

Biyoteknolojide Deney Hayvanlarının Kullanımı

Anestezi ve Ötenazi

Doç. Dr. Emrah Şefik Abamor

Refinement

- Refinement kuralı ile ilgili olarak bir diğer durum ise hayvanların **acı çekme olasılıkları** vardır ve etik açıdan biz bunu önlemeli ya da en azından **minimum düzeye indirgemeliyiz.**
- Deneylerde acı verme olasılığı olan işlemler daha çok cerrahi çalışmalarda ve deney bitiminde uygulanabilecek ötenazi girişimlerinde olabilir.
- Bu nedenle içinde cerrahi girişim olan hiçbir şey **anestezi gerçekleştirilmeden yapılmamalıdır.** Gerektiğinde **lokal anestezi** uygulanarak sınırlı bir duyu kaybı da oluşturulabilir.

Anestezi

Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda, hayvanlara yapılan girişimler ağrı veya endişeye neden olur. Bu nedenle deney sonucunu etkilemeyecek uygun anestezi, analjezik veya trankilizan ajanların kullanımı gerekmektedir.

Anestezi tekniğinin seçimi kullanılacak hayvan türüne, uygulanacak cerrahi işlemin tipine ve süresine, araştırmanın deneyimine ve deneyin amacına bağlıdır.



Anestezi

- Kemirgenler küçük boyutlarından ve yüksek metabolizma hızlarından dolayı, sanılanın aksine, büyük hayvanlara göre **daha yüksek dozda anestezik madde ile anesteziye alınırlar.**
- Bazal metabolizma hızlarının yüksek olması nedeniyle, hipoglisemi olmasını engellemek için gıda verilmesi anesteziden 1-2 saat önce (erişkin hamster ve kobaylarda 4-6 saat önce) kesilmelidir. Su kısıtlaması ise yapılmamalıdır.



Deney hayvanlarında genel anestezi

- Enjeksiyon yoluyla
- İnhalasyon, yani anestezi madde solutarak gerçekleştirilir.

Tablo 3. Deney Hayvanlarına Anestezi Uygulanmasının Temel Amaçları

- * Hayvanın korkusunun azalması
- * Hayvanın girişime bağlı olarak ağrı hissetmesini önlemek
- * Deneyle ilgili girişimlerin güvenli ve rahat yapılmasını sağlamak
- * Araştırmacıyı korumak

Tablo 4. Anestezi Şeklinin ve Anestetik Maddelerin Belirlenmesinde Dikkat Edilecek Koşullar

- * Deney hayvanının türü ve yaşı
- * Uygulanacak işlemin travmatik ve fizyolojik etkileri
- * Uygulanacak işlemin süresi
- * Uygulanacak işlemin tekrarlanıp tekrarlanmayacağı
- * Başkaca girişimler nedeniyle tekrar anestezi uygulama olasılığı
- * Kullanılan anestetikğin araştırma sonuçlarına etkisi olup olmadığı

DENEY HAYVANLARI

- Yaptığımız işlemler deney sonuçlarımızı olumsuz etkilememek koşuluyla etik açıdan hayvanlarımızın ağrısını gidermemiz gerekir. Fakat bunun için öncelikle deneydeki **hayvanların ağrı duyup duymadıklarını doğru olarak saptamamız gerekir.**



DENEY HAYVANLARI

Tablo 5. Hayvanlarda Ağrı Varlığının Göstergeleri

Su ve gıda alımında azalma

Kilo kaybı

Tüylerin dikleşmesi

Duyarsızlaşma

Tükürük salgısında artma

Yalama ve çiğneme hareketi

Kambur pozisyonunda durma

Agresif davranışlar

Analjezikler

- ▶ Bilinç kaybı olmaksızın geçici olarak ağrıyı rahatlatan maddelerdir.
- **Narkotik Analjezikler (Opioidler)**
 - Morfin, Buprenorfin, Metadon, Fentanil, Meperidin, Pentazosin, Nalbufin
- **Non Narkotik Analjezikler**
 - Asetilsalisilik asit, Asetominofen
- **Nonsteroidal Antienflamatuvar**
 - Fenoprofen, ketoprofen, Karprofen, Fluniksin vb.

Analjezi

- Minör girişimler için sadece bir doz analjezik madde yeterli olabilir, ancak major girişimlerden önce ve sonra ilk 24 saat veya daha uzun süre gerektikçe narkotik analjezikler uygulanmalıdır.

Anestezi

Genel anestezi uygulamadaki amaç, bilinç kaybına bağlı analjeziyi ve narkoz halini sağlamaktır.



Anestezik ajanlara ek olarak verilen sekresyonları azaltan ajanların yanı sıra, hiporefleksi, hatta arefleksi sağlayan hem otonomik reflekslerin baskılayan hem de kasılan iskelet kaslarını gevşeten nöromusküler bloker ilaçlar, invaziv girişimi kolaylaştırır.

Anestezi Evreleri

Evre I (Analjezi): Ağrıya duyarsızlık evresidir, amnezi gelişir.

Evre II (Disinhibisyon): Reflekslerde artma, öğürme, inkontinans, irregüler respirasyon gibi eksitasyon evresidir, deliryuma kadar gidebilir. Mümkün olduğunca hızlı atlatılması gereken bir dönemdir.

Evre III (Cerrahi Anestezi): Bilinç kaybı, ağrı reflekslerinin yok olması, regüler respirasyonun yeniden sağlanması ve kan basıncının korunması sağlanır. Cerrahi girişim için en uygun evredir.

Evre IV (Meduller Depresyon): Ventilasyon ve farmakolojik destek gerektiren respiratuvar ve kardiyovasküler depresyon evresidir, diriltici önlem alınmazsa ölümle sonuçlanır.

Anestezik Ajanlar

▶ Lokal anestezikler

- **Prokain (novokain) ve Lidokain (ksilokain)**

▶ Genel anestezikler

○ Enjekte edilen anestezikler

- **Barbitüratlar** (Pentobarbital, Tiyopenton, Metobeksiton)
- **Disosisatif anestezikler** (Ketamin)
- **Steroid anestezikler** (Alfaksalon / Alfadolon)
- **Nöroleptanaljezikler** (Fentanil, Etorfin +asepromazin, fluanizon)
- **Diğer Anestezik Ajanlar** (Kloral Hidrat, Alfa-Kloraloiz, Üretan)

▶ İnhalan anestezikler

- **Eter**
- **Metoksifluran**
- **Halotan**
- **Sevofloran**
- **İzofluran**

Trankilizan ve Sedatifler

- ▶ Trankilizasyon hastanın gevşediği veya çevresiyle ilgisiz olduğu davranış değişikliği durumudur. Sedasyon hastanın uyanık fakat sakin olduğu ılımlı santral depresyondur.
- **Fenotiazinler** (Asepromazin/veya asetilpromazin, klorpromazin, promazin)
- **Butirofenonlar** (Droperidol, azaperon, fluanizon)
- **Benzodiazepinler** (Diazepam, zolazepam)
- **Alfa-2 adrenerjik agonist trankilizanlar** (Ksilazin)
- **Barbitüratlar** (Sodyum pentobarbital)* *yüksek dozları anesteziiktir.
- **Kloral türevleri** (Kloral hidrat)* *yüksek dozları anesteziiktir.
- **Antikolinerjikler** (Atropin)

Lab. hay. kullanılan anestezikler dozları ve veriliş yolları

	Fare	Rat	Tavşan	Kobay	Koyun	Domuz
Ksilazin+ Ketamin (mg/kg)	5-16+100-200 İP,İM	5-8+75-90 İP,İM	2,5-10+20-40 İM	0.1-5+30-44 İM	0.1-0.2+10-15 İM	1-2+6-10 İM
Diazepam+ Ketamin (mg/kg)	3-5+50-150 İP,İM	5-10+45-60 İP	5-10+30-60 İM	5-8+60-100 İM	0.1+4.4 İV	1-2+10-18 İM
Thiopental (mg/kg)	25-50 İP,İV	20 İV	15-30 İV	---	---	6-15 İV
Pentobarbital (mg/kg)	30-90 İP,İV	30-40 İV	20-60 İV	15-28 İP	25-30 İV	20-30 İV
Tiletamin+ Zolezepam (mg/kg)	50-100 İP	5-25 İV	32-64 İM	10-80 İM,İP	4-12 İV	4.4 İM
Propofol (mg/kg)	20-30 İV	7-10 İV	5-10 İV	---	3-4 İV	3 İV

Ketamin+Ksilazin

- Ketamin anesteziinde kalp atım hızı, sistemik kan basıncı, pulmoner arter basıncı, kalp debisi artar. Oküler, oral, faringeal, laringeal refleksler korunurken, tükürük sekresyonu ve kas tonusu artar, istemsiz hareketler görülür.



Ketamin+Ksilazin

- İyi bir anestezi için tüm bu olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla ketamin, ksilazin ile kombine edilerek kullanılır.
- Ketamin + ksilazin kombinasyonu; ketaminin istenmeyen etkilerini (deliryum, sekresyon artışı) ortadan kaldırmak amacıyla kullanılır. Kas gevşemesini, analjeziyi sağlar
- Anestezi süresini, immobilizasyonu uzatmak amacıyla kullanılır

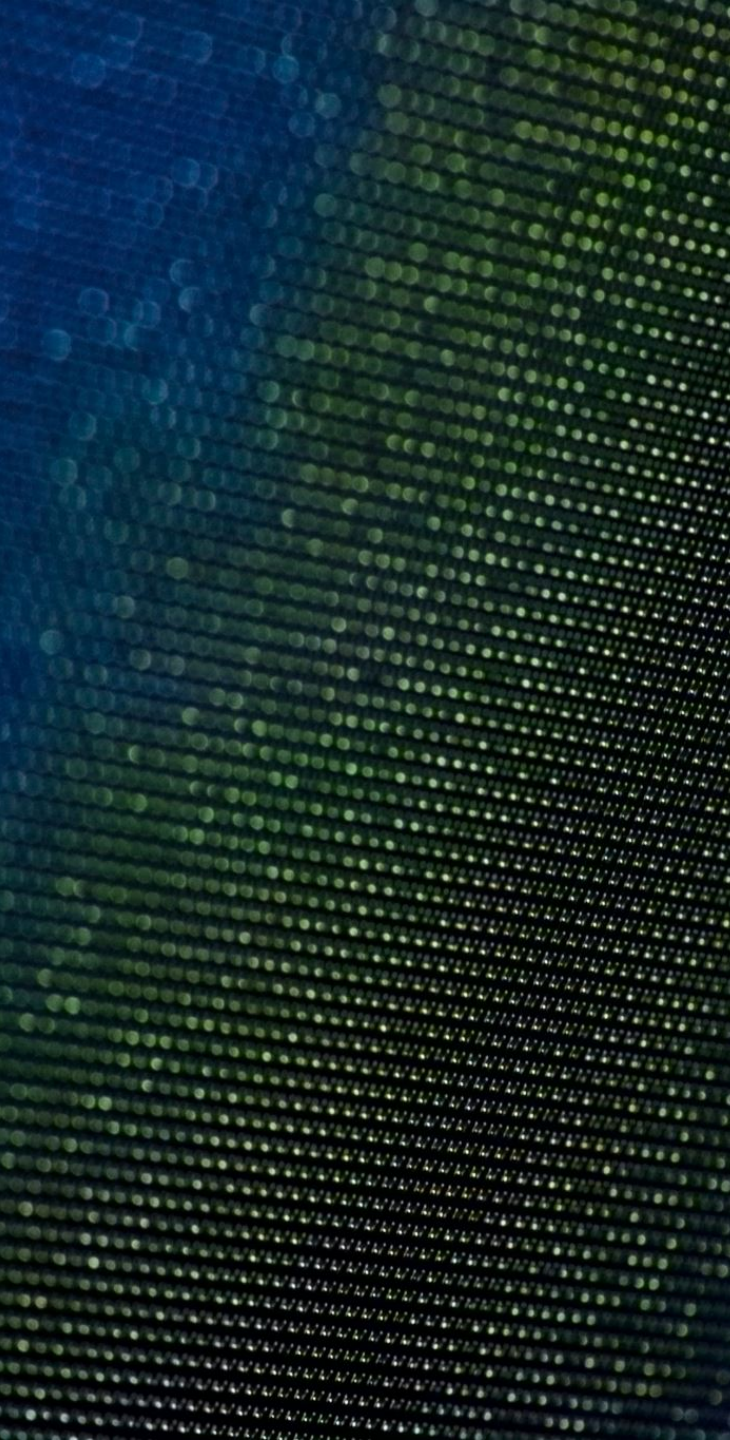


Lab. hay. kullanılan transkilizan/sedatifler dozları ve veriliş yolları

	Fare	Rat	Tavşan	Kobay	Koyun	Domuz
Atropin (mg/kg)	0.02-0.05 SC,İM,İV	0.05 SC,İM,İP	0.05-1 SC	0.05 SC	0.02-0.05 İM,İV,SC	0.04-1 SC
Glikoprolat (mg/kg)	0.01-0.02 SC,İM,İV	0.5 İM	0.01-0.02 SC, İM	0.01-0.02 SC,İM	---	0.01 SC
Asepromazin (mg/kg)	1-5 SC,İP	1 İM	1-10 İM	2.5 SC	0.05-0.1 İM	0.03-0.1 İM
Diazepam (mg/kg)	3-5 İP	5-15 İP,İM,İV	5-10 İM 1-2 İV	5 İP	1-2 İV,İM	1-10,İM 0.5-2, İV
Midazolam (mg/kg)	1-2 İP,İV	---	2 İV,İP	---	---	0.1-0.5 İV,İM
Ksilazin (mg/kg)	2.5-10 İP,İM	10 SC,İP	5 İM,İV	5-40 İM	0.015-0.3 İM,İV	1-3 İM,İV
Droperidol+ Fentanil (ml/kg)	1-10 İM	0.13-0.33 İM,İP	0.125-0.22 İM	0.44-0.88 İM	---	0.1 İM

Lab. hay. kullanılan inhalasyon anestezikleri ve konsantrasyonları

	İndüksiyon konsantrasyonu	İdame konsantrasyonu
Eter	%15-20	%5
Halotan	%4-5	%1-2
İzofloran	%4	%1.5-3
Sevofloran	%3-5	%2-3
Metoksifluran	%4	%0.5-1



izleme

Anestezinin derinliği dikkatlice izlenmelidir.

Anestezisi çok hafif hayvanlar ağrıya maruz kalırsa girişim esnasında hareket eder.

Anestezisi çok derin hayvanlarda kardiyovasküler arrest riski fazladır.

izleme

Anestezi çok hafif ise düzeyi artırılmalı, çok derinse gaz anestezisindeki hayvanların anestezisi kısıtlanmalıdır.



Enjekte edilen anesteziklerle anestezi çok derinse doğrudan anestezi düzeyi hafifletilemez.



Bunun için anestezikler metabolize oluncaya kadar ve hayvanın anestezi düzeyi normale gelinceye kadar solunum ve kardiyovasküler destek sağlanmalıdır.

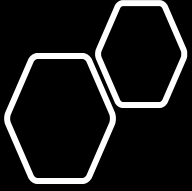
Anestezinin İzlenmesi

Refleksler: Aşağıdaki refleksler verilen sırayla anestezi derinleşirken kaybolur:

Palpebral refleks- Göz kapaklarına dokunma gözde kırışmaya neden olur. Gözlerini kırpyorsa anestezi hafiftir.

Çimdikleme Refleksi- Ayak parmağını çimdikleme ağrıya neden olur. Hayvan ayağını çekiyorsa anestezi hafiftir, yeterince derin değildir. Ayağını çekmiyorsa ağrıyı algılamamaktadır.

Korneal Refleks- Pamukla veya iplikle korneaya dokunma göz kırpmaya neden olur. Hayvan kornea refleksini kaybetmişse anestezi çok derindir.



Anestezinin İzlenmesi

- Kardiyovasküler fonksiyonu ve vücut sıcaklığını izlemek:
- Hayvanın anestezisi derinleşirken solunum ve kardiyak debi azalır; kanın oksijenazasyonu ve doku perfüzyonu bozulur. Sonuçta kan basıncı ve sıcaklık azalır.
- Bunun aksine kalp atım sayısında ve kan basıncında artma hayvanın ağrı hissettiğini ve anestezinin hafiflediğini gösterir.

Normal Fizyolojinin Sürdürülmesi ve İzlenmesi

1. Entübe Etmek: Enjekte edilebilen anestezikler kullanılsa bile hayvanın trakeası entübe edilmelidir.

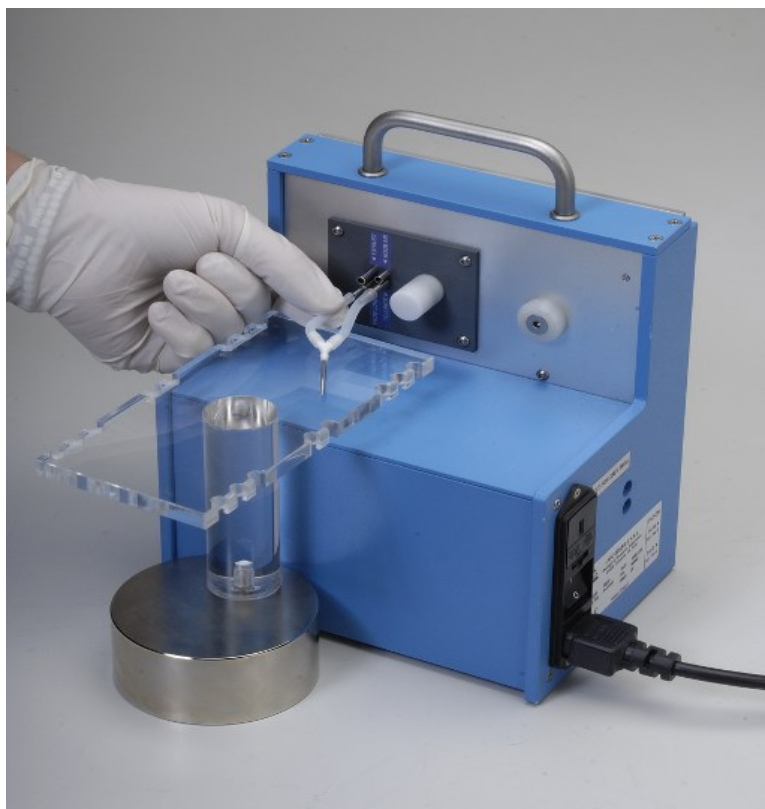
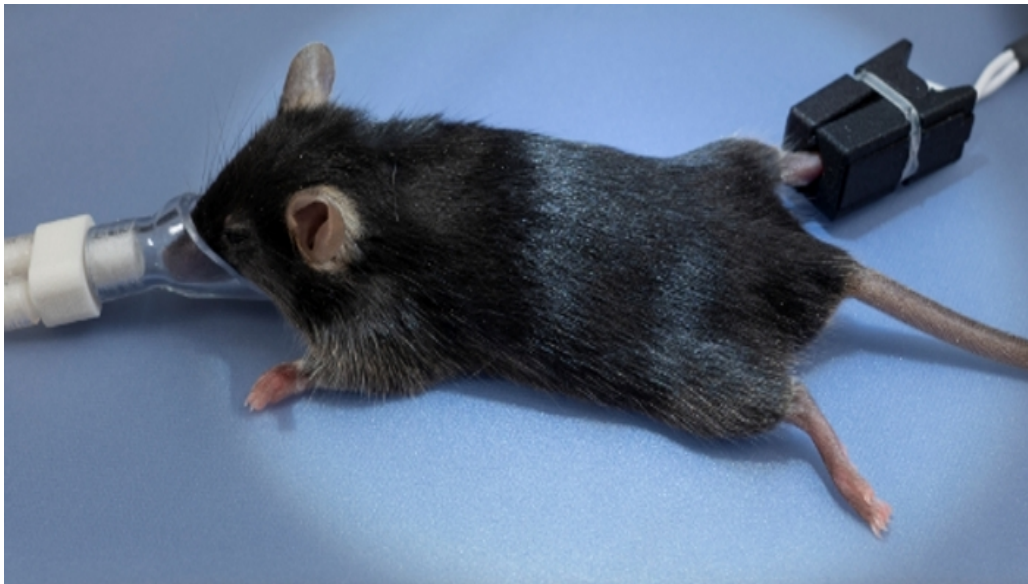
Entübasyon sıçan ve daha büyük laboratuvar hayvanlarında başarılabılır.

Bu aspirasyon pnömonisini önler ve hayvanın soluması duracak olursa buradan solunum sağlanır.



Normal Fizyolojinin Sürdürülmesi ve İzlenmesi

- Solunuma Yardım Etme: Bu mekanik ventilatörle sağlanabilir. Anestezi fazla verilmişse yardımcı olabilir.
- Şayet hayvan entübe edilmemişse hayvanın ağzı kapatılarak; burnuna lastik huni veya yüze lastik huni konarak ventilasyon sağlanabilir.



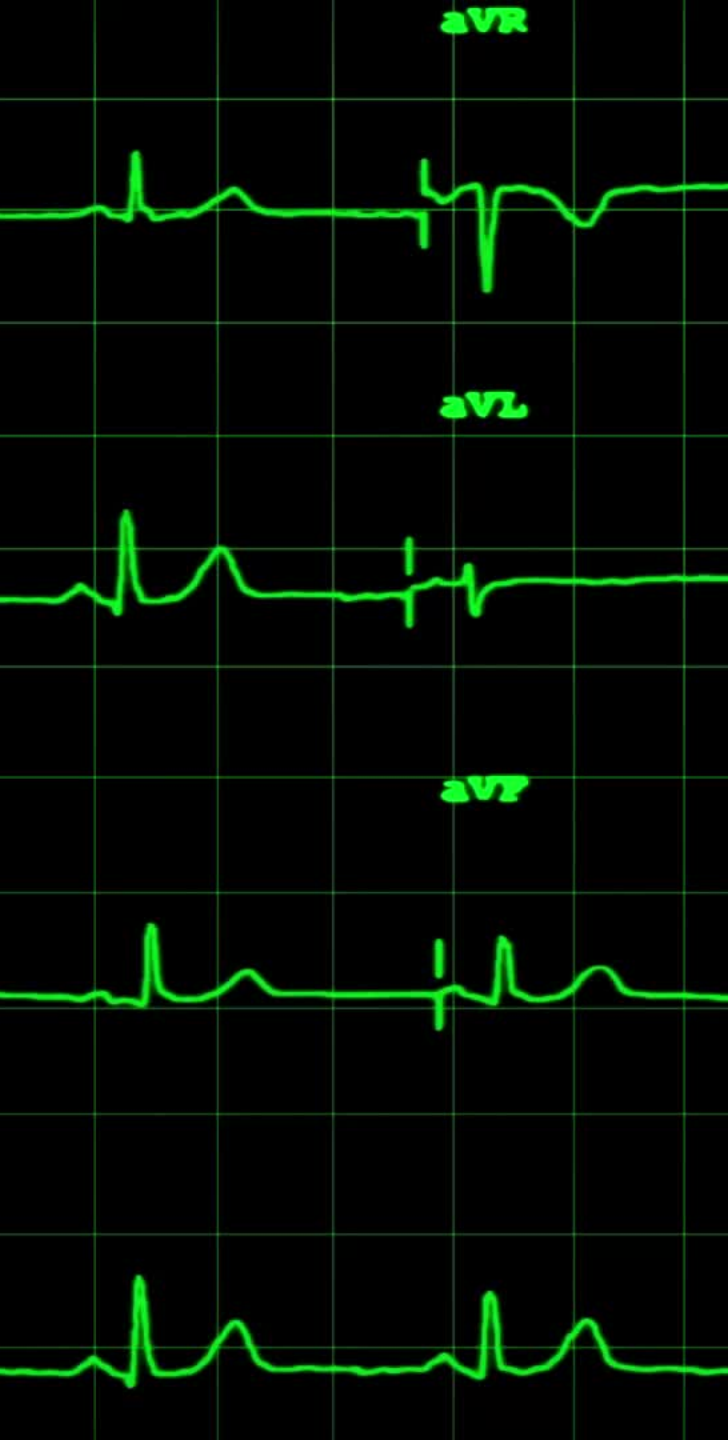


Normal Fizyolojinin Sürdürülmesi ve İzlenmesi

- Sıvı Tedavisi / Kardiyovasküler Destek
- Birçok anestezi kalbe ve damarlara etkili olup kalp debisini ve kan basıncını azaltır. Anestezi ve cerrahide sıvı tedavisi gereklidir. Hidrasyonda cerrahi ve anestezinin etkisini en aza indirmek için:
- İntravenöz kateter yerleştirmeli; sıvı verme, kan alma, ilaç verme yapılabilir.
- Mümkünse intravenöz destek sıvı verilmeli; değilse intraperitoneal veya subkutan verilmelidir.

Normal Fizyolojinin Sürdürülmesi ve İzlenmesi

- Hidrasyon durumu izlenmelidir: Fazla sıvı verildiğinde (overhidrasyon) sık idrar yapma ve pulmoner ödem görülür.
- Verilen sıvı az olacak olursa (underhidrasyon) müköz membranlarda yapışma, deri elastikiyetinde azalma, göz çukurlarının içine gözlerin çökmesi , kan basıncında azalma ve kalp atım sayısında artma meydana gelir.



Normal Fizyolojinin Sürdürülmesi ve İzlenmesi

- Kan kaybını yerine koymak için serum fizyolojik veya laktatlı ringer verilebilir. Kaybettiği kan miktarının 3 katını intravenöz olarak yavaşça verilmeli; hematokrit izlenmelidir. %20'nin altına düşerse tam kan verilmelidir.



Normal Fizyolojinin Sürdürülmesi ve İzlenmesi

- Termoregülasyon
- Hayvanlar anestezi altında sıklıkla hipotermiktir. Soğuk gazların inhalasyonu, vücut boşluklarının oda havasına maruz kalması ve normal termoregülatör mekanizmaların ve davranışın kaybına neden olur.
- Hipotermi solunum ve kardiyak fonksiyon dahil tüm fizyolojik fonksiyonları deprese eder; anesteziklerin metabolizması yavaşlar, uyanma gecikir. Bunların hepsi anesteziden ölüme katkıda bulunabilir.

Anestezi Doz Aşımının Göstergeleri

- Nabız hissedilemeyecek kadar zayıftır.
- Kan basıncı şok düzeyine azalır.
- Kalp ritim bozuklukları görülebilir.
- Kapiller yeniden dolma süresi 3 saniyeye veya daha fazla süreye uzar.
- Solunum yavaş ve düzensizdir; diyafragmatik olur veya durabilir.
- Mukoz membranlar veya deri rengi soluk veya siyanotik olabilir.
- Kardiyovasküler, santral sinir sistemi, kas-iskelet, gastrointestinal ve oküler refleksler oldukça azalır veya yok olur.

Anestezi
Doz
Aşımında
Yapılacak
İşlemler

Oksijenle mekanik olarak
ventilasyon

İntravenöz veya
intraperitoneal olarak
izotonik sıvıların verilmesi;

Vücut sıcaklığını artırmak
için hayvanı ısıtma

Ötenazi

- Ötenazi ağrısız ve stressiz bir şekilde bilinçli olarak yaşamın sonlandırılmasıdır. Hayvan acı çekiyorsa, ağrı içinde ise, tedavi edilemeyecek bir hastalık varsa ve deneyin amacı için yaşaması gerekli değilse bu hayvanın yaşamasına son verilmesi önerilir.

Ötenazi

Araştırma protokolüne göre gerekliyse,

Analjezik, sedatif ve diğer tedavilerle hayvanın ağrı ve sıkıntısı giderilemiyor ise veya

Hayvanlar ölmek üzere ise uygulanmalıdır.

Kemirgenlerde can çekişme bulgu ve işaretleri

Gezintisinin bozulması, yiyeceğine ve suyuna gidememesi, gıda ve su alımının durması (kronik anoreksi).

Kas atrofisi bulgusu veya anormal zayıflamanın diğer bulguları, belirgin kilo kaybı (hızlı $>\%15$ veya devamlı $>\%20$) ile şiddetli dehidrasyon

Letarji (fiziksel ve mental uyanıklığının kaybı, uyuşukluk, aktiviteden hoşlanmama), nekroz ve kanama, solunum zorluğu, santral sinir sistem bozuklukları, kronik diyare veya kabızlık

Kemirgenlerde
can çekişme
bulgu ve
işaretleri

Ayağa kalkamama, epileptik davranışların ortaya çıkması, kendisine zarar vermeye başlaması, beden ısısında daimi ve belirgin düşme ($<34^{\circ}\text{C}$)

Tümör boyutlarında büyüme (fare için vücut ağırlığının $> \%10'$ u veya $\sim 2 \text{ cm}^3$, sıçan için vücut ağırlığının $> \%10'$ u veya $\sim 40 \text{ cm}^3$)

- Bu çalışmaların en önemli takip parametresi de **kanserli hayvanların yaşam süreleridir**. Kontroller sırasında hayvanımızın artık **terminal noktada** olduğunu ve **acı çektiğini** görürsek, bu durumda da **deneyi sonlandırmalıyız**.

DENEY HAYVANLARI

- Deney tamamlandıktan sonra hayvanlardan gerek kan, gerekse doku örnekleri almak için onlara **ötenazi** uygulanması gerekir. **Ötenazi iyi, güzel ölüm anlamındadır.** Deney hayvanlarına etik davranılmasının beklide en fazla gereken aşamalarından biridir.

- Ötenazi iki yolla yapılabilir.

Bunlar;

✧ **Kimyasal ötenazi**

✧ **Fiziksel ötenazi**

yollarıdır.

DENEY HAYVANLARI

Kimyasal ötenazide işlem ;

- Yüksek doz anestetik madde uygulanarak gerçekleştirilebilir. **Bu yöntemde enjektabl veya inhalasyon anestetikler kullanılabileceği gibi, CO veya CO₂ gazları solutturma yöntemi de kullanılabilir.**
- CO gazını kullanırken çalışanların sağlığı açısından çevreye sızıntının olmamasına dikkat edilmesi gerekir.

Kimyasal Yöntemler

▶ İnhalan maddeler

- ▶ İnhalan anestezipler (ör, eter, halotan, metoksifluran, izofluran ve enfluran)
- ▶ Karbon Dioksit (CO_2)
- ▶ Azot, Argon
- ▶ Karbon Monoksit (CO)

▶ İnhalan Olmayan Farmasötik İlaçlar

- ▶ Barbitürik Asit Türevleri, Pentobarbital Kombinasyonları
- ▶ Kloral Hidrat
- ▶ Kloral Hidrat, Magnezyum Sülfat ve Sodyum Pentobarbitalin Kombinasyonu

Kimyasal Yöntemler



İnhale edilen herhangi bir gazın etkili olması için alveollerde belirli konsantrasyona ulaşması gerekir. Bu maddelerle ötenazinin gerçekleşmesi için belirli bir zamana ihtiyaç vardır.

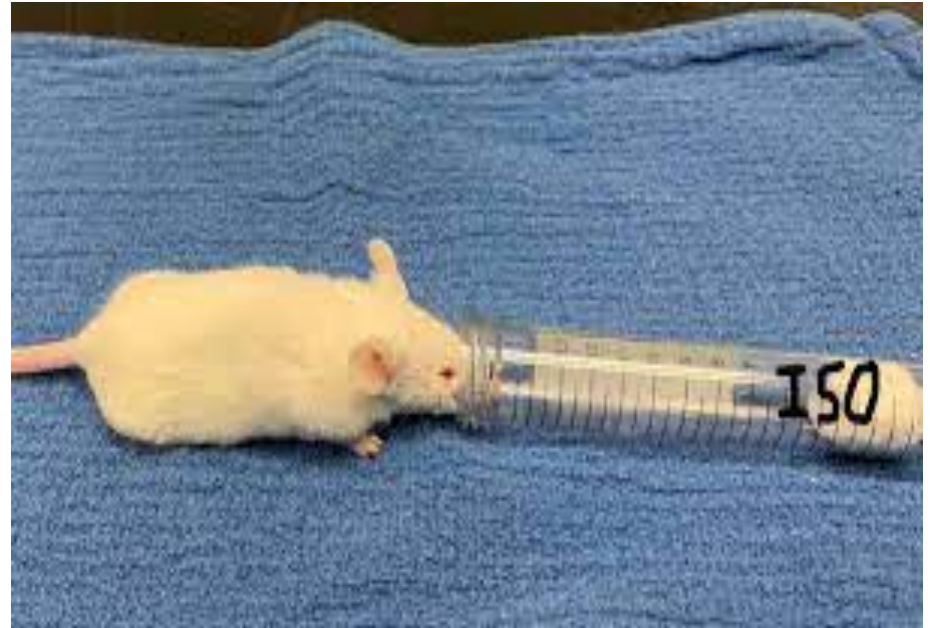
Bilinç kaybının başlangıcı çok hızlıdır ve hayvan yüksek konsantrasyonda bu maddelere aniden maruz kalırsa ötanazi daha insani olur.

İnhalan Anestezikler

- Küçük hayvanların (<7 kg) ötenazisinde yaygın kullanılırlar.
- Bu grupta yer alan anesteziklerden halotan, enfloran ve izofloran anesteziyi süratle indükleyerek, etkin bir ötenazi sağlarlar.
- Eterin ise anestezik etkisi yavaştır, kolay alev alabilmesi nedeniyle de ciddi bir riske sahiptir. Öncelikli düşünülmemelidir.

İnhalan Anestezikler

- İnhalan anestezik ajanlarla ıslatılmış pamuk veya gazlı bez içeren kapalı bir kaba hayvan konmalıdır. Anestezikler buhar makinesinden de verilebilir, fakat bu yol indüksiyon zamanını uzatır. Solunum duruncaya kadar buhar inhale edilir ve ölüm gerçekleşir.





DENEY HAYVANLARI

- Ötenazi maddelerinin bizim deney sonuçlarımız üzerinde olumsuz etkileri olduğu anlaşılırsa, kaçınılmaz olarak **fiziksel ötenazi yöntemine** başvururuz.

DENEY HAYVANLARI

Fiziksel ötenazi işlem;

Tablo 6.Etik Kurulların İzin Verebileceği Fiziksel Ötenazi Yöntemleri

***Servikal dislokasyon** (Hayvanın boyun omurlarının ani bir hareketle yerlerinden kaydırılması.)

***Dekapitasyon** (Hayvanın boynunun giyotinle aniden kesilmesi)

* **Sıvı azot içinde dondurma** (Sadece küçük hayvan türlerine uygulanabilen aniden hayvanın -196C'ye atılması işlevi)

* **Mikrodalga** (Nörolojik araştırmalar için geliştirilmiş özel mikrodalga sisteminin beyine uygulanıp enzimlerin fiske edilmesi)

• **Büyük hayvanlarda karotis damarının kesilmesiyle**

• **Ateřli silahlar** (büyük hayvanlarda ender olarak uygulanır)

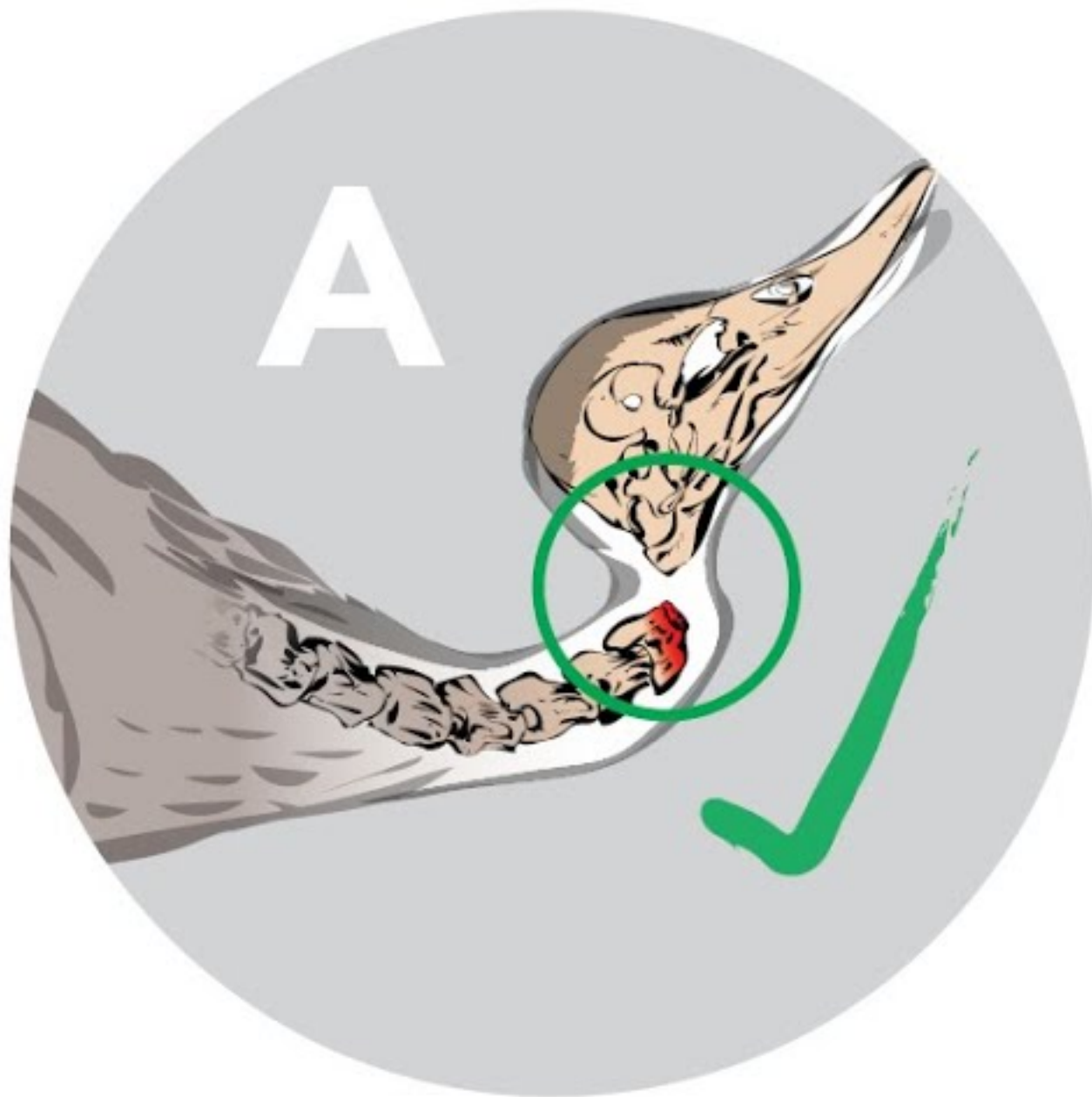
***Elektrik akımı uygulanması** (bu yöntemde oldukça az uygulanır)

- **Damar içi Potasyum verilmesi işleminin**, şimdi tek başına uygulanması yasaklanmıştır. Potasyum eğer hayvan başka bir anestetik yöntemin etkisiyle baygın vaziyette ise uygulanabilir. Ayrıca **Sitriknin, Kafein, Nikotin, Magnezyum Sülfat ve bütün nöromüsküler blok ajanlarının** uygulanmalarına da izin verilmemektedir.
- Deneyler sırasında aç bırakma veya başka bir nedenle hayvanların **ağırlıklarının ancak %20** si kadarını kaybetmelerine izin verilir.

Servikal Dislokasyon

- Servikal dislokasyon kümes hayvanları, diğer küçük kuşlar, fare ve immatür tavşan ve sıçanlarda kullanılır.
- Fare ve sıçanlarda baş ve işaret parmağı kafa kaidesinde boynun her iki yanına yerleştirilir veya alternatif olarak kafa kaidesine bir çubukla bastırılır.
- Diğer elle kuyruk kökü veya arka bacaklar çabucak çekilir; servikal vertebranın kafa tasından ayrılmasına neden olur.





Servikal Dislokasyon-2

► Avantajları

- Servikal dislokasyon, hızlı bilinç kaybına neden olan bir tekniktir.
- Kimyasal olarak doku kirlenmez.
- Süratlidir.

► Dezavantajları

- Servikal dislokasyon, personel için nahoş bir olaydır.
- Beynin elektriksel aktivitesi servikal dislokasyondan sonra 13 saniye devam eder.
- Kullanımı kümes hayvanlarına, küçük kuşlara ve fare ve immatür tavşan ve sıçana sınırlıdır.

Dekapitasyon

- ▶ Dekapitasyon, kemirgenler ve küçük tavşanları ötanazi etmek için çok yaygın olarak kullanılır. Ticari olarak satılan özel dizayn edilmiş giyotinler kullanılır.
- ▶ **Avantajları**
 - ▶ Dekapitasyon hızlı bilinç kaybına neden olan bir tekniktir.
 - ▶ Dokular kimyasal olarak bulaşık değildir.
 - ▶ Oldukça hızlıdır.
- ▶ **Dezavantajları**
 - ▶ Uygulayan veya seyreden kişi için hoş değildir.
 - ▶ Bu tekniği uygulayan personel giyotinin tehlikesini bilmeli ve personelin zarar görmemesi için önlem alınmalıdır.
 - ▶ Beyinde elektriksel aktivite, dekapitasyondan sonra 13-14 saniye devam eder.

Mikrodalga Işınlama

- ▶ Mikrodalga ısınlama ile ısıtma, başlıca beynin anatomik bütünlüğü devam ederken, in vivo beyin metabolitlerini sabitleştirmek için nörobiyologlar tarafından kullanılır. Mikrodalga cihazı, mutfakta kullanılan mikrodalga cihazından farklı, laboratuvar sıçan ve farelerinin ötenazisinde kullanım için özel yapılmıştır. Maksimal gücü 1.3-10 kW arasında değişebilir.
- ▶ **Avantajları**
 - ▶ Bilinç kaybı 100 milisaniyeden daha az sürede başlar.
 - ▶ Beyin enzimlerini çalışmak için beyin dokusunu sabitleştirmede en etkin yöntemdir.
- ▶ **Dezavantajları**
 - ▶ Alet pahalıdır.
 - ▶ Bu aletlerde sadece sıçan ve fare ötanazi edilir.

Tablo 5. Laboratuvar hayvanlarında ötenazi amacı ile kullanılan yöntemler ve değerlendirilmesi

İlaç	Etkileme hızı	Etkinliği	Kullanım kolaylığı	Güvenlik	Anestezik etkinliği	*Değerlendirme (1 - 5)	Uyarı
Halotan, Enfloran, İsofloran	++	++	++	+	++	5	Kabul edilebilir
Sodyum pentobarbital	++	++	+	+	++	5	Kabul edilebilir
T-61	++	++	-	+	++	4	Sadece İV uygulandığında
Inert gazlar (Ar)	++	+	++	+	+	4	Kabul edilebilir
Beyin sarsıntısı	++	++	+	++	-	3	Diğer yöntemler tercih edilmelidir
Servikal dislokasyon	++	++	+	++	-	3	Sadece deneyimli kişiler tarafından uygulanmalıdır
Mikrodalga	++	++	-	++	+	3	Diğer yöntemler tercih edilmelidir
Dekapitasyon	+	+	+	++	-	2	Diğer yöntemler tercih edilmelidir
Karbon dioksit	+	++	++	+	++	1 (tek kullanıldığında) 5 (hayvan bilinçsiz ise)	Hayvan bilinçsiz iken uygulanmalıdır.
Karbon monoksit	+	+	+	-	++	1	Uygulayan kişi için tehlikelidir
Hızlı dondurma	-	+	++	++	-	0	Kabul edilemez