

运动生理学生物力学

实验测量技术及应用

主编 李 丽 徐金庆 张 颖
主审 赵玉华



哈尔滨地图出版社

运动生理学生物力学实验测量技术及应用

YUNDONG SHENGLIXUE SHENGWU LIXUE SHIYAN CELIANG JISHU JI YINGYONG

主编 李 丽 徐金庆 张 颖
主审 赵玉华

哈尔滨地图出版社
·哈尔滨·

图书在版编目(CIP)数据

运动生理学生物力学实验测量技术及应用/李丽,徐金庆,张颖主编. —哈尔滨:哈尔滨地图出版社, 2005.3

ISBN 7-80717-041-7

I. 运… II. ①李… ②徐… ③张… III. ①运动生理-生理学-实验 ②运动生物力学-实验 ③运动生理-生理学-测量方法 ④运动生物力学-测量方法
IV. G804

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 023456 号

哈尔滨地图出版社出版、发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮编:150086)

哈尔滨庆大印刷厂印刷

开本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:8 字数:208 千字

2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

印数:1~500 定价:20.00元

前 言

本书以体育院校本科,尤其是运动人体科学系学生及研究生为对象,由运动生理学、运动生物力学等试验具体内容和基本实验操作融合而成的。

本书以培养学生的试验动手能力为目的,全面贯彻国家素质教育方针,体现各学科的相互交叉、相互渗透的特点。力求注重基本技能训练,增强学生的逻辑思维能力,提高学生独立分析问题、解决问题的能力,培养学生严谨的科研态度及良好的科研作风。

本教材主要包含上下两篇,共12章。上篇为运动生理学试验技术部分,共13万字,由李丽、张颖编写;下篇为运动生物力学知识,主要由徐金庆编写,共计7万字。

本教材在编写过程中参阅了诸多国内基础试验及运动生理学、运动生物力学实验的相关材料,得到了相关专业人士及老师的支持与帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

由于时间较紧,加之作者水平有限,疏漏与不妥之处在所难免,恳请各位专家、同行和读者朋友批评指正。

作 者

2005年1月

目 录

上 篇

第一章 试验动物的基本知识.....	1
第一节 兔.....	1
第二节 大鼠	13
第三节 小鼠	18
第四节 蛙和蟾蜍	22
第五节 犬	32
第二章 动物实验技术	41
第一节 动物实验技术分类及内容	41
第三章 动物实验的基本操作	58
第一节 实验动物的固定	58
第二节 实验动物的标记	62
第三节 实验动物的麻醉	63
第四节 实验动物的给药	68
第五节 实验动物采血	72
第四章 动物机能实验学	77
第一节 常用实验仪器的介绍	77
第二节 建立实验动物模型的方法	95
第五章 实验技术	97
第一节 综合性试验	97
第二节 单项试验.....	121

第六章 试验技术的应用与运动员机能评定	131
第一节 概述	131
第二节 运动员机能评定的常用方法	136
第七章 实验报告的撰写	150

下 篇

第一章 生物学测量方法	157
第一节 生物学测量方法概述	157
第二节 人体形态学测量方法简介	161
第三节 肌电测试方法	168
第二章 运动学测量方法	176
第一节 平面定机摄影、摄像测量方法	176
第二节 平面跟踪摄影、摄像测量方法	182
第三节 立体定机摄影、摄像测量方法	188
第四节 立体跟踪摄像测量方法	197
第五节 红外光点摄像测量方法	204
第三章 动力学测量方法简介	208
第一节 三维测力台测试方法	208
第二节 等速测力仪测试方法	213
第三节 影响肌力发挥的因素和肌力测量要求	217
第四章 常用运动生物力学参数	224
第五章 运动生物力学教学实验	232
第一节 实验须知	232
第二节 实验内容	234
参考文献	248

上 篇

第一章 试验动物的基本知识

第一节 兔

一、家兔的生物学特性及分类

(一)家兔的生物学特性

在分类学上,家兔属哺乳纲、真兽亚纲、啮齿目、兔科。

家兔为草食动物,性情温顺,安静软弱;在一般情况下不发出声音,但在饥饿、愤怒、感到危险时能发出不同的声音表示情绪;性喜独居;白天活动少,多处于休眠或休息状态;夜间活动量大,进食多;有啃咬木材和扒掘泥土的习性;胆小易惊,如有风吹草动,立即准备逃走;性喜干燥、清洁的环境,厌恶潮湿,怕脏;能抗寒,不耐热,因此,兔舍应是恒温、恒湿、经常保持清洁卫生的,应定期消毒,保持干燥,定时通风,维持良好的生态环境。

(二)家兔的分类

家兔属兔科,而兔科下分几属。例如,真兔属(*Oryctolagus*)。目前世界各国饲养的家兔均属真兔属。野兔属(*Lepus*)包括6种兔,其中有蒙古野兔、中亚野兔、高原野兔、雪兔、东北野兔和华南野兔。此外,还有白尾棕色兔属、穴兔属和棉尾兔属等。

家兔是由野生兔经长期驯化演变而成的。世界上许多国家都有驯化野兔成为家兔的历史,我国历史上就有秦代饲养家兔的记载。近代,由于科学技术的发展和人民生活水平的提高,对食用家兔数量的要求增加,家兔的饲养也随之进入了社会专业化、企业化

的阶段。目前繁殖出的家兔品种,大致可分为:肉用、毛用、皮用和实验用家兔等。每种家兔又可划分成若干品系。到目前为止,我国有40余种家兔在繁殖和受到利用,其中主要有以下品种。

1. 中国本兔(又名白家兔,菜兔)

这是我国人民长期培育出的一种皮肉兼用且又适合作为实验用兔的品种。饲养历史悠久,分布在全国各地。毛为白色,体型紧凑,体重为1.5~2.5 kg,眼红、嘴尖、耳朵短而厚,皮极厚实,被毛短密。中国本兔有许多突出优点,如抗病力强,耐粗饲,对环境适应能力好,繁殖力强,1年可生育6~7胎,每胎平均产幼仔6~9只。雌兔有5~6对乳头。所以说中国本兔是一种优良的种兔。国外育成的一些优良品种均与中国本兔有着血缘关系。这种家兔的缺点是体型较小,生长较慢,还需进一步选育提高。

2. 青紫蓝兔(又名山羊青,金基拉兔)

这是一种优良的皮肉兼用和实验用兔。我国各地普遍饲养。它的毛色特点是:每根毛有三段不同颜色——毛根灰色,中段为灰白色,毛梢为黑色。以口吹拂毛皮,毛便分出三圈或五圈不同颜色。耳梢、尾部及面部呈黑色,眼圈、尾底及腹部呈白色。这种特殊的毛色很像原产美洲的一种珍贵动物——毛仔鼠,所以民间又称其为山羊青。

青紫蓝兔分为标准型和大型两个品系。标准型青紫蓝兔一般体重为2.5~3.5 kg,无肉髯。大型青紫蓝兔体重为4~6 kg,毛色稍浅些,有肉髯。这一品种体质强壮,适应性强,生长快。每窝产仔通常为3~6只。幼仔生后3个月即可达2 kg以上。

3. 大耳白兔(又称大耳兔,日本大耳白兔)

这是日本人用中国本兔选育而成的皮肉兼用和供实验用的良种兔。其毛色纯白、红眼睛、体型较大,体重为4~6 kg,最重可达8 kg。两耳大,竖举,耳根细,耳端呈尖形,如同柳叶。雌性颌下有肉髯,被毛浓密。大耳白兔发育成长快,繁殖力强,但抗病力较弱。

由于它耳朵长大,皮肤白,血管清,便于取血和注射,所以是一种常用的优质实验兔。

我国的科研实验还常常选用一些由国外引进的兔种,其中最常用的是新西兰白兔(New Zealand White)。按毛色分为新西兰白兔和新西兰红兔两种,因其和栖息在新西兰岛的野生兔毛色相似而得名。新西兰白兔的特点是:毛色纯白,有光泽;体格健壮,繁殖力强,成长迅速,性温和,容易管理等,因此,它被培育成性质稳定的近交系动物。除广泛应用于皮肤反应实验、药剂的热原实验、致畸形实验、毒性实验和胰岛素检定以外,还常常用于妊娠诊断、人工授精实验、计划生育研究和制造诊断血清等。

1979年,中国科学院上海实验动物中心从日本引进新西兰兔种以后,几年来在恒温、恒湿的环境中严密地饲养管理,繁殖培育,已经取得了可喜的成绩。该中心繁殖的新西兰兔,除供应国内各地科研单位推广使用之外,还出口国外。

除新西兰兔以外,我国常用的引进兔种还有银灰色兔(Silver Fox)、维也纳兔(Vienna rabbit)、喜马拉雅白兔(Himalayan albino rabbit)、雷克斯兔(Rex rabbit)、安哥拉兔(Angora rabbit)、比利时兔(Belgian Hare)、公羊兔(Lop)、加利福尼亚兔(California)、花巨兔(Chekered Giant)、丹麦白兔(Rabbit Dane)、德国长毛兔(German rabbit)。

目前,我国科研实验通常使用的是中国本兔、青紫蓝兔,日本大耳白兔和新西兰兔等几种。中国本兔和青紫蓝兔较多用于教学和急性实验。科研实验中常用的则是日本大耳兔和新西兰兔。

二、家兔的解剖和生理特点

(一)消化系统

牙齿特点是门齿发达、锐利,可切断草料中的纤维。家兔没有犬齿,舌头灵活。

家兔唾液腺发达,共有五对开口于口腔,因此唾液分泌多,有利于它的消化。

家兔胰腺位于十二指肠降支和升支之间,腺管呈枝叉形。腺体如同脂肪,成串地分布在胰腺管形成的分支之上。胰腺管开口于十二指肠的升支段。

家兔盲肠发达,有蠕动和逆蠕动。盲肠内有大量细菌和微生物,它们分泌的纤维素酶可使纤维发酵、分离。家兔肠的总长度大约为体长的8~10倍,肠壁运动能力较强,适宜于做科研实验。

家兔肝脏共分5叶:左中央叶、左侧叶、右中央叶、右侧叶和星状叶。

家兔的回肠与盲肠接触之处膨大,形成一个壁厚的圆囊,称为圆小囊。这有别于其他哺乳动物。

家兔有食自己粪便的习性,所以被称为假反刍动物,称这种现象为“食粪癖”。日间排出硬的粒便,夜间或拂晓往往排出粘液性的粪便,含有蛋白和B族维生素,家兔喜欢吃自己排出的这种软粪,所以能使食入的饲料充分吸收。家兔的胃液中pH值较低,消化力强。

(二)泌尿生殖系统

家兔的肾上腺是和肾脏分开,单独存在的。其位置大致在肾脏的内上方,脊椎旁,体积有黄豆粒大小,呈淡黄色,打开腹腔,即可看到它,便于摘除,不会影响其他器官。这一特点使家兔易于用药和电刺激。

幼兔睾丸在腹腔内,成熟后,在生殖季节下降至阴囊。

家兔属刺激性(或诱发性)排卵的动物。雌兔一般每两周发情一次,每次发情维持3~4d,发情期雌兔卵巢内一次成熟许多卵子,但这些卵子只有在交配刺激后10~12h才能排出。如果没有交配,这些卵子经过10~16d后就会被吸收,然后又开始发育、成熟一批新的卵子。家兔的这种排卵方式,有利于强制性交配,以促

使雌兔排卵,加强繁殖。

(三)呼吸系统

家兔的胸腔构造是独特的,不同于其他动物。它的胸腔被纵膈分为左右两部,纵膈与胸腔的顶壁、后壁和底壁全都密切相连,因而左右两肺互不相通。纵膈是由膈胸膜和纵膈胸膜两层纵膈膜组成。家兔的肺被肋胸膜和肺胸膜隔开,而心脏胸膜隔开,因此,在实验中打开胸腔,切开心包胸膜暴露心脏时,只要不弄破纵膈膜,就无需对家兔作人工呼吸。这与猫、犬等动物不同。在用猫、犬作开胸实验时,一定要作人工呼吸,才能进行心脏手术操作。

(四)内分泌系统

家兔的甲状旁腺大体分为两叶,前一对位于甲状腺内,从外面看不到,因而称为内甲状旁腺。后一对位于甲状腺后部两侧,为外甲状旁腺,形状为卵圆形。但家兔的甲状旁腺除分布在甲状腺内、外的两对外,在胸腔的主动脉弓处附近也有。因此,在研究甲状旁腺机能,需要将其摘除时,不宜选用家兔,因为它的甲状旁腺不可能彻底摘除干净。

青紫蓝家兔后肢膝关节的屈面窝部有一较大的呈卵圆形的淋巴结,易于固定,因此,此处是一个淋巴注射的适宜部位。

(五)血液

家兔的血清型和唾液型都很特殊。按照血细胞型凝集素的有无,家兔的血清可分为A',B',AB'和O等四个血清型。

(六)神经系统

如果对家兔颈部一侧作局部解剖,可以剥离出粗细不同的三根神经,它们分别是迷走神经、减压神经和交感神经。刺激减压神经使之兴奋,可引起家兔血压下降,其作用机能同减压反射。减压神经的单独存在,是家兔颈神经的一大特点。家兔脑神经共有13对。

(七)感觉器官

家兔的眼球大,并且在眼膜内有色素细胞。眼睛的颜色决定于色素细胞。红眼的白兔是因其虹膜内没有色素细胞所致,眼底毛细血管丰富而使眼呈红色。

(八)体温

家兔的体温变化十分灵敏,并保持恒定,因此适合作热原反应实验。

(九)对放射线的反应

家兔对放射线十分敏感,易于引起休克,甚至死亡。因此,涉及放射的科研实验不宜使用家兔。

三、家兔的性别、年龄和健康的鉴别

(一)性别的鉴别

鉴别家兔的雌雄,主要是观察它的外生殖器。雄性成兔可在其外生殖器部位明显地看到阴茎;幼兔虽不明显,但可看到圆形孔中的凸起物(即阴茎)。温度高时,雄兔的睾丸会降到耻骨联合两侧的阴囊里,但幼兔并不明显。在雌兔的尾根部,耻骨联合下端中间可见到一个朝向尾部的上宽下窄的长圆形缝隙——这就是阴道外口。

观察的方法是:把家兔轻夹在左腋下,使其头朝人的背,臀部朝向人的前面,然后左手固定其臀部,把兔尾向上掀起,右手把其生殖器附近的皮肤和毛拨开,这时就可以看到其外生殖器的情况。

(二)年龄的鉴别

辨别家兔的年龄,主要采用下列方法。

观察指爪:随着年龄的增长,家兔的指爪的颜色和角化程度有明显的变化。通常情况是:爪为白色,近毛根部为粉红色。1年以下的幼兔,粉红色多于白色;1年的家兔,粉红色和白色基本相等;

1年以上的家兔,粉红色少于白色。幼兔和1年兔的爪直而短;1年以上的家兔,爪渐弯、渐长,且色变深;老年兔,爪长,明显弯曲,而且颜色更深。

观察牙齿:幼兔牙齿洁白整齐,随着年龄的增长,牙齿变得发黄,不再整齐。老年兔牙齿有破损、残缺不全现象。

观察兔眼:兔的年龄大小,在它的眼睛上也有反映。年轻兔眼球清晰,灵活有神;老年兔眼球呈朦胧浑浊状态,迟缓无神。

观察被毛:年轻兔被毛紧密,毛顺而有光泽。老年兔被毛稀疏而不顺,光泽度减退。

体重变化:家兔的体重与年龄有关,根据体重可以大致判断家兔的年龄。

表 1-1 年龄与体重的关系

大耳白兔						青紫蓝兔		
年龄 (d)	雄体重 (g)	雌体重 (g)	年龄 (d)	雄体重 (g)	雌体重 (g)	年龄 (天)	雄体重 (g)	雌体重 (g)
30	510	530	240	3 400	3 990	初生	46~50	43~48
60	1 180	1 170	270	3 500	4 240	20	170~200	153~180
90	1 710	1 790	300	3 630	4 380	45	620~700	570~650
120	2 380	2 370	330	3 660	4 460	60	820~950	790~900
150	2 650	2 880	360	3 720	4 550	120	2 100~2 300	1 700~2 000
180	2 890	3 150				150	2 800~3 000	2 100~2 500
210	3 200	3 510				180	3 150~3 500	2 900~3 100

(三)健康的鉴别

从外形外貌上可以观测出家兔的健康状况。

体形:体形匀称,腰背挺直,体重适中,被毛致密光泽、滑顺,无脱毛现象,纯白或其他颜色的家兔被毛颜色纯正,头和四肢比例正常,四肢有力,直而不弯。

牙齿和指爪:牙齿洁白整齐,无缺损和发黄现象。指爪直而白,无弯曲现象。

耳:两耳竖起,耳缘静脉清晰。

耳孔、眼、鼻、肛门、外生殖器等处清洁干净,无异常分泌物及化脓感染现象。

皮肤无划伤和化脓灶。皮下无肿块和脓肿。

运动灵活、反应敏感、不呆滞迟钝。

四、家兔在科研实验中的应用

家兔体态大小适中,易于掌握和控制。价格适中,繁殖力强,抗病力强,易于饲养管理。家兔具备许多独有的解剖、生理特点,实验中反应敏感、稳定。因此,家兔在科研实验中的使用数量仅次于鼠类。

家兔可用于生物医学的许多学科的科研实验。

在生理学方面,家兔可用作血压调节,测量颈动脉血压、中心静脉血压、冠状动脉血流量、心搏量、全动脉血流量等;尿的生成、大脑机能定位及去大脑僵直、呼吸调节等科研实验。

在药理学方面,可用于观察药物对血压、呼吸等的影响的实验,亦可作药物的热原和溶血反应等实验。鉴定药物毒性的实验亦可使用家兔。

在病理学方面,可以用家兔复制各种疾病模型,用于观察病理组织的变化。例如,利用家兔对胆固醇敏感性高的特点,可以复制高血脂症、主动脉粥样硬化、冠状动脉粥样硬化等疾病模型,其效果和成功率远比用其他动物要好、要高。

在免疫学和微生物学方面,可利用家兔产生的抗体研制各种高效价和特异性强的免疫血清。免疫学研究中常用的免疫血清,大多数是用家兔血清制出的。这些血清广泛应用于人、畜的各类抗血清和诊断血清的研制,也广泛应用于微生物的科研工作。

在生殖生理和避孕药物的研究中,常常利用家兔的刺激性排卵和卵巢表面的褐色斑点为指标,也可作为治疗不孕症的观察指标。

家兔适宜于作一些急性实验,如失血性休克、肠毒素引起的休克,离体肠电的描记和小肠运动的描记、输尿管电位的描记、心肌梗塞、急性心肌缺血、心源性休克、缺血性心律失常、诱发性心率失常等疾病,可用之复制这些疾病模型和实验观察。

在眼科研究方面,由于家兔的眼睛大,便于用来作眼科手术的研究和观察。

此外,在皮肤病学、寄生虫学、遗传学等学科的实验工作中,也常常应用家兔。

五、家兔的生理常数

兔

体重:1.5~3.0 kg

寿命:4~9年

性成熟:5~8个月

妊娠期:30(29~35)日

体温:38.5~39.7℃

心率:120~150次/分钟

呼吸频率:50~80次/分钟

血压:13.3~17.29 kPa(100~130 mmHg)

总血量:占体重的8.7(7~10)%

红细胞:608±76万/mm³

白细胞:9 483±2 064/mm³

血红蛋白:69(51~87)%

嗜酸性白细胞:0.53(0~3.5)%

嗜碱性白细胞:2.29(0~11)%

淋巴细胞总数:42.20(10~75.5)%

其中:大淋巴细胞——2.27(0~9.5)%

中淋巴细胞——12.42(0~39)%

小淋巴细胞——26.73(5~83.5)%