

실험동물전문수의사 표준 실무 매뉴얼 (SOP)

(Standard Operating Manual for Attending Veterinarians: Why-How-What Framework)

제1장 개요 및 법적·윤리적 프레임워크 (Overview & Regulatory Framework)

1.1 수의학적 케어 프로그램(VCP)의 필요성 [Why]

실험동물 시설 내 수의학적 케어 프로그램(Veterinary Care Program, VCP)은 단순한 동물의 사육 관리를 넘어 연구 데이터의 과학적 타당성과 재현성을 보장하는 핵심 요소이다. 동물이 통증, 질병, 환경적 스트레스에 노출되면 내분비계 및 면역계의 변동이 생겨 실험 결과에 중대한 오류(Confounding variables)를 유발한다. 따라서 최고 책임자인 실험동물전문수의사(Attending Veterinarian, 이하 AV)가 수의학적 케어를 총괄함으로써 윤리적 법규 준수(Compliance)와 과학적 데이터 신뢰성을 동시에 확보한다.

1.2 법적 근거 및 적용 표준 [What]

본 지침은 다음 각 호의 법령 및 국제 규격을 준수하여 적용한다.

- 1) **대한민국 법령:** 「실험동물에 관한 법률」 (식약처), 「동물보호법」 (농림축산식품부), 「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률」 (과기정통부)
- 2) **국제 가이드라인:** *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (NRC Guide, 8th Ed.)*, *AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals*, *AAALAC International Accreditation Standards*

1.3 3R 원칙의 수의학적 실행 및 심사 절차 [How]

AV는 모든 연구계획서(ASP) 검토 및 현장 예찰 시 3R 원칙을 다음과 같이 구체적으로 실행하여야 한다.

- **대체 (Replacement) 이행 방법:** In vitro 세포배양, In silico 컴퓨터 분석, 하등생물(예: Zebrafish, Drosophila) 모델 적용 가능성을 최우선 검토하도록 연구자에게 컨설팅을 제공함.
- **감소 (Reduction) 산출 방법:** 통계적 검정력 분석($1 - \beta = 0.8$, $\alpha = 0.05$)을 기반으로 필요한 최소 개체수를 산출했는지 계산식을 검증함.
- **고통 경감 (Refinement) 제공 방법:** 수술 전후 마취·진통제 투여 세부 계획 수립, 체온 유지 장치 사용, 무균 수술 존중, 환경 풍부화(EE) 제공을 의무화함.

제2장 실험동물운영위원회(IACUC) 수의학적 심사 및 PAM

2.1 수의학적 사전 검토 및 승인 후 모니터링의 목적 [Why]

IACUC 승인 과정에서 AV의 사전 검토(Veterinary Verification)는 실험 개시 전 동물에게 가해질 고통과 위험 요소를 선제적으로 차단하기 위함이다. 또한 승인 후 모니터링(PAM)은 승인된 서류와 실제 사육·실험 현장 간의 격차(Non-compliance)를 줄이고, 연구자의 미숙한 기술이나 승인되지 않은 변경 사항으로 인한 동물의 윤리적 피해를 방지하기 위해 수행된다.

등급	정의 및 분류 기준	주요 적용 예시
Category B	사육, 보유 또는 번식 목적 (시술 및 자극 없음)	단순 보존, 종 보존, 번식 군집 관리
Category C	통증/불쾌감이 없거나 미미한 수준의 시술	단순 채혈, 경구 투여, 비침습적 행동 평가
Category D	통증/고통 동반되나 적절한 마취·진통제 사용	외과 수술, 조직 생검, 진통 관리 하 모델링
Category E	고통 동반되나 연구 목적상 마취·진통 불가	독성 평가(LD_{50}), 통증 연구, 사망이 엔드포인트인 연구

2.2 고통 등급(Pain Category) 분류 기준 [What]

2.3 PAM(승인 후 모니터링) 구체적 수행 실무 [How]

- 1) **점검 계획 수립:** 고통 등급 D, E 연구계획서 및 신규 연구자를 우선 대상으로 분기별 점검 일정 수립 (정기 점검 및 무통보 점검 병행).
- 2) **현장 실사 수행:** 실제 실험실을 방문하여 1) 승인된 동물의 수량 준수 여부, 2) 약물 유효기간 및 보관 상태, 3) 마취/수술 일지 작성 상태, 4) 개체별 고통 모니터링 기록을 직접 점검함.
- 3) **시정 조치 및 보고:** 위반 사항 발굴 시 [즉시 시정 요청서]를 발송하고, 14일 이내 재점검을 실시하며, 중대한 위반 시 IACUC 위원장에게 보고하여 연구 중단 조치를 취함.

제3장 검역, 격리 및 순화 관리 (Quarantine, Isolation & Acclimation)

3.1 검역 및 순화의 생리적 근거 [Why]

외부에서 수송된 동물은 환경 변화와 이동 과정에서 극심한 스트레스(Corticosteroid 증가)를 받으며, 미생물에 감염되어 있을 가능성이 존재한다. 검역 과정을 거치지 않고 기존 시설로 반입할 경우 병원체가 시설 전체로 확산될 수 있으며, 순화 기간 없이 실험에 투여될 경우 변동된 생리 지표로 인해 실험 결과의 신뢰성이 저하된다.

3.2 검역 및 순화 구체적 이행 절차 [How]

- 1) **반입 전 서류 검증:** 반입 최소 3일 전 공급업체(Vendor)의 최근 3개월 미생물 검사 성적서 및 건강 증명서를 AV가 최종 검토 및 승인함.
- 2) **입고 신체검사:** 수송 상자 개봉 즉시 개체수, 성별, 체중, 외상 유무, 유전적 계통 라벨을 확인하고 입고 일지에 기록함.
- 3) **격리 및 임상 모니터링:** 미검증 출처 개체는 음압 격리 사육실에 수용하고, 혈청학 검사 및 PCR을 통해 병원체 음성 확인 후 일반 사육실로 이송함.
- 4) **순화 기간 부여:** 설치류 최소 37일, 중·대동물 14주간 사육 환경 적응 및 일일 신체검사 실시.

제4장 미생물 감시 및 질병 대응 관리 (Microbiological Surveillance)

4.1 센티넬(Sentinel) 프로그램의 원리 및 설정 [Why]

실험동물의 불현성 감염(Inapparent infection)은 임상 증상이 나타나지 않더라도 면역 반응을 변형시켜 실험 데이터를 왜곡시킨다. 따라서 오염 가능성에 노출된 센티넬 동물을 주기적으로 검사하여 시설 내 질병 유입을 조기에 감지하고 모니터링한다.

4.2 모니터링 수행 및 감염병 발생 시 대응 SOP [How]

- 1) **센티넬 동물 노출 방법:** 케이지 교체 시 각 케이지에서 모은 오염 톱밥(Exposed Bedding)을 센티넬 케이지에 분기별로 혼합 제공함.
- 2) **진단 및 모니터링:** 분기별 센티넬 동물의 채혈(혈청학 검사), 분변 PCR, 피부/체모 기생충 검사, 세균 배양 검사를 실시함.
- 3) **발생 시 Emergency Outbreak SOP:**
 - **1단계 (구역 동결):** 감염 의심 구역의 동물, 자재, 인원 이동 즉시 통제 및 음압 가동.
 - **2단계 (정밀 진단):** AV가 부검, 조직병리, PCR 진단을 실시하여 병원체를 확정.
 - **3단계 (선택적 처치):** 감염군 전체 안락사(도태) 또는 수정란 이식을 통한 재유래(Rederivation) 시행 후 구역 전체 멸균 소독 실시.

제5장 마취, 진통 및 무균 수술 관리 (Anesthesia, Analgesia & Surgery)

5.1 마취 및 진통 관리의 필요성 [Why]

통증은 동물의 자율신경계와 심혈관계, 면역 반응을 교란시킨다. 적절한 마취 및 진통 관리는 윤리적 의무일 뿐만 아니라 통증에 의한 생리적 변수(Physiological confounding factor)를 차단하여 연구의 정밀성을 확보하기 위해 필수적이다.

5.2 무균 수술 및 마취 실무 가이드라인 [How]

- 1) **흡입마취 설정:** Isoflurane 사용 시 챔버 유도 3 ~ 5%, 마스크 유지 1.5 ~ 2.5% (산소 유량 1.0 ~ 1.5 L/min) 설정. 마취 깊이는 Foot-pinch 반사 및 호흡수로 확인.
- 2) **무균 수술 실무 (Aseptic Technique):**
 - 수술 부위 제모 후 Povidone-iodine과 70% Alcohol을 이용해 중앙에서 외곽으로 3회 교대 소독.
 - 멸균 수술 기구(Autoclaved), 멸균 장갑 및 마스크 착용 의무화.
 - 체온 저하 방지를 위해 수술 중 및 회복기에 온열 패드($37 \pm 1^{\circ}\text{C}$) 사용 필수.
- 3) **진통제 투여:** 수술 전 선제적 진통(Pre-emptive analgesia)으로 Meloxicam (1 ~ 2 mg/kg SC) 또는 Buprenorphine (0.05 ~ 0.1 mg/kg SC) 투여 후 최소 72시간 모니터링 및 기록.

제6장 인도적 엔드포인트 및 안락사 관리 (Humane Endpoints & Euthanasia)

6.1 인도적 엔드포인트 설정의 윤리적 근거 [Why]

동물실험에서 목표 데이터가 확보되었거나, 실험 과정 중 동물에게 극심한 고통이 수반되어 더 이상 연구 목적 달성이 불가능한 경우, 불필요한 고통을 종식시키기 위해 연구 종료 전 인도적 안락사를 결정하여야 한다.

6.2 임상적 평가 및 안락사 execution SOP [How]

- 1) **인도적 엔드포인트 임상 평가 기준 [What]:**
 - 기준 체중 대비 20% 이상 급격한 감소.
 - 24시간 이상 자발적 음수 및 섭식 불가, 전신 기강(Lethargy) 및 저체온증.

- 종양 크기가 체중의 10% 초과 또는 표면 궤양화/괴사 발생 시.

2) AVMA 지침 준수 안락사 실행 절차 [How]:

- CO₂ 가스 주입 시 기존 케이지 상태로 챔버에 수용(스트레스 최소화).
- 분당 챔버 용적의 30 ~ 70% 유량 속도로 CO₂ 주입.
- 동물의 호흡 및 심장 정지 확인 후, 반드시 2차 사망 확인 절차(경추탈골, 개심술 등)를 수행하여 미회복 상태를 보장함.

제7장 사육 환경 제어 및 생물안전 관리 (Environment & Biosafety Control)

7.1 환경 요소 제어의 과학적 배경 [Why]

온도, 습도, 환기, 조도 등의 환경 변수는 동물의 대사율, 행동 패턴, 체온 조절 및 서카디안 리듬(Circadian rhythm)에 직접적인 영향을 미친다. 미세한 환경 변동도 데이터 편차를 유발하므로 24시간 엄격한 정밀 제어가 필요하다.

7.2 환경 표준 및 ABSL 실행 절차 [How]

항목	표준 관리 범위	관리 및 측정 조치 [How]
온도	20 ~ 26°C (±2°C)	센서 기반 24시간 연속 자동 측정 및 모니터링
상대습도	30 ~ 70%	계절별 제습 및 가습 시스템 자동 연동
환기 횟수	시간당 10 ~ 15회 이상	양압/음압 차압계 일일 점검 및 필터 교체
조도/조기	130 ~ 325 Lux	12시간 Light / 12시간 Dark 자동 타이머 모니터링

- 1) **ABSL-2/3 운용 절차:** 작업자는 음압 유지 상태를 차압계로 확인 후 전용 PPE(N95, 전신 가운, 이중 장갑)를 착용하고 출입함. 케이지 개봉 및 미생물 작업은 반드시 Class II Biosafety Cabinet (BSC) 내에서 수행함.

제8장 약물 및 마약류 관리 규정 (Controlled Substances & Drug Management)

8.1 규제 물질 관리의 법적 필요성 [Why]

마약류 및 향정신성의약품, 오남용 우려 의약품의 유출 및 오용은 중대한 법적 처벌 대상이다. 또한 약물의 유효기간 경과나 오염은 마취 불충분, 고통 유발, 실험 데이터 변동 등의 심각한 수의학적 문제를 초래한다.

8.2 마약류 및 수의학적 약물 관리 실무 [How]

- 1) **보관 및 보안 관리:** 마약류는 이중 잠금장치가 설치된 금고에 보관하며, 열쇠/비밀번호는 AV 및 수의학 지정 관리자만 관리함.
- 2) **사용 기록 대장 작성:** 약물 사용 즉시 사용 일시, 연구과제 번호, 대상 개체 ID, 사용량, 잔여량, 사용자의 친필 서명을 실시간 기록함.
- 3) **폐기 절차:** 유효기간 만료 마약류는 관할 보건소에 폐기 신청 후 담당 공무원 참관 하에 폐기 처리하고 승인 서류를 보존함.
- 4) **일반 약물 점검:** 월 1회 의약품 전수 점검을 통해 개봉일 표기 및 만료 약물 즉시 격리 폐기.

제9장 환경 풍부화 및 행동 복지 관리 (Environmental Enrichment)

9.1 환경 풍부화(EE)의 복지적·과학적 필요성 [Why]

제한된 사육 환경은 실험동물에게 정형 행동(Stereotypy), 자해, 공격성 증대 등의 고통 반응을 유발한다. 적절한 환경 풍부화 제공은 본능적 행동(둥지 틀기, 이갈이, 은신)을 충족시켜 정서적·생리적 안정을 도모하고 고품질 연구 데이터를 얻게 한다.

9.2 종별 EE 적용 및 단독 사육 승인 절차 [How]

1) 종별 EE 물품 제공 규정 [What]:

- **마우스/랫드:** Nesting material(둥지재), Plastic Dome/Tube, Chewing block.
- **비글/대형동물:** Kong toy, 사회적 교류, 실외 운동장 일일 30분 이상 활동.
- **영장류:** Puzzle feeder, 거울, 높이 확보용 구조물.

2) 단독 사육(Single Housing) 예외 승인 절차 [How]:

- 서열 다툼으로 인한 상해, 수술 후 회복기, 감염병 치료 격리 시 AV 직권으로 단기 허용.
- 연구 목적상 단독 사육이 필수적인 경우 사전 IACUC 심의 승인을 득한 후 일지 작성.

제10장 작업자 보건 및 안전 관리 (Occupational Health & Safety, OHS)

10.1 OHS 프로그램 구축의 필요성 [Why]

동물실험 종사자는 실험동물 알레르기(Laboratory Animal Allergy, LAA), 물림·할퀴에 의한 상처, 인수 공통감염병(B-바이러스, 결핵 등), 물리적/화학적 위해 요소에 상시 노출되어 있으므로 작업자의 건강 보호 및 안전한 시설 환경 구축이 필수적이다.

10.2 위험 요소별 안전 실무 및 응급 대응 [How]

- 1) **LAA 예방 실무:** 케이지 교체 작업 시 Bedding Change Station(층류 작업대)을 가동하고, N95 마스크, 전용 작업복 및 장갑 착용을 의무화함.
- 2) **물림/바늘 찔림 사고 응급 대응 SOP:**
 - 즉시 흐르는 물과 세척 소독제로 상처 부위를 최소 15분 이상 세척.
 - Povidone-iodine 소독 후 OHS 담당자 및 AV에게 보고, 즉시 지정 병원 이송 및 경과 모니터링.
- 3) **영장류 B-바이러스 모니터링:** 영장류 접촉 연구자는 연 1회 정기 검진을 실시하고, 노출 즉시 전용 세척 키트 사용 및 항바이러스제 투여 프로토콜 가동.

제11장 비상 재난 관리 계획 (Disaster Preparedness & Emergency Response)

11.1 재난 관리 계획의 작성 목적 [Why]

정전, 단수, 화재, 지진 등 재해 발생 시 환경 제어 중단이나 시설 파손으로 동물 복지가 파극에 달하거나 생물안전 위험 병원체가 외부로 누출될 수 있다. 따라서 우선순위에 기반한 명확한 재난 대응 매뉴얼이 사전 마련되어야 한다.

11.2 상황별 비상 대응 실행 SOP [How]

- 1) **정전 시 대응:** 비상발전기 10초 이내 자동 가동 확인, HVAC 환기 및 온도 제어 우선 복구.
- 2) **단수 시 대응:** 예비 멸균 음수 재고(최소 3일분) 수동 공급 체계 전환.
- 3) **화재/지진 등 대형 재난 시 우선순위 판단 [How]:**
 - 우선순위 1 (인명 안전): 시설 내 종사자의 현장 탈출 및 인명 구조.
 - 우선순위 2 (생물안전): ABSL-2/3 구역 밀폐 및 고위험 병원체 외부 누출 차단.
 - 우선순위 3 (동물 구출 및 안락사): 구출 불가능 개체에 대해 AV 권한으로 인도적 안락사 실행.

제12장 AAALAC International 인증 관리 (AAALAC Accreditation)

12.1 AAALAC 인증의 중요성 및 윤리적 가치 [Why]

AAALAC International 인증은 기관의 동물 케어 및 사용 프로그램이 세계적 수준의 윤리적·과학적 표준을 준수함을 입증하는 객관적 지표이다. 이를 통해 연구 데이터의 대외 신뢰도를 증대시키고 지속적인 프로그램 자체 개선 체계를 유지할 수 있다.

12.2 DP 관리 및 현장 실사(Site Visit) 대응 실무 [How]

- 1) **프로그램 설명서(Description of the Program, DP) 작성 및 유지:** 수의학적 케어, 환경 제어, 시설 운용, IACUC 운영 등 4대 핵심 분야 지침 변경 사항을 매년 업데이트하며, 3년 주기 제출 대비.
- 2) **Site Visit 실사 대응 절차:**
 - 사전 자체 감사(Internal Audit)를 통해 시설 및 서류 결함 선제 보완.
 - 실사단 방문 시 AV가 수의학적 케어 전반을 직접 브리핑하고 사육실 및 실험 현장 동행 점검.
- 3) **결함 사항(Findings) 보완 및 보고:** Category 1(주요 결함) 발생 시 10일 이내 개선 조치 계획(Corrective Action Plan) 수립하여 AAALAC 본부에 제출.

제13장 특수 동물 사육 및 수송 관리 (Special Species & Transportation)

13.1 특수 동물 관리의 수의학적 요구성 [Why]

수생동물(제브라피쉬)이나 비인간 영장류 등 특수 동물 종은 일반 설치류와 생리적·환경적 요구 조건이 판이하다. 특수 종의 생리학적 요구 조건을 충족시키지 못하면 고통 증대와 대량 사동 및 연구 실패가 초래된다.

13.2 종별 사육 관리 및 안전 수송 실무 [How]

- 1) **제브라피쉬 수질 제어 [How]:** pH 6.8 ~ 7.5, 용존산소 6 mg/L 이상, 전도도 500 ~ 1500 μ S/cm 유지. 암모니아/질산염 정기 측정 및 순환여과 시스템 일일 점검.
- 2) **영장류 건강 관리 [How]:** B-바이러스 및 결핵(TB) 정기 지각 검사(Intradermal test) 실시, 심리적 복지 환경 풍부화 정기 순환 제공.
- 3) **동물 안전 수송 절차 [How]:**
 - 멸균 처리된 환기구 확보 수송 전용 상자 사용.
 - 수송 차량 온도(18 ~ 26°C) 유지 및 탈수 방지용 수분 젤(Water Gel) 설치. 입고 후 최소 24시간 모니터링.

제14장 기록 관리 및 정기 시설 점검 (Documentation & Inspection)

14.1 기록 보존의 법적·과학적 필요성 [Why]

모든 수의학적 처치, 환경 모니터링, 개체 관리 기록은 연구의 추적 가능성(Traceability)을 보장하고 법적·윤리적 감사 시 기관의 정당성을 증명하는 유일한 근거 자료가 된다.

14.2 법적 서류 관리 및 정기 점검 실무 [How]

서류 명칭	주요 작성 항목	법적 보존 기간 [What]
개체 관리 대장	종, 계통, 입고일, 공급처, 수량, 사용 이력	3년 이상
일일 점검표	온/습도, 차압, 사료/음수, 개체 이상 유무	3년 이상
마취/수술 일지	약물 투여량, 수술 내용, 회복 모니터링	3년 이상

- 1) **시설 장비 검증 절차 [How]:** Autoclave 생물학적 검증(Biological Indicator Test)을 월 1회 실시하고 멸균 성적서를 보존함.
- 2) **IACUC 정기 현장 점검 [How]:** 연 2회 이상 IACUC 주관으로 전체 사육 및 실험 시설을 점검하고 보완 요구서를 발행함.

제15장 유전자변형동물(GEM/LMO) 관리 (GEM & LMO Protocol)

15.1 LMO 관리의 법적 및 생태계 보호 필요성 [Why]

유전자변형동물(GEM)이 자연 생태계로 유출될 경우 생태계 교란 및 유전적 오염을 유발할 수 있다. 또한 면역결핍 계통 마우스는 병원체 감염에 매우 취약하므로 강화된 차단 사육 환경 관리가 필수적이다.

15.2 LMO 수속 및 차단 사육 관리 SOP [How]

- 1) **반입 법적 승인 절차:** 반입 전 과학기술정보통신부/질병관리청 승인·신고를 완료하고 LMO 사육 구역 표지 부착 및 이동·폐기 대장을 작성함.
- 2) **면역결핍 모델 사육 관리 [How]:**
 - IVC(Individually Ventilated Cage) 랙 사육, 멸균 사료·음수·베딩 공급.
 - 케이지 교체 작업 시 BSC 내에서 헤드캡, N95, 멸균 장갑을 착용하고 수행함.
 - 자발적 질환(당뇨, 종양) 발생 여부를 일일 예찰 및 기록함.

제16장 동물 퇴역 및 입양·분양 절차 (Animal Rehoming & Adoption)

16.1 동물 입양 프로그램의 윤리적 명분 [Why]

연구가 종료되었거나 번식에서 퇴역한 개체 중 건강 상태가 양호한 중·대동물(비글 등)을 인도적으로 안락사하지 않고 입양시키는 것은 동물 복지 제고 및 생명 존중 윤리 실천의 핵심 과제이다.

16.2 입양 적합성 평가 및 이행 절차 [How]

- 1) **수의학적 및 행동학적 평가:** AV가 건강 검진, 신체검사, 예방접종 및 중성화 수술을 시행하고, 공격성이 없고 사회화 상태가 양호한 개체를 입양 대상으로 선정함.
- 2) **IACUC 승인 및 계약 체결:** 입양 신청서 및 보호자 적합성 심사를 실시 후 IACUC 승인을 받음.
- 3) **사후 관리:** 보호자 교육 실시, 재실험 및 상업적 이용 금지 서약서 작성, 입양 후 6개월 간 사후 모니터링 실시.

제17장 동물 사체 및 감염성 폐기물 관리 (Waste Management)

17.1 폐기물 관리의 환경·보건적 중요성 [Why]

실험동물 사체 및 감염성 폐기물의 부적절한 처리는 공중보건상 위해를 초래하고 병원체 전파 및 환경 오염을 유발한다. 따라서 폐기물관리법 및 의료폐기물 기준에 따른 엄격한 수거 및 처리가 이루어져야 한다.

17.2 사체 및 폐기물 수거·폐기 실무 SOP [How]

- 1) **사체 보관 절차:** 발생 즉시 밀폐 전용 봉투에 봉인 후, -20°C 이하 전용 냉동고에 보관함. 지정 의료 폐기물 위탁 처리업체를 통해 정기 소각함.
- 2) **ABSL 감염성 폐기물 반출 절차 [How]:** ABSL-2 이상 구역에서 발생한 사체 및 고형 폐기물은 사육실 내 고압증기멸균기(Autoclave)로 멸균 처리 후 반출함.

제18장 공급업체 감사 및 품질 보증 (Vendor Audit & QA)

18.1 공급업체 감사의 필요성 [Why]

검증되지 않은 생산처의 동물 도입은 아임상 감염 및 유전적 오염을 일으켜 시설 전체 사육 군집을 위험에 빠뜨리고 연구 실패를 야기한다.

18.2 공급업체 평가 실무 [How]

- 1) **정부 등록 생산업체 이용 원칙:** 식약처 등록 실험동물 생산업체 이용을 표준으로 정함.
- 2) **Vendor Audit 수행 절차:** 연 1회 이상 공급업체의 미생물 모니터링 성적서, 사육 환경 시설, 수송 수단 및 수의학적 케어 프로그램을 서면 및 현장 방문 점검하여 평가표 작성.

제19장 연구자 교육 및 수의학적 실습 지도 (Education & Training)

19.1 연구자 교육의 필수성 [Why]

연구자의 동물 미숙련 다루기(Handling), 시술 오류, 마취 실패는 동물에게 불필요한 고통을 가하고 실험 데이터 변동을 야기한다. 따라서 AV의 수의학적 지도 하에 정규 교육을 이수한 연구자만 실험에 참여해야 한다.

19.2 Wet-lab 실습 교육 및 자격 승인 절차 [How]

- 1) **실습 교육 내용:** 투여(IV, IP, SC, PO), 채혈, 마취 모니터링, 무균 수술 및 안락사 기법 실습 지도.
- 2) **수의학적 인증제 (Wet-lab Certification):** 연구자가 AV 참관 하에 시술 평가를 통과한 경우에 한해 독자적 시술 권한(Certification)을 부여하고 PAM과 연계하여 모니터링함.

제20장 스마트 사육 시설 및 디지털 관리 (Smart Facility & Digital Systems)

20.1 스마트 관리 시스템 도입의 목적 [Why]

인적 수동점검의 한계를 극복하고 IoT 센서 및 전산화 관리 시스템을 통해 24시간 실시간 사육 환경 데이터를 수집·분석함으로써 이상 발생 시 신속히 대응하고 데이터 추적 가능성을 극대화한다.

20.2 디지털 제어 및 개체 관리 모니터링 [How]

- 1) **IoT 환경 감시 및 자동 알람 [How]:** 온·습도, 차압, 환기수 데이터를 24시간 모니터링하며, 임계치 이탈 시 AV 및 관리자 스마트폰으로 즉시 SMS 자동 알람 발송.
- 2) **RFID/QR 개체 관리 [How]:** 케이지 태그의 RFID/QR 코드를 스캔하여 개체 이력, 승인된 ASP 번호, 약물 투여 내역, 수술 일지를 디지털 통합 DB 시스템에 등록 및 관리함.