하여 제공된다.[58] 연구에 따르면, 심폐소생술의 성공률은 응급 카트나 약물·장비의 구비 여부뿐 아니라 병원 내 전체적인 교육 수준에 큰 영향을 받는다. 또한 응급 상황을 얼마나 빠르게 인지하는가는 실제 대응만큼이나 중요하다.

요약

마취는 동물병원 일상 진료의 필수 요소이며, 단순히 환자가 의식이 없는 시간으로만 정의될 수 없다. 마취는 보호자가 집에서 시작하는 준비 단계부터 환자가 다시 집으로 돌아가 사후 관리를 받기까지 이어지는 연속적 과정이다. 마취는 환자의 개별적 특성뿐 아니라, 특정하고 중요한 장비, 적절한 약물 및 정확한 용량, 철저한 생리적 모니터링과 생리적 지원, 견고한 보호자 커뮤니케이션, 그리고 고도로 훈련된 진료진이 모두 관여하는 다차원적 절차이다. 본 가이드라인은 이러한 요소들을 바탕으로 한 체계적이고 단계적인 표준화 절차의 틀을 제시한다. 이는 사람의학에서 오류를 줄이고 업무를 체계화하기 위한 체크리스트의 중요성이 커지고 있는 흐름과 유사하다.

의학 분야에서 사용되는 표준화된 체크리스트는 다양한 임상 환경에서 진료의 질과 일관성을 향상시키는 것으로 보고되었다.[59] 마취에는 본질적으로 이환율 또는 사망 위험이 존재하지만, 본 가이드라인에서 제시한 마취 연속과정을 충실히 따른다면 마취 합병증의 위험은 크게 줄일 수 있다. 실제로 심혈관계와 호흡계를 지원하여 산소 전달을 증가시키고 통증을 완화하거나 제거함으로써, 환자의 전반적인 건강이 개선될 가능성도 있다.

이 가이드라인에서 특히 강조되는 요소는 장비 선택 및 유지관리, 통증 관리, 진료진 교육, 보호자 교육이다. 마취는 다른 많은 의료 분야보다 장비 의존성이 매우 높은 분야이다. 아무리 훌륭한 진료진 교육과 마취 프로토콜이 마련되어 있어도, 재호흡 회로의 결함이나 밸브 오작동과 같은 장비 문제는 즉시 마취 합병증을 초래할 수 있다. 따라서 정기적인 장비 유지관리와 장비 운용에 대한 진료진의 숙련도는 부가적 요소가 아니라 마취 진료의 최전선에서 반드시 갖추어야 할 핵심 요소이다.

통증 관리는 최적의 마취와 수술 후 회복을 위해 필수적이다. 시술 후 환자의 불편감은 진료진뿐 아니라 보호자도 함께 평가해야 하며, 그 과정에서 보호자에게 적절한 안내가 이루어져야 한다. 통증 관리 프로토콜을 적극적으로 활용하면, 진료의 질을 높이고 환자의 치유를 촉진하며 보호자의 만족도를 향상시킬 수 있다.

반려동물 보호자와의 소통과 교육은 마취 과정에서 매우 중요하며 필수적인 요소이다. 모든 진료팀 구성원은 마취의 위험성, 그리고 그 위험을 최소화하기 위해 마취팀이 어떠한 노력을 기울이고 있는지에 대해 보호자에게 충분하고 정확한 설명을 제공해야 한다.

진료진 교육은 마취 위험을 줄일 뿐 아니라, 보호자에게 전신마취에 관한 올바른 정보를 제공할 수 있게 한다. 마취처럼 진료진 교육에 크게 의존하는 분야는 없으며, 이러한 이유로 상세한 마취 교육 프로토콜이 가이드라인에 포함되어 있다. 교육 세션은 정기적인 보수교육과 모범 사례 기반 접근법과 함께 시행될 때 가장 효과적이다. 이러한 교육이 일관되게 이루어진다면, 병원 내 지속적 품질 개선 문화가 형성되고 팀워크도 강화된다.

본 가이드라인의 목적은 개와 고양이에게 가능한 한 안전한 마취 기간을 제공하는 동시에, 마취 절차 전·중·후에 걸쳐 마취 관리를 수행하기 위한 실용적인 틀을 마련하는 데 있다. 제안된 참고문헌과 aaha.org/anesthesia 온라인 자료 센터를 활용한다면, 마취 담당자는 이러한 목적을 충분히 달성할 수 있을 것이라 확신한다.

본 가이드라인의 준비 과정에 기여한 Kanara Consulting Group, LLC 소속 Mark Dana 및 Edward W. Kanara, DVM, DABVP에게 깊이 감사드린다.

참고자료

1. Smith RM. Smith's anesthesia for infants and children. St. Louis: Mosby; 1959.
2. Epstein M, Rodan I, Griffenhagen G, et al. 2015 AAHA/AAFP pain management guidelines for dogs and cats. J Am Anim Hosp Assoc 2015; 51:67–84.
3. American Association of Feline Practitioners. 2018 AAFP Feline Anesthesia Guidelines. Available at: catvets.com/guidelines/practice-guidelines/anesthesia-guidelines. Accessed December 5, 2019.
4. Brodbelt DC, Pfeiffer DU, Young LE, et al. Risk factors for anaestheticrelated death in cats: results from the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities (CEPSAF). Br J Anaesth 2007:99:617–23.
5. Matthews NS, Mohn TJ, Yang M, et al. Factors associated with anesthetic-related death in dogs and cats in primary care veterinary hospitals. J Am Vet Med Assoc 2017;250:655–66.
6. Brodbelt DC, Pfeiffer DU, Young LE, et al. Results of the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities regarding risk factors for anesthetic-related death in dogs. J Am Vet Med Assoc 2008;233:1096–104.
7. Brodbelt DC, Blissitt KJ, Hammond RA, et al. The risk of death: the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities. Vet Anaesth Analg 2008;35:365–73.
8. Coleman AE, Shepard MK, Schmiedt CW, et al. Effects of orally administered enalapril on blood pressure and hemodynamic response to vasopressors during isoflurane anesthesia in healthy dogs. Vet Anaesth Analg 2016;3:482–94.
9. Seahorn J, Robertson S. Concurrent medications and their impact on anesthetic management. Vet Forum 2002;119:50–67.
10. Joubert KE. Pre-anaesthetic screening of geriatric dogs. J S Afr Vet Assoc 2007;78:31–5.
11. Jones SJ, Mama KR, Brock NK, et al. Hyperkalemia during general anesthesia in two Greyhounds. J Am Vet Med Assoc 2019;254:1329–34.
12. Robinson EP, Sams RA, Muir WW. Barbiturate anesthesia in greyhound and mixed-breed dogs: comparative cardiopulmonary effects, anesthetic effects, and recovery rates. Am J Vet Res 1986;47:2105–12.
13. Washington State University Clinical Pharmacology Laboratory. Drugs that have been documented to cause problems in dogs with the MDR1 mutation. Available at: https://vcpl.vetmed.wsu.edu/problem-drugs. Accessed December 5, 2019.
14. Gruenheid M, Aarnes TK, McLoughlin MA, et al. Risk of anesthesia-related complications in brachycephalic dogs. J Am Vet Med Assoc 2018;253:301–6.
15. Gough A, Thomas A. Breed predispositions to disease in dogs and cats.
16. Pascoe PJ, Pypendop BH. Comparative anesthesia and analgesia of dogs and cats. In: Lumb & Jones veterinary anesthesia & analgesia. 5th ed. Ames (IA): John Wiley & Sons; 2015:723–30.
17. US Food and Drug Administration. FDA investigation into potential link between certain diets and canine dilated cardiomyopathy. Available at: fda.gov/AnimalVeterinary/NewsEvents/ucm630993.htm? fbclid¼ IwAR131sgLzYFbXreTv0ibQbZpVEO03q4jmS0Ig13hMbMd9sVu2Z0xETs9yL8. Accessed December 5, 2019.
18. Brodbelt D. Perioperative mortality in small animal anesthesia. Vet J 2009;182:152–61.
19. Lerche P, Muir WW III, Bednarski RM. Rebreathing anesthetic systems in small animal practice. J Am Vet Med Assoc 2000;217:485–92.
20. American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia. ACVA position statements. control of waste anesthetic gas in the workplace. Available at: acvaa.org/docs/Position_Statements. Accessed December 5, 2019.
21. American Veterinary Medical Association. Pain in animals. Available at: avma.org/policies/pain-animals. Accessed December 5, 2019.
22. Reed R, Doherty T. Minimum alveolar concentration: key concepts and a review of its pharmacological reduction in dogs. Part 1. Res Vet Sci 2018; 117:266–70.

23. Berry SH. Analgesia in the perioperative period. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2015;45:1013–2.
24. Muir WW. Physiology and pathophysiology of pain. In: Gaynor JS, Muir WW, eds. Handbook of veterinary pain management. 2nd ed. St. Louis: Mosby-Elsevier; 2009:42–56.
25. Pak DJ, Yong RJ, Kaye AD, et al. Chronification of pain: Mechanisms, current understanding and clinical implications. Curr Pain Headache Rep 2018;22:9.
26. Mathews KA. Pain assessment and general approach to management. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2000;30:729–55.
27. Mathews K, Kronen PW, Lascelles D, et al. Guidelines for recognition, assessment and treatment of pain: WSAVA Global Pain Council. J Small Anim Pract 2014;55:E10–68.
28. Chabot-Doré AJ, Schuster DJ, Stone LS, et al. Analgesic synergy between opioid and a2-adrenoceptors. Br J Pharmacol 2015;172:388–402.
29. Niyom S, Boscan P, Twedt DC, et al. Effect of maropitant, a neurokinin-1 receptor antagonist, on the minimum alveolar concentration of sevoflurane during stimulation of the ovarian ligament in cats. Vet Anaesth Analg 2013;40:425–31.
30. Boscan P, Monnet E, Mama K, et al. Effect of maropitant, a neurokinin 1 receptor antagonist, on anesthetic requirements during noxious visceral stimulation of the ovary in dogs. Am J Vet Res 2011;72:1576–9.
31. Crociolli GC, Cassu RN, Barbero RC, et al. Gabapentin as an adjuvant for postoperative pain management in dogs undergoing mastectomy. J Vet Med Sci 2015;77(8):1011–5.
32. KuKanich B. Outpatient oral analgesics in dogs and cats beyond nonsteroidal antiinflammatory drugs: an evidence-based approach. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2013 Sep;43(5):1109–25.
33. Schütter AF, Tünsmeyer J, Kästner SBR. Influence of tramadol on acute thermal and mechanical cutaneous nociception in dogs. Vet Anaesth Analg 2017;44:309–16.
34. Pypendop BH, Siao KT, Ilkiw JE. Effects of tramadol hydrochloride on the thermal threshold in cats. Am J Vet Res 2009;70:1465–70.
35. Brondani JT, Loureiro Luna SP, Beier SL, et al. Analgesic efficacy of perioperative use of vedaprofen, tramadol or their combination in cats undergoing ovariohysterectomy. J Feline Med Surg 2009;11:420–9.
36. Porters N, Bosmans T, Debille M, et al. Sedative and antinociceptive effects of dexmedetomidine and buprenorphine after oral transmucosal or intramuscular administration in cats. Vet Anaesth Analg 2014;41:90–6.
37. van Haaften KA, Forsythe LRE, Stelow EA, et al. Effects of a single preappointment dose of gabapentin on signs of stress in cats during transportation and veterinary examination. J Am Vet Med Assoc 2017; 251:1175–81.
38. McNally EM, Robertson SA, Pablo LA. Comparison of time to desaturation between proxygenated and nonpreoxyenated dogs following sedation with acepromazine maleate and morphine and induction of anesthesia with Propofol. Am J Vet Res 2009;70:1333–8.
39. Mitchell SL, McCarthy R, Rudloff E, et al. Tracheal rupture associated with intubation in cats: 20 cases (1996–1998). J Am Vet Med Assoc 2000; 216:1592–5.
40. Dave MH, Koepfer N, Madjdpour C, et al. Tracheal fluid leakage in benchtop trials: comparison of static versus dynamic ventilation model with and without lubrication. J Anesth 2010;24:247–52.
41. The American Veterinary Medical Association (AVMA) Professional Liability Insurance Trust (PLIT). Available at: avmaplit.com/. Accessed December 5, 2019.
42. Grubb TL, Greene SA, Perez TE. Cardiovascular and respiratory effects, and quality of anesthesia produced by alfaxalone administered intramuscularly to cats sedated with dexmedetomidine and hydromorphone. J Feline Med Surg 2013;15:858–65.
43. Davis H, Jensen T, Johnson A, et al. 2013 AAHA/AAFP Fluid Therapy Guidelines for Dogs and Cats. J Am Anim Hosp Assoc 2013;49:149–59.
44. Haskins, S. Monitoring anesthetized patients. In: Tranquilli WJ, Thurmon JC, Grim KG, eds. Lumb and Jones' veterinary anesthesia and analgesia. 4th ed. Ames (IA): Blackwell; 2007:86–105.
45. Kelman GR, Nunn JF. Clinical recognition of hypoxaemia under fluorescent lamps. Lancet 1966;1:1400–3.
46. Pottie RG, Dart CM, Perkins NR, et al. Effect of hypothermia on recovery from general anaesthesia in the dog. Aust Vet J 2007;85:158–62.
47. Swaim SF, Lee AH, Jughes KS. Heating pads and thermal burns in small animals. J Am Anin Hosp Assoc 1989;25:156–62.
48. Wilson DV, Evans AT. The effect of topical treatment on esophageal pH during acid reflux in dogs. Vet Anaesth Analg 2007;34:339–43.
49. Ramsey D, Fleck T, Berg T, et al. Cerenia prevents perioperative nausea and vomiting and improves recovery in dogs undergoing routine surgery. Intern J Appl Res Vet Med 2014;12:228–37.
50. Lotti F, Boscan P, Twedt D, et al. Effect of maropitant, maropitant with omeprazole and esophageal lavage on gastroesophageal reflux in anesthetized dogs [abstract]. Vet Anesth Analg 2018;45:885.e8–e9. Abstract 2018.
51. Favarato ES, Souza MV, Costa PR, et al. Evaluation of metoclopramide and ranitidine on the prevention of gastroesophageal reflux episodes in anesthetized dogs. Res Vet Sci 2012;93:466–7.
52. Zacuto AC, Marks SL, Osborn J, et al. The influence of esomeprazole and cisapride on gastroesophageal reflux during anesthesia in dogs. J Vet Intern Med 2012;26:518–25.
53. Grubb TL, Perez Jimenez TE, Pettifer GR. Senior and geriatric patients. In: Grimm KA, Lamont LA, Tranquilli WJ, et al., eds. Veterinary anesthesia and analgesia. 5th ed. Ames (IA): John Wiley & Sons; 2015:988–92.
54. IVAPM; International Veterinary Academy of Pain Management. Available at: IVAPM.org. Accessed December 5, 2019.
55. Cooley KG, Johnson RA. Veterinary anesthetic and monitoring equipment. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons; 2018.
56. Dorsch JA, Dorsch SE. Understanding anesthetic equipment. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2008.
57. Occupational Safety and Health Administration. Waste anesthetic gases. Available at: osha.gov/SLTC/wasteanestheticgases/. Accessed December 5, 2019.
58. RECOVER Initiative. Evidence-based veterinary CPR. Available at: recoverinitiative.org/. Accessed December 5, 2019.
59. Hales B, Terblance M, Fowler R, et al. Development of medical checklists for improved quality of patient care. Int J Quality Health Care 2008;20: 22–30.



2020 AAHA 개와 고양이를 위한 마취 및 모니터링 가이드라인 번역본