

روشهای متداول بیهوشی

ونکات مهم در تنفس مصنوعی حیوانات آزمایشگاهی

دکتر مهدی سلیمی* دکتر محمد خوئی*

مقدمه :

انتخاب تکنیک بیهوشی رابطه مستقیم با اختلافات فیزیولوژیکی و تشریحی بین انواع حیوانات و حتی بین افراد یک نوع دارد. براین اساس، برای بکار بردن روش مطمئن تر بایستی نکات ضروری ذیل را همواره مورد توجه و دقت کامل قرار داد:

تنفس - عامل مهمی که در میزان جذب اولیه ماده بیهوشی استنشاقی مؤثر است تهویه حبابچه‌ای میباشد که برابر است با حاصل ضرب تعداد تنفس در دقیقه ضرب در تفاضل بین حجم هوای جاری و حجم فضای مرده (dead space). بدیهی است که حجم هوای جاری مقدار هواییست که در هر تنفس عادی وارد دستگاه تنفس شده و یا از آن خارج میشود. فضای مرده تشریحی عبارت است از حجم داخل راههای تنفس، که از دهان و بینی تا حبابچه‌های ریوی ادامه دارد.

پس از وصل دستگاه بیهوشی به حیوان، فضای مرده مساویست با فضای مرده تشریحی با اضافه حجم قسمتهائی از دستگاه که بعد از بازدم دوباره هوای آن بدون تغییر (مخلوط نشدن با هوای خارج) بادم بعدی وارد ریه حیوان میشود.

* گروه دانشگاهی فیزیولوژی و فارماکولوژی و فیزیک پزشکی (۳ف) - دانشکده

پزشکی.

حجم دقیقه‌ای (سا نیتومتر مکعب در دقیقه)	حجم هوای جاری (سا نیتومتر مکعب بر کیلو وزن بدن)	حجم هوای جاری (سا نیتومتر مکعب)	تنفس (تعداد در دقیقه)	وزن بدن (کیلو گرم)	حیوان
(۶۱۰۰-۴۴۰۰)۵۹۴۰	۱۳/۹	(۴۳۲-۲۵۱)۳۳۰	(۳۷-۱۱)۱۸	۲۳/۷	سگ
۳۲۲	۵/۱	۱۲/۴	۲۶	۲/۴۵	گربه
۵۱۰	۲/۲۵	۶	۸۵	۲/۵	خرگوش
(۳۸۰-۹۰)۱۶۲	۳/۸	(۳/۹-۱)۱/۸	(۱۰۴-۶۹)۹۰	۰/۴۷۱	خوکچه‌هندی
(۱۰۲-۵۰)۷۳	۷/۷	۰/۸۶	(۱۱۴-۶۶)۸۵	۰/۱۱۲	موش صحرائی
(۳۶-۱۱)۲۴	۷/۵	(۰/۲۳-۰/۰۹)۰/۱۵	(۲۳۰-۸۴)۱۶۳	۰/۰۲۰	موش سفید
(۸۳-۲۵)۵۹	۸/۸	(۱/۲-۰/۴۲)۰/۸۰	(۱۲۷-۳۳)۷۴	۰/۰۹۱	هامستر
(۱۴۱۰-۳۱۰)۸۴۰	۷/۸	(۲۹-۹/۸)۲۱	(۵۲-۳۱)۴۰	۲/۶۸	میمون

همانطوریکه در جدول صفحه قبل مشاهده میشود تغییرات وسیعی در حجم هوای جاری و حجم دقیقه‌ای حیوانات مختلف وجود دارد ولی اختلافات کوچکی بین انواع حیوانات در نسبت حجم هوای جاری بر وزن بدن آنها موجود میباشد. حجم جاری برای هر کیلو گرم وزن موش سفید تقریباً برابر میمون است و حال آنکه حجم دقیقه‌ای موش فقط ۳ درصد میمون میباشد و وزن آن نیز ۴ - ۵ درصد وزن میمون است. موش برای رفع احتیاجش با کسیرن زیاد در حال استراحت (۱۲ مرتبه بیشتر از انسان) مجبور است حجم کافی گاز تبادل کند تا بتواند جبران اختلاف ناچیزی را که بین حجم هوای جاری (۰/۱۵) و فضای مرده دارد بنماید. حجم کم هوای جاری در این حیوان قدرت آنرا برای مقابله با ازدیاد فضای مرده که در اثر استعمال دستگاه بیهوشی حاصل میشود شدیداً محدود مینماید و کاربرد این چنین دستگاههایی را برای موش خطرناک میسازد.

در حیوانات بزرگ (سگ - میمون و گربه) افزایش فضای مرده تا چند سانتیمتر مکعب اشکالات زیادی روی تهویه حبابچه‌ای ایجاد نمیکند. بهر حال با کم شدن وزن حیوان (از خو کچه‌هندی تا موش سفید) حتی چند ده سانتیمتر مکعب فضای مرده اضافی ممکنست خطرناک باشد. وقتیکه سایر اثرات جانبی بیهوش کننده‌های عمومی را هم در نظر بگیریم (از قبیل: نقصان حجم هوای جاری، کم شدن تعداد تنفس، مشکلات جذب کافی ماده بیهوشی، کاهش اکسیژناسیون خون و دفع انیدرید کربنیک) متوجه خواهیم شد که این موضوع اهمیت فوق‌العاده زیادی پیدا میکند (۵۳).

جریان خون - در جدول صفحه مقابل تعداد ضربان قلب و همچنین میزان بازده قلب در حیوانات مختلف نشان داده شده است:

متأسفانه عدم وجود ارقامی که نسبت بازده قلب و تهویه حبابچه‌ای را نشان دهد در بسیاری از این حیوانات، محاسبه نسبت تهویه حبابچه‌ای به پر فوزیون ریوی (ventilation - to - perfusion ratio) را مشکل کرده است. بوسیله این «نسبت» محاسبه سرعت نسبی جذب مواد بیهوشی استنشاقی به آسانی امکان پذیر

حیوان	وزن بدن (کیلوگرم)	ضربان قلب (در دقیقه)	میزان بازده قلب	
			لیتر در دقیقه	لیتر در دقیقه برای یک کیلوگرم وزن بدن
سگ	۱۹/۳	۸۵ (۷۰-۱۳۰)	۲/۳	۰/۱۲
گره	۳/۱	۱۲۰ (۱۱۰-۱۴۰)	۰/۳۳	۰/۱۱
خرگوش	۲/۶	۲۵۰ (۲۰۰-۳۰۰)	۰/۲۸	۰/۱۱
خوکچه هندی	۰/۴۰	۲۷۰ (۲۶۰-۳۰۰)	-	-
موش صحرائی	۰/۱۸	۳۵۰ (۳۰۰-۴۰۰)	۰/۰۴۷	۰/۲۶
موش سفید	۰/۰۲	۵۰۰ (۴۵۰-۵۵۰)	-	-
هامستر	۰/۰۹۰	۴۰۰ (۳۷۰-۴۲۰)	-	-

میباشد. بازده قلب با وزن بدن رابطه داشته و در حیوانات کوچک ۵۰ درصد بیشتر از انسان (۰/۰۸۶ لیتر در دقیقه برای هر کیلوگرم وزن بدن انسان) است. موش صحرائی تنها استثناء بوده که مقدار بازده قلب آن ۰/۲۶ لیتر در دقیقه به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن میباشد. در گره و موش صحرائی نسبت حجم دقیقه‌ای با بازده قلب تقریباً مشابه میباشد (گره ۱۰۷ - موش صحرائی ۰۹۱). ارقام دقیق برای اکثر انواع حیوانات در دست نیست و ممکنست که نسبت تهویه به پرفوزیون خیلی هم با عدد یک تفاوت نداشته باشد. بهر حال این نسبت برای محاسبه میزان جذب و دفع مواد بیهوش کننده استنشاقی بسیار اهمیت دارد چنانچه در معادله زیر برای دفع یک گاز بی اثر از خون وریدی در هنگام عبور از ریه‌ها نشان داده شده است که:

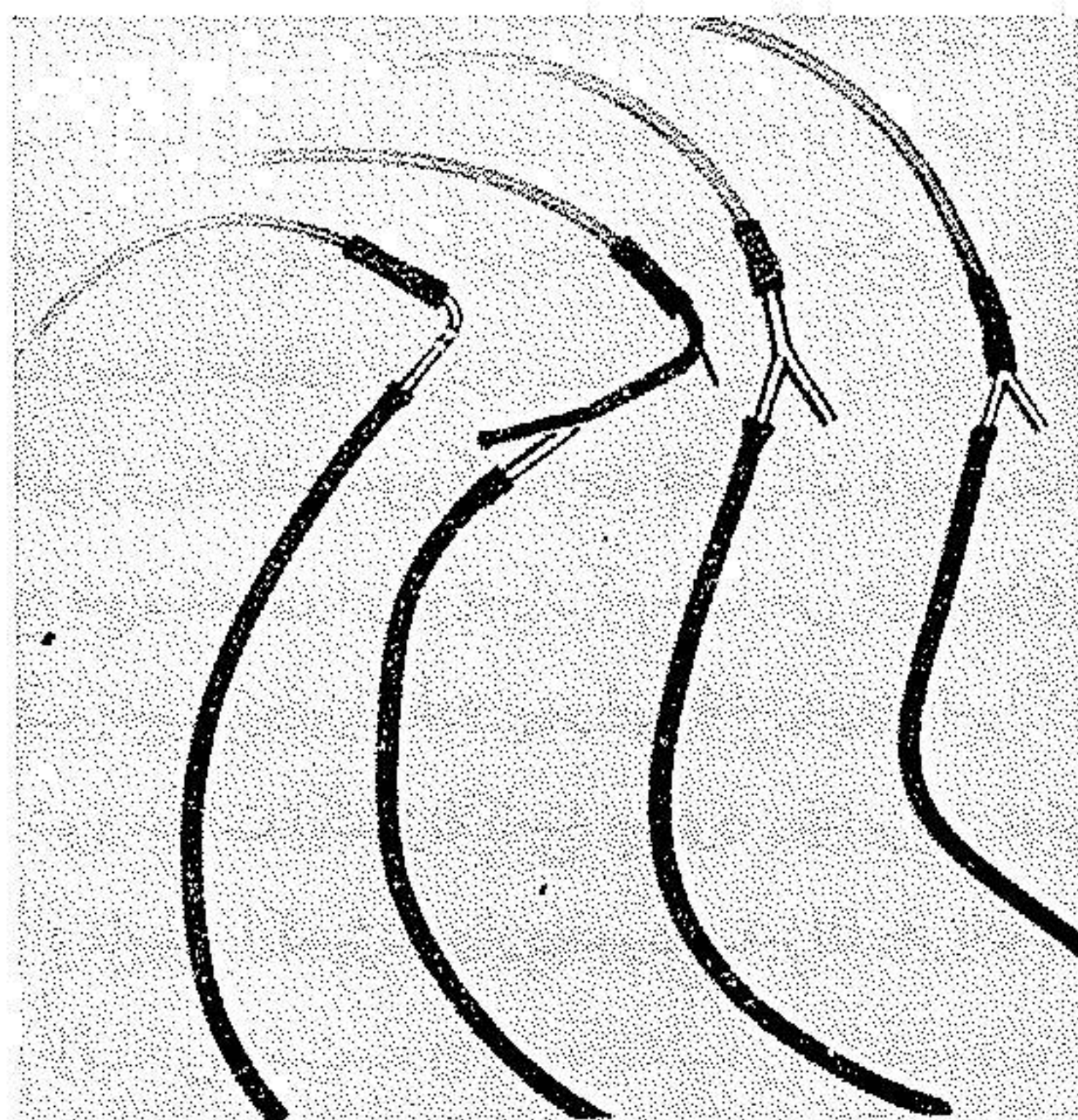
$$P_{\text{ورسنتاژ تصفیه خون وریدی از دارو}} = \frac{100}{1 + \frac{Q_{\lambda}}{VA}}$$

Q بازده قلب به لیتر در دقیقه، VA تهویه حبابچه‌ای به لیتر در دقیقه و λ ضریب

تمایل داروی بیهوشی به خون و هوای حبابچه‌ای میباشد.

به ترتیب نشان دهنده سبک یا عمیق بودن بیهوشی است. با این تکنیک نمیتوان یک سیستم بیهوشی مناسب داشت و از طرف دیگر تنفس مصنوعی با فشار مثبت نیز غیر ممکن است. بالاخره ارزش این روش در نواحی گرمسیری و یا مرتفع کمتر میباشد زیرا مقدار زیادی از داروی بیهوشی (با نقطه جوش پائین) در این مکانها قبل از رسیدن به ماسک تبخیر میشود (۴ و ۶ و ۹).

سیستم Nonrebreathing - در این روش در هر دم مقدار ثابتی از گاز بیهوشی استنشاق شده و در هر بازدم CO_2 بطور کامل خارج میشود. این سیستم بر راحتی توسط یک لوله فلزی به شکل Y ساخته میشود (شکل ۱).

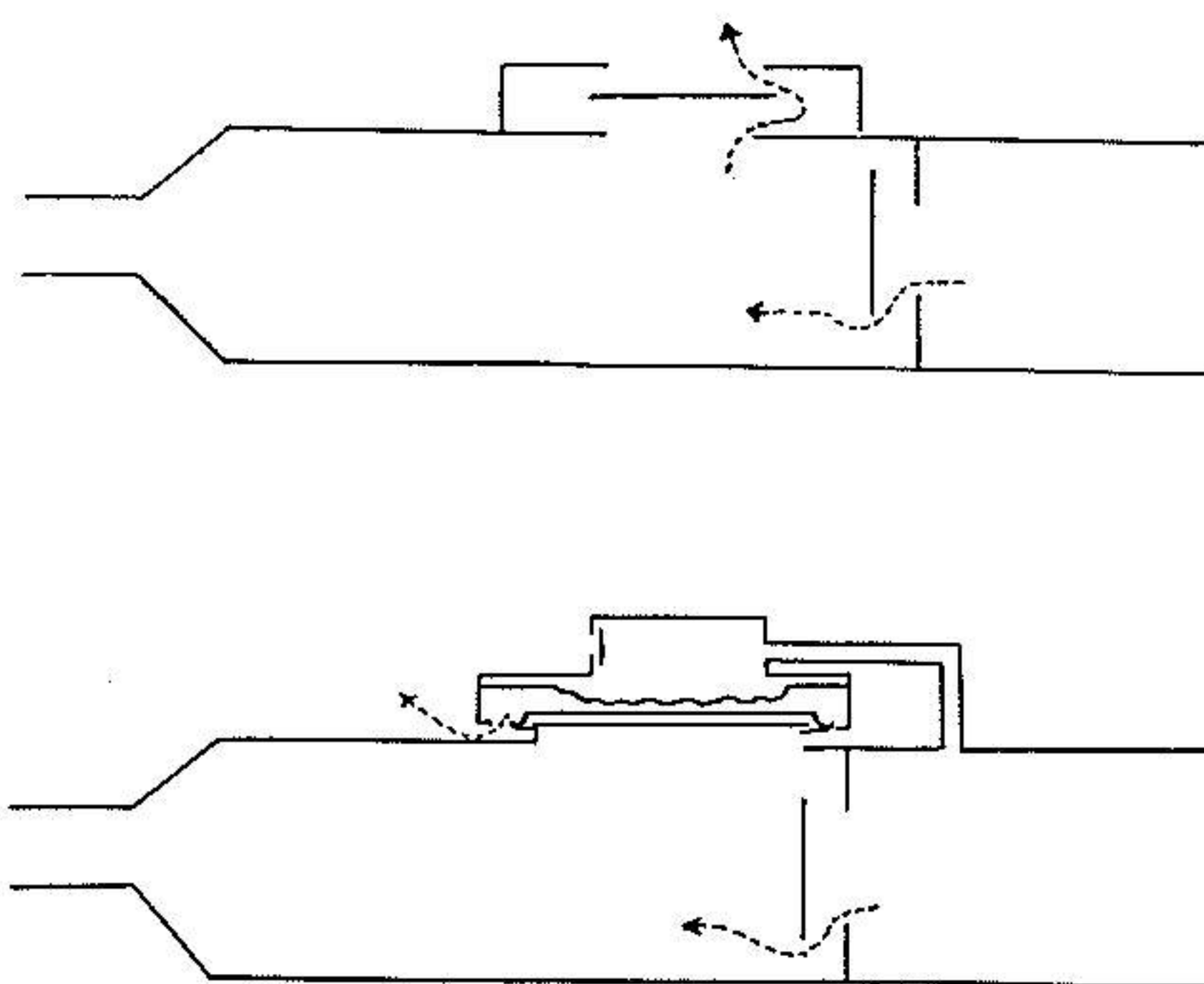


شکل ۱ - انواع لوله‌های Y برای بیهوشی بطریقه مدار باز

منبع داروی بیهوشی به یک سر لوله وصل میشود. قسمت پایه این لوله توسط کانول تراشه به حیوان مربوط میشود و شاخه سوم آن کاملاً باز و در جریان هوا است. فاصله طولی بین مجرای تنفس و هوای آزاد را بایستی خیلی کوتاه گرفت تا فضای مرده به حد مینیمم خود برسد. اگر کیسه مخزن ذخیره مخلوط هوا با دارو در دستگاه تعبیه نشود میزان جریان گاز بیهوشی در لوله‌ها بایستی به سرعت ماکزیمم جریان تنفسی

حیوان برسد تا از مخلوط شدن گاز با هوای محیط خارج جلوگیری شود. برای تبخیر داروی بیهوشی میتوان از دستگاه ساده‌ای که شامل یک حمام با درجه حرارت ثابت است استفاده کرد. برای حیوانات بزرگتر نیز از چنین سیستمی میتوان استفاده نمود ولی قدری مشکل‌تر است.

تهویه خودبخودی و یا کنترل شده، با استفاده از انواع مختلف دریچه‌هائیکه (valves) بین لوله تراشه و مخزن ذخیره دارو قرار میگیرد امکان‌پذیر است (شکل ۲).



شکل ۲ - دریچه‌های مخصوص بیهوشی مدار باز که فضای مرده آنها بیشتر از لوله‌های Y است.

بهر حال این تکنیک بعلت اکسیژناسیون کافی و خارج نمودن کامل CO_2 بهتر از بکار بردن دستگاه بیهوشی که در نتیجه آن فضای مرده نیز افزایش مییابد میباشد (۷ و ۹).

سیستم مدار بسته و مدار نیمه باز - در بیهوشی با مدار بسته که در آن تنفس بصورت complete rebreathing و بیهوشی با مدار نیمه باز که در آن تنفس

فضای مرده نقصان یابد و ثانیاً انجام تنفس با مقاومت حداقل روبرو باشد. در حیوانات بزرگ کانولهای تراشه استاندارد که برای اشخاص بزرگ یا اطفال نیز مورد استعمال دارد بکار برده میشود. تراشه سگ نسبت به جثه اش بزرگ است بدین ترتیب لوله های تراشه ای که معمولاً برای بزرگسالان بکار برده میشود برای این حیوان لازم است. برای حیوانات خیلی کوچک (موش - خوکچه هندی) میتوان کانول تراشه را از لوله پلاستیک نازک با حداکثر قطر (دهانه) و حداقل طول ساخت. متناسب بودن قطر داخلی کانول بسیار قابل اهمیت است، زیرا مقاومت آن نسبت به جریان هوای عکس با ۵ برابر شعاع داخلی لوله و نسبت مستقیم با طول کانول دارد. ارتباط دستگاه بیهوشی و یا دستگاه تنفس را با حیوان میتوان بوسیله یک سوزن هیپودرمیت کوتاه با قطر مناسب که داخل لوله پلاستیکی شود برقرار ساخت. در حیواناتی که بایستی بعد از آزمایش زنده بمانند بهتر است کانول گذاری از راه دهان انجام شود. بهر حال هنگامیکه یک سیستم leak proof لازم میشود بخصوص در حیوانات کوچک بایستی از تراکتوتومی استفاده نمود (۱ و ۹).

داخل وریدی:

داروهای بیهوشی تزریقی بطور وسیعی در حیوانات بزرگ بکار میرود. اگر حیوان نسبتاً آرام باشد این روش کاملاً سریع است زیرا که داروی بیهوشی با اولین جریان خون به مغز میرسد.

برای این کار بهتر است که یک نفر کمک، حیوان را نگاه دارد و با فشار دادن در قسمت بالای ورید آنرا نمایان تر سازد و ضمناً سوزن تزریق بایستی کاملاً نوک تیز و کمی مایل باشد. بیهوشی با تیامیلال، تیوپنتال و متوهکزیتال زود شروع شده ولی مدت اثرش کوتاه است و چنانچه برای مدت طولانی بیهوشی لازم باشد بایستی دارو را بطور دائم (constant infusion) داد و یا تجویز مکرر نمود. بیهوشی با پنتوباریتال آهسته تر شروع شده و نیز برگشت آنهم آهسته است ولی بیهوشی از ابتدا تا انتها تقریباً یکنواخت میباشد.

در حیوانات بزرگ مؤثرترین روش اینست که بایهوشی وریدی شروع کرد و سپس بایهوشی استنشاقی آنرا ادامه داد تا بیهوشی بصورت یکنواخت بماند. این طریقه در حیوانات کوچک عملی نیست زیرا دسترسی به ورید آنها نسبتاً مشکل است. اسیدوز تنفسی و اسیدوز متابولیک همیشه همراه بایهوشی با باربیتوریکها میباشد مگر آنکه کانونول گذاری در تراشه انجام شده باشد و یا در مواردی هم کمک به تنفس حیوان شده باشد. مرگ در اثر بیهوشی وریدی بیشتر ناشی از اثر تضعیفی دارو روی اعمال تنفس و گردش خون است. معمولاً میزان دپرسیون بیشتر از آنست که عمق بیهوشی نشان میدهد. در هنگام انجام بیهوشی وریدی بایستی وسایل لازم برای کمک به اعمال حیاتی حیوان از قبیل دستگاه تنفس مصنوعی و غیره در دسترس شخص عامل باشد (۹ و ۱۰).

تزریق داخل عضلانی و داخل صفاقی:

تنها علت تجویز این روش ساده بودن آن است ولی در این طریقه میزان جذب دارو قابل پیش بینی نیست و ضمناً شروع بیهوشی بطور بطئی انجام میشود. در این روش مانند سایر طرق تزریقی برگشت بیهوشی بعد از استعمال زیاد دارو براحتی تکنیک بیهوشی استنشاقی نیست (۹ و ۱۰).

بیهوشی از راه مقعد:

این روش ساده و بدون درد و نیز ارزان است. ولی تقریباً همان مضراتی را که بیهوشی وریدی دارد شامل میباشد. میزان جذب داروی بیهوشی از این راه متغیر است بخصوص اگر مدفوع در روده راست باشد. تسریرومواتانول (Tribromoethanol) و تیوپنتال داروهائی هستند که بیشتر از این راه استعمال میشوند. برای این روش از یک سرنگ متصل به لوله لاستیکی نرم استفاده میشود (۹ و ۱۰).

بیحسی موضعی برای انجام آزمایشها در حیوان بیدار و نیز برای انجام پاره‌ای از اعمال جراحی سطحی، زیاد بکار میرود ولی بیحسی نخاعی و اپی دورال و تنه‌ای

بخطرات مشکلات تکنیکی و ناراحت کردن و حرکت حیوان مورد استعمال فراوانی ندارد (۱ و ۸).

Summary:

Different methods of anesthesia in laboratory animals are described. Values for ventilation, respiratory dead space, cardiac output and heart rate in laboratory animals are given and their importance during the induction of inhalation anesthesia are discussed. The danger of increased dead space resulting from the attachment of anesthetic apparatus to small animals is emphasized.

Résumé:

Les différentes méthodes de l'anesthésie sont décrites chez les animaux de laboratoires. Les chiffres concernant la ventilation pulmonaire, l'espace inerte, le rendement et le rythme cardiaque sont présentés. Ainsi au cours de l'induction, d'une anesthésie par l'inhalation, l'importance de ces chiffres est discutée. On a attiré l'attention sur ce point que l'augmentation de l'espace inerte par l'attachement de l'appareil d'anesthésie à l'animal est dangereux pour les petits animaux.

References

- 1 - Bromage, P.R. (1967), Physiology and pharmacology of epidural analgesia, *Anesthesiology*, **28**: 592-622.
- 2 - Guyton, A.C. (1963). Circulatory physiology: cardiac output and its regulation, W.B. Saunders Co., Philadelphia. p 143-152.
- 3 - Hower: G.L. (1967). Recent advances in anesthesia and analgesia, 10 th Ed, J. & A. Churchill Ltd, London, p 160.
- 4 - Jacobs, A.G. (1967). An anesthetic machine for small mammals, *Anesthesiology*, **28**: 217-219.
- 5 - Kleinman, L.I. and E.P. Radford, Jr. (1964)., Ventila-

tion standards for small mammals, J. Appl. Physiol., **19**: 360-367.

6- Lumb. W.V. (1963). Small animal anesthesia, Lea & Febiger Philadelphia. p 137.

7 - Wall. P.D. (1967). The mechanism of general anesthesia, Anesthesiology, **28**: 46-53.

8 - Westhues, M. and R. Fritsch (1964). Animal anesthesia (local anesthesia), Oliver and Body Ltd. Edinburgh, p 4.

9 - Westhues, M. and R. Fritsch (1965), Animal anesthesia (general anesthesia), Oliver and Body Ltd, Edinburgh, pp 59 & 250.

10 - Wright. J.B. and L.W. Hall (1961), Veterinary anesthesia and analgesia, 5th Ed, Bailliere, Tindall & Cox Ltd., London. pp 177 & 220.