



融水小型猪 F1 代的血常规、血生化与电解质指标

刘 科¹, 施赫赫^{1,2}, 陈 淦², 邝少松¹, 刘盛来¹, 刘运忠³, 钟志勇¹,
郭金彪⁴, 耿庆山⁵, 唐小江¹

(1. 广东省医学实验动物中心, 佛山 528248; 2. 广东贝格生物科技有限公司, 佛山 510642;
3. 广州医药工业研究总院, 广州 510240; 4. 佛山科技学院, 佛山 528231;
5. 广东省医学科学院, 广州 510060)

【摘要】 目的 测定融水小型猪(rongshui miniature pig, RMP) F1 代血常规、血生化与电解质指标。**方法** 选取 4 月龄 F1 代 RMP 85 头, 雌性 43 头、雄性 42 头; 12 月龄 36 头, 雌雄各半。颈静脉采血, 分析血常规、血生化与电解质等 22 项指标。**结果** 融水小型猪相同月龄时, 两性别的血常规指标、血生化和电解质的大部分指标差异不大, 但同性别在不同月龄之间的部分指标差异明显。12 月龄比 4 月龄融水小型猪, 血常规指标中的白细胞数、血小板数下降, 血红蛋白含量升高 ($P < 0.05$), 而红细胞数变化不大 ($P > 0.05$); 血清 ALT、AST、ALP、CK (雄性)、LDH (雄性) A/G、BUN、GLU (雌性)、CHOL (雄性) 和 K^+ 下降 ($P < 0.05$); 血清总蛋白、TBIL、CR、 Ca^{2+} 升高 ($P < 0.05$), 而血清 CHOL (雌性)、TG、HDL-C、LDL-C 变化不大。有 19 项生化、电解质指标在或接近人类正常值范围, 占 86.4% (19/22)。**结论** 融水小型猪的部分血常规、大部分血生化与电解质指标与人类正常值接近。

【关键词】 融水小型猪; 血常规; 血生化; 电解质

【中图分类号】 R332 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-7856(2015) 03-0035-07

doi: 10.3969/j.issn.1671.7856.2015.003.07

Detection and analysis of blood parameter, blood biochemical and electrolyte indices in F1 generation of Rongshui miniature pig

LIU Ke¹, SHI He-he^{1,2}, CHEN Gan², KUANG Shao-song¹, LIU Sheng-lai¹, LIU Yun-zhong³,
ZHONG Zhi-yong¹, GUO Jin-biao⁴, GENG Qing-shan⁵, TANG Xiao-jiang¹

(1. Guangdong Medical Laboratory Animal Center, Guangdong Foshan 528248, China; 2. Beige BioTec Co., Ltd., Guangdong Foshan 510642, China; 3. Guangzhou Pharmaceutical Industry Research Institute, Guangzhou 510240, China;
4. Foshan University, Guangdong Foshan 528231, China;
5. Guangdong Academy Medical Science, Guangzhou 510060, China)

【Abstract】 Objective To detect the blood parameter, blood biochemical and electrolyte indices of the F1 generation of Rongshui miniature pig (RMP). **Methods** The blood of 43 female and 42 male RMPs of 4th month old, and 36 RMPs of 12th month old (half male and female) were extracted from jugular vein. And the blood parameter, blood biochemical and electrolyte indices were detected by blood analyzer and automatic biochemical analyzer. **Results** In the same month-old RMP, no significant difference between male and female were found in most indices of blood parameter,

【基金项目】 国家自然科学基金重点项目(81120108003; 81330007)。

【作者简介】 刘科(1981-), 男, 硕士, 畜牧师。研究方向: 实验动物生产、繁育研究; 施赫赫(1985-), 男, 硕士, 技术员, 方向: 小型猪生产、繁育。两者为共同第一作者。

【通讯作者】 唐小江(1967-), 男, 博士, 研究方向: 实验动物与疾病动物模型、毒理学。E-mail: river-t@126.com。

blood biochemical and electrolyte indices. On the other hand, many indices were difference between 4th month old and 12th month old RMPs of same gender. Compared with the 4th month old RMP, the 12th month old RMP decreased significantly in WBC and PLT, increased in HGB ($P < 0.05$) while RBC was the same ($P > 0.05$). Serum ALT, AST, ALP, CK (male), LDH(male), A/G, BUN, GLU (female), CHOL (male) and K^+ decreased significantly ($P < 0.05$), while serum TP, TBIL, CR and Ca^{2+} increased significantly ($P < 0.05$), but serum CHOL, TG, HDL-C and LDL-C were not different. 86.4% (19/22) biochemical and electrolyte indices in RMP were in/or close to the range of normal value of human. **Conclusion** Most of the blood parameter, blood biochemical and electrolyte indices of RMP were close to human's normal value.

[Key words] Rongshui miniature pig; Blood parameters; Blood biochemical; Electrolyte indices

1 材料和方法

1.1 动物来源

F1 代普通级融水小型猪 85 头, 其中 4 月龄测定 85 头, 雌性 43 头、雄性 42 头; 12 月龄猪测定 36 头, 雌雄各半。由广东贝格生物科技有限公司(广东省医学实验动物中心小型猪研究基地)提供, 实验动物及实验操作经过广东省医学实验动物中心伦理委员会批准。

1.2 动物饲养条件

饲养环境为普通级, 湿帘通风系统和局部保温灯控制舍内温湿度, 夏天温度控制在 $28^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 冬天温度控制在 $16^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。每天定时定量饲喂全价颗粒料, 上下午各一次, 自由饮水。

1.3 主要仪器

德国赛多利斯电子分析天平(BS223S), 上海安亭科学仪器厂生产的低速大容量离心机(TDL-5-A), 日本光电公司生产的全自动血球计数仪(CelltacE MEK-7222K)和意大利爱康公司生产的全自动血液生化分析仪(ECHO), 用激光计数法检验。

1.4 方法

1.4.1 血样采集

采血前禁食 12 h, 3% 戊巴比妥钠腹腔注射麻醉, 前腔静脉取血, 每只动物采血量为 5 mL, 用于血液生理生化指标的测定。

1.4.2 血常规、血生化与电解质指标的检测

使用真空采血管(EDTA K_2 抗凝剂)取 4 mL 全血, 以全自动血球计数仪测定白细胞数(WBC)、中性粒细胞数(NE)、淋巴细胞数(LY)、单核细胞数(MO)、嗜酸粒细胞数(EO)、嗜碱粒细胞数(BA)、中性粒细胞比例(NE%)、淋巴细胞比例(LY%)、单核细胞比例(MO%)、嗜酸性粒细胞比例(EO%)、嗜碱性粒细胞比例(BA%)、红细胞数(RBC)、血红

蛋白(HGB)、红细胞比积(HCT)、平均红细胞体积(MCV)、平均红细胞血红蛋白(MCH)、平均血红蛋白浓度(MCHC)、红细胞容积分布宽度(RDW)、血小板数(PLT)、血小板压积(PCT)、平均血小板体积(MPV)、血小板分布宽度(PDW)22 项血常规指标。

使用真空采血管(促凝剂)取 1 mL 非抗凝血, 离心分离血清, 以全自动生化分析仪检测丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)、肌酸激酶(CK)、乳酸脱氢酶(LDH)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、血清球蛋白(GLOB)、白蛋白/球蛋白(A/G)、总胆红素(TBIL)、葡萄糖(GLU)、尿素氮(BUN)、肌酐(CR)、胆固醇(CHOL)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL-C)、低密度脂蛋白(LDL-C)、磷(P^{5+})、钙(Ca^{2+})、钾(K^+)、钠(Na^+)、氯(Cl^-)等 22 项血生化、电解质指标。

1.4.3 统计方法

实验数据采用 SPSS 21.0 统计软件进行处理。所有测定值均以平均数($\bar{x}$)和标准差(SD)表示, 采用 t 检验, $P < 0.05$ 作为差异显著性界值, $P < 0.01$ 作为差异极显著性界值。

2 结果

2.1 血常规

融水小型猪血常规指标测定结果见表 1。同月龄雄性与雌性相比, 血常规指标仅 RDW 有显著性差异($P < 0.05$)。同性别 12 月龄与 4 月龄比较, 雌性和雄性血常规 WBC、LY、MO、LY%、MO%、RDW、PLT 指标均显著降低($P < 0.05$), NE、EO、NE%、EO%、MCV、MCH、MPV、HCT 指标均显著升高($P < 0.05$); 雌性的 HGB、RBC 指标显著升高($P < 0.05$), 其他指标差异不显著($P > 0.05$)。

表 1 融水小型猪 4 月龄、12 月龄血常规指标

Tab. 1 The blood parameters of Rongshui miniature pigs in the 4th month-old and 12th month-old

检测项目 Test items	4 月龄 4 th month-old		12 月龄 12 th month-old	
	♀ (n=43)	♂ (n=42)	♀ (n=18)	♂ (n=18)
WBC(10 ⁹ /L)	19.7 ± 5.68	18.4 ± 4.45	13.3 ± 2.75 ^{△△}	12.5 ± 3.21 ^{△△}
NE(10 ⁹ /L)	0.8 ± 2.38	0.5 ± 0.48	2.9 ± 1.96 ^{△△}	2.2 ± 0.77 ^{△△}
LY(10 ⁹ /L)	18.7 ± 4.80	17.7 ± 4.41	10.2 ± 2.61 ^{△△}	10.7 ± 3.04 ^{△△}
MO(10 ⁹ /L)	0.16 ± 0.09	0.18 ± 0.10	0 ^{△△}	0.01 ± 0.03 ^{△△}
EO(10 ⁹ /L)	0.04 ± 0.09	0.02 ± 0.05	0.2 ± 0.21 ^{△△}	0.1 ± 0.09 ^{△△}
BA(10 ⁹ /L)	0	0	0	0
NE% (%)	3.2 ± 6.19	2.9 ± 3.09	21.2 ± 13.01 ^{△△}	17.8 ± 7.54 ^{△△}
LY% (%)	95.7 ± 6.38	96.0 ± 3.30	77.2 ± 14.06 ^{△△}	81.0 ± 7.58 ^{△△}
MO% (%)	0.9 ± 0.39	1.0 ± 0.52	0.1 ± 0.10 ^{△△}	0.2 ± 0.16 ^{△△}
EO% (%)	0.2 ± 0.24	0.2 ± 0.25	1.5 ± 1.79 ^{△△}	1.0 ± 0.53 ^{△△}
BA% (%)	0	0.002 ± 0.015	0	0 ± 0.02
RBC(10 ¹² /L)	7.02 ± 1.16	7.23 ± 1.16	7.60 ± 0.55 [△]	7.66 ± 0.60
HGB(g/L)	119 ± 14.24	123 ± 21.92	137 ± 13.00 ^{△△}	130 ± 34.49
HCT(%)	34.1 ± 5.04	35.2 ± 5.90	39.2 ± 3.75 ^{△△}	39.1 ± 3.72 [△]
MCV(fL)	48.7 ± 3.08	48.7 ± 3.01	51.1 ± 1.71 ^{△△}	51.1 ± 2.41 ^{△△}
MCH(pg)	17.0 ± 1.10	17.0 ± 1.13	17.4 ± 2.56	17.9 ± 0.87 ^{△△}
MCHC(g/L)	349 ± 5.18	349 ± 6.56	352 ± 6.54	350 ± 5.34
RDW(%)	15.7 ± 1.05	16.6 ± 2.27 [*]	14.5 ± 0.64 ^{△△}	13.8 ± 0.43 ^{** △△}
PLT(10 ⁹ /L)	522 ± 122.93	529 ± 142.03	437 ± 126.95 [△]	422 ± 129.01 ^{△△}
PCT(%)	0.30 ± 0.09	0.30 ± 0.081	0.31 ± 0.07	0.31 ± 0.09
MPV(fL)	5.9 ± 0.91	5.6 ± 0.85	7.3 ± 1.30 ^{△△}	7.6 ± 0.99 ^{△△}
PDW(fL)	15.8 ± 0.89	15.6 ± 1.03	15.9 ± 0.88	15.8 ± 0.77

注:与同月龄雌性比较 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$;与 4 月龄同性别比较 $^{\Delta}P < 0.05$, $^{\Delta\Delta}P < 0.01$ 。Note: Compared with female in same month old * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, compared with the 4th month in same gender.

表 2 4 月龄、12 月龄融水小型猪血生化、电解质指标

Tab. 2 The blood biochemical and electrolyte indices of Rongshui miniature pigs in the 4th month and 12th month

检测项目 Test items	4 月龄 the 4 th month		12 月龄 the 4 th month old	
	♀ (n=43)	♂ (n=42)	♀ (n=18)	♂ (n=18)
ALT(U/L)	53 ± 12.87	65 ± 17.22	35 ± 7.51 ^{△△}	36 ± 7.94 ^{△△}
AST(U/L)	138 ± 13.33	138 ± 14.60	32 ± 9.86 ^{△△}	36 ± 24.65 ^{△△}
ALP(U/L)	202 ± 65.40	206 ± 76.89	158 ± 77.56 [△]	155 ± 69.15 [△]
CK(U/L)	495 ± 177.75	499 ± 150.88	394 ± 242.82	310 ± 159.63 ^{△△}
LDH(IU/L)	552.26 ± 144.46	635.21 ± 148.00	474.11 ± 97.53	497.78 ± 65.64 ^{△△}
TP(g/L)	58.4 ± 6.46	60.2 ± 4.89	68.5 ± 3.35 ^{△△}	66.7 ± 7.83 ^{△△}
ALB(g/L)	31.4 ± 4.94	35.7 ± 4.70	34.0 ± 2.39 ^{△△}	33.6 ± 4.60
GLOB(g/L)	27.0 ± 5.55	24.5 ± 4.35	34.4 ± 2.72 ^{△△}	33.0 ± 5.98 ^{△△}
A/G	1.22 ± 0.37	1.52 ± 0.45	0.99 ± 0.11 ^{△△}	1.05 ± 0.23 ^{△△}
TBIL(μmol/L)	0.59 ± 0.26	0.70 ± 0.31	0.09 ± 0.04 ^{△△}	0.09 ± 0.03 ^{△△}
GLU(mmol/L)	4.39 ± 1.06	4.26 ± 1.21	2.70 ± 0.72 ^{△△}	3.57 ± 0.99 ^{**}
BUN(mmol/L)	5.06 ± 0.63	4.87 ± 0.53	3.61 ± 0.82 ^{△△}	4.12 ± 1.53
CR(μmol/L)	90.6 ± 18.81	86.4 ± 17.05	150.9 ± 34.04 ^{△△}	151.7 ± 24.41 ^{△△}
CHOL(mmol/L)	2.19 ± 0.33	2.03 ± 0.31	2.06 ± 0.38	1.73 ± 0.24 ^{** △△}
TG(mmol/L)	0.56 ± 0.12	0.50 ± 0.16	0.64 ± 0.20	0.50 ± 0.16 [*]
HDL-C(mmol/L)	0.72 ± 0.15	0.71 ± 0.16	0.80 ± 0.08 [△]	0.76 ± 0.06
LDL-C(mmol/L)	0.96 ± 0.17	0.80 ± 0.24	0.98 ± 0.17	0.77 ± 0.15 ^{**}
P ⁵⁺ (mmol/L)	2.86 ± 0.65	3.21 ± 0.37	3.17 ± 0.10 ^{△△}	3.14 ± 0.19
Ca ²⁺ (mmol/L)	2.42 ± 0.39	2.61 ± 0.17 ^{**}	2.88 ± 0.08 ^{△△}	2.85 ± 0.11 ^{△△}
K ⁺ (mmol/L)	4.86 ± 0.70	4.79 ± 0.82	4.11 ± 0.17 ^{△△}	4.01 ± 0.04 ^{* △△}
Na ⁺ (mmol/L)	141.96 ± 4.63	140.55 ± 4.71	141.26 ± 2.56	142.29 ± 2.43
Cl ⁻ (mmol/L)	102.23 ± 4.89	101.91 ± 3.28	100.71 ± 1.50	99.79 ± 1.75

注:与同月龄雌性比较 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$;与 4 月龄同性别比较 $^{\Delta}P < 0.05$, $^{\Delta\Delta}P < 0.01$ 。Note: Compared with female in same month old * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, compared with the 4th month in same gender.

2.2 血生化与电解质

相同月龄的不同性别之间大部分指标差异较小,且大部分差别均在 1 个标准差之内(表 2)。但是,相同性别不同月龄之间的差异非常明显;在 ALT、AST、ALP、CK、LDH 等 5 个酶学指标中,除雌性的 CK、LDH 差异无显著性外,12 月龄雌性和雄性均显著低于 4 月龄($P < 0.05$);在蛋白质代谢的 4 项指标,12 月龄的总蛋白增加而白蛋白下降($P < 0.01$);在脂质代谢的 CHOL、TG、HDL-C、LDL-C 等 4 个指标中,除雄性 CHOL 下降一个标准差,其他指标均变化不大。12 月龄的 TBIL、BUN 均下降,而 CR 上升最为显著($P < 0.01$),雌性 GLU 下降显著($P < 0.01$)。电解质表现为血 Ca^{2+} 上升,而血 K^{+} 下降。

3 讨论

血常规、血清生化和电解质指标是病理学、生理学等研究中的重要参考依据^[2]。本研究对 4 月龄及 12 月龄融水小型猪的血常规、血生化和电解质指标的测定,反映了幼年与成年融水小型猪的生理生化状态。由于影响动物实验效果的因素包括动物因素、饲养环境和营养因素、动物实验技术环节因素^[3],本研究在同一环境下、使用相同的饲料,采用同一种进行采血方法,并使用相同的检测仪器进行分析。

结果表明,相同月龄时,两性的血常规指标、血生化和电解质的大部分指标差异不大,但不同月龄之间的部分指标差异明显。随着月龄的增加,融水小型猪的血常规指标中,白细胞数、淋巴细胞比例、血小板数下降,血红蛋白含量升高,而红细胞数变化不大。吴曙光等^[4]对贵州小型猪研究也表明,在不同月龄段多数血液生化指标有显著差异($P < 0.05$)。血生化指标中的 5 个酶(ALT、AST、ALP、CK、LDH)12 月龄均下降;反应蛋白代谢功能的总蛋白上升,而白蛋白下降,提示细胞免疫增强;反应脂质代谢的 4 个指标差异很小,提示融水小型猪可能适合用于复制脂质代谢紊乱如高血脂症疾病模型。肌酐(CR)是反应肾功能的指标,总胆红素(TBIL)是反应胆汁代谢的指标,融水小型猪不同性别之间的差异很小,但 12 月龄的 BUN 和 TBIL 显著低于 4 月龄,这与人的情况非常相似。血清电解质

的性别差异很小,12 月龄的血钙升高而血钾下降,但变化均在 1 个标准差范围内。

融水小型猪是否适合作为人类疾病动物模型呢?为便于比较,我们参考国内外文献^[5-10],制作了表 3 和表 4。表 3 可见,成年融水小型猪的白细胞数与哥廷根猪类似,比较接近人类,而 4 月龄融水小型猪的白细胞较高,与中国农大小型猪、西藏小型猪、五指山小型猪接近;在红细胞数方面,融水小型猪比另外 4 种小型猪均小,更接近人类。血红蛋白和血小板则与其他小型猪、比格犬和大鼠接近,在人类正常值范围内。

从表 4 可见,成年融水小型猪的绝大部分生化与电解质指标与人类正常值范围非常接近。其中 22 项生化、电解质指标中,有 11.5 项(ALT、AST、TP、ALB、A/G、BUN、CHOL、TG、雄性的 GLU、 K^{+} 、 Na^{+} 、 Cl^{-})在人类正常值范围,占 52.3%;另外 7.5 项指标(ALP、GLOB、TBIL、CR、HDL-C、LDH-C、雌性的 GLU、 Ca^{2+})非常接近人类正常值范围,占 34.1%;两者合计达 86.4%(19/22)。另外 3 项指标(CK、LDH、 P^{5+})也在人类正常值范围最大值的 2.5 倍以内。而哥廷根小型猪虽然大部分指标也在或接近人类正常值范围,占 64.7%(11/17),3 项指标(ALT、LDH、 P^{5+})在人类正常值范围最大值的 2.5 倍以内,但有三项指标 CK、TBIL、CR 分别超过人类正常值范围最大值 10 倍、20 倍、500 倍以上,且其标准差特别大,不适合作为涉及心(CK)、肝(TBIL)、肾(CR)等相关指标的疾病模型。中国农大小型猪的大部分指标也在或接近人类正常值范围,占 66.7%(12/18),5 项指标(ALT、ALP、 P^{5+} 、 K^{+} 、雌性的 AST、LDH-C)在人类正常值范围限值 2 倍以内,但 CK 超过人类正常值范围限值 5 倍以上,且检测除了雄性 AST 外,4 个心肌酶均不在人类正常值范围。我们获得的西藏小型猪和五指山小型猪检测项目较少,大部分指标也在或接近人类正常值范围,但反映 CK、GLU 远低于人类。

总之,从本文获得的资料看,融水小型猪的血常规、血生化和电解质指标多数接近人类,数据标准差小,且月龄变化与人类相似,部分指标显著优于哥廷根等小型猪,提示融水小型猪具备培育成实验用小型猪的优越条件。

表 3 融水小型猪与其他小型猪、犬、大鼠、人的血常规指标比较

Tab. 3 Comparison of blood parameters among Rongshui miniature pigs, dog, rat, human and other minipigs

检测 项目 Test items	融水小型猪 (12 月龄) Rongshui miniature pig (12 month-old)		Gottingen 小型猪 ^[5] (6 月龄) Gottingen minipig (6 month-old)		中国农大 小型猪 ^[6] (12 月龄) Chinese experimental minipig (12 month-old)		西藏小型猪 ^[7] (6~12 月龄) Tibet minipig (6~12 month- old)		五指山 小型猪 ^[7] (6~12 月龄) Wuzhishan minipig (6~12 month-old)		比格犬 ^[8] (8 月龄) Beagle dog (8 month-old)		清洁级 SD 大鼠 ^[9] (6~8 周龄) Clean grade SD rats		人类 ^[10] Human
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	
WBC (10 ⁹ /L)	13.3 ± 2.75	12.5 ± 3.21	9.46 ± 2.66	9.84 ± 2.05	19.53 ± 2.93	21.62 ± 6.46	17.27 ± 5.45	22.73 ± 6.14	14.92 ± 2.91	13.65 ± 2.42	6.27 ± 1.68	7.47 ± 2.50	3.9~9.7		
NE (10 ⁹ /L)	2.9 ± 1.96	2.2 ± 0.77	2.56 ± 1.30	3.16 ± 1.56	/	/	33.06 ± 11.28	19.10 ± 0.74	/	/	/	/	*		
LY (10 ⁹ /L)	10.2 ± 2.61	10.7 ± 3.04	6.59 ± 1.84	6.37 ± 1.42	/	/	61.36 ± 12.63	73.10 ± 2.71	/	/	4.87 ± 1.58	5.34 ± 1.84	1.0~3.3		
MO (10 ⁹ /L)	0	0.01 ± 0.03	0.07 ± 0.05	0.08 ± 0.05	/	/	2.72 ± 2.21	2.66 ± 1.96	/	/	0.25 ± 0.20	0.36 ± 0.21	0.12~0.8		
EO (10 ⁹ /L)	0.2 ± 0.21	0.1 ± 0.09	0.19 ± 0.09	0.19 ± 0.09	/	/	2.75 ± 2.71	4.99 ± 2.49	/	/	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.03	0.02~0.5		
BA (10 ⁹ /L)	0	0	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.02	/	/	0.12 ± 0.14	0.15 ± 0.10	/	/	/	/	0~1		
NE% (%)	21.2 ± 13.01	17.8 ± 7.54	26.21 ± 8.68	31.39 ± 10.58	/	/	/	/	64.80 ± 5.36	71.00 ± 8.38	/	/	**		
LY% (%)	77.2 ± 14.06	81.0 ± 7.58	70.42 ± 8.71	65.23 ± 10.18	/	/	/	/	31.37 ± 5.82	25.05 ± 8.26	80.01 ± 8.24	82.03 ± 3.61	18.7~47		
MO% (%)	0.1 ± 0.10	0.2 ± 0.16	0.75 ± 0.46	0.82 ± 0.36	/	/	/	/	1.03 ± 1.27	0.77 ± 1.69	4.39 ± 2.20	4.34 ± 1.93	3~8		
EO% (%)	1.5 ± 1.79	1.0 ± 0.53	2.02 ± 1.08	2.00 ± 0.97	/	/	/	/	2.80 ± 2.02	3.18 ± 2.22	1.03 ± 0.69	0.66 ± 0.41	0.5~5		
BA% (%)	0	0 ± 0.02	0.60 ± 0.19	0.56 ± 0.25	/	/	/	/	/	/	/	/	0~1		
RBC (10 ¹² /L)	7.60 ± 0.55	7.66 ± 0.60	8.89 ± 0.74	8.33 ± 0.95	8.28 ± 0.62	8.29 ± 0.53	7.93 ± 0.83	7.92 ± 0.51	5.93 ± 2.23	5.48 ± 1.10	7.58 ± 0.35	7.36 ± 0.27	4.3~5.9		
HGB (g/L)	137 ± 13.00	130 ± 34.49	140.32 ± 8.86	134.04 ± 10.79	155.85 ± 18.50	152.30 ± 9.72	156.11 ± 15.21	142.00 ± 13.10	154.40 ± 14.76	137.13 ± 11.30	145.20 ± 7.24	140.70 ± 3.86	137~179		
HCT (%)	39.2 ± 3.75	39.1 ± 3.72	/	/	0.55 ± 0.05	0.54 ± 0.04	67.16 ± 6.27	62.37 ± 5.39	39.91 ± 14.81	25.84 ± 7.25	0.42 ± 0.12	0.41 ± 0.01	0.40~0.54		
MCV (fL)	51.1 ± 1.71	51.1 ± 2.41	/	/	65.75 ± 4.32	65.73 ± 3.97	84.93 ± 5.19	78.73 ± 4.42	67.27 ± 3.15	65.27 ± 2.84	55.39 ± 1.88	56.06 ± 1.58	83~101		
MCH (pg)	17.4 ± 2.56	17.9 ± 0.87	/	/	18.54 ± 1.05	24.26 ± 29.62	19.73 ± 1.07	17.85 ± 0.92	27.70 ± 5.21	25.72 ± 4.34	19.17 ± 0.69	19.13 ± 0.53	27.2~34.7		
MCHC (g/L)	352 ± 6.54	350 ± 5.34	330.58 ± 4.51	329.77 ± 4.35	279.73 ± 19.08	276.04 ± 22.01	232.79 ± 7.41	227.17 ± 8.35	412.43 ± 77.16	388.23 ± 8.86	346.00 ± 4.06	341.20 ± 3.49	329~360		
RDW (%)	14.5 ± 0.64	13.8 ^B ± 0.43	/	/	19.51 ± 1.96	22.01 ± 2.5	21.79 ± 1.83	21.58 ± 0.94	/	/	/	/	<14.5		
PLT (10 ⁹ /L)	437 ± 126.95	422 ± 129.01	381.47 ± 112.02	437.76 ± 62.64	300.56 ± 74.38	310.00 ± 88.22	285.84 ± 101.73	272.83 ± 125.05	346.67 ± 78.73	301.45 ± 114.74	1154.90 ± 175.38	1223.30 ± 154.22	98.7~302.9		
PCT	0.31 ± 0.07	0.31 ± 0.09	/	/	/	/	/	/	/	/	0.95 ± 0.13	1.00 ± 0.13	0.108~0.272		
MPV (fL)	7.3 ± 1.30	7.6 ± 0.99	/	/	/	/	/	/	/	/	8.25 ± 0.36	8.14 ± 0.27	7.6~13.2		
PDW (fL)	15.9 ± 0.88	15.8 ± 0.77	/	/	/	/	/	/	/	/	8.08 ± 0.67	7.84 ± 0.41	14.8~17.2		

注: * 中性粒细胞(NE)包括杆状核 $0.04 \sim 0.6 \times 10^9/L$ 与分叶核 $2 \sim 7 \times 10^9/L$; * * 中性粒细胞百分数包括(NE%) 包括杆状核百分数 $1 \sim 5 \times 10^9/L$ 与分叶核百分数 $50 \sim 70 \times 10^9/L$ 。

Note: * neutrophil (NE) includes a rod-shaped nuclear $0.04 \sim 0.6 \times 10^9/L$ and polymorpho nuclear $2 \sim 7 \times 10^9/L$. * * neutrophil percentage includes (NE%) includes a rod-shaped nuclear fraction of $1 \sim 5 \times 10^9/L$ and polymorpho nuclear reached $50 \sim 70 \times 10^9/L$.

表 4 融水小型猪与其他小型猪、犬、大鼠、人的血液生化指标比较

Tab. 4 Comparison of blood biochemical indices among Beige miniature pigs, dog, rat, human and other minipigs

检测 项目 Test items	融水小型猪 (12 月龄) Rongshui miniature pig (12 month-old)		Gottingen 小型猪 ^[5] (6 月龄) Gottingen minipig (6 month-old)		中国农大 小型猪 ^[6] (12 月龄) Chinese experimental minipig (12 month-old)		西藏小型猪 ^[7] (6 ~12 月龄) Tibet minipig (6 ~12 month- old)	五指山 小型猪 ^[7] (6 ~12 月龄) Wuzhishan minipig (6 ~12 month-old)	比格犬 ^[8] (8 月龄) Beagle dog (8 month-old)		清洁级 SD 大鼠 ^[9] (6 ~8 周龄) Clean grade SD rats		人类 ^[10] Human
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	
ALT (U/L)	35 ± 7.51	36 ± 7.94	63.6 ± 39	78 ± 82.2	67.04 ± 14.44	78.16 ± 20.40	71.70 ± 46.35	49.75 ± 4.92	25.67 ± 2.40	40.90 ± 6.24	25.67 ± 2.40	40.90 ± 6.24	0.0 ~40.0
AST (U/L)	32 ± 9.86	36 ± 24.65	30 ± 27	38.4 ± 44.4	76.39 ± 153.57	38.60 ± 16.60	101.33 ± 56.03	92.75 ± 20.71	132.20 ± 24.69	141.20 ± 29.98	132.20 ± 24.69	141.20 ± 29.98	
ALP (U/L)	158 ± 77.56	155 ± 69.15	138 ± 54	153 ± 40.8	330.63 ± 385.3	287.80 ± 164.90	/	/	112.30 ± 36.04	194.00 ± 42.01	112.30 ± 36.04	194.00 ± 42.01	40.0 ~150
CK (U/L)	394 ± 242.82	310 ± 159.63	1963.2 ± 3984	1720.2 ± 3903	959.90 ± 125.90	937.10 ± 11.00	15.40 ± 13.61	18.63 ± 9.35	169.70 ± 64.19	107.63 ± 35.37	/	/	38 ~174
LDH (IU/L)	474.11 ± 97.53	497.78 ± 65.64	402.6 ± 195.6	402.6 ± 210.6	/	/	/	/	/	/	/	/	109 ~205
TP (g/L)	68.5 ± 3.35	66.7 ± 7.83	60.17 ± 12.95	53.01 ± 11.76	73.11 ± 12.04	76.13 ± 5.67	86.88 ± 5.28	83.89 ± 4.90	72.00 ± 9.27	66.93 ± 5.55	55.19 ± 6.55	48.43 ± 2.52	60 ~82
ALB (g/L)	34.0 ± 2.39	33.6 ± 4.60	/	/	45.51 ± 5.28	43.01 ± 6.86	46.11 ± 4.04	42.20 ± 4.22	41.03 ± 3.32	39.47 ± 3.91	19.68 ± 2.96	15.97 ± 0.77	35 ~52
GLOB (g/L)	34.4 ± 2.72	33.0 ± 5.98	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20 ~30
A/G	0.99 ± 0.11	1.05 ± 0.23	1.26 ± 0.23	1.34 ± 0.20	/	/	/	/	/	/	/	/	1.0 ~2.0
TBIL (μmol/L)	0.09 ± 0.04	0.09 ± 0.03	1440 ± 1240	400 ± 900	/	/	/	/	0.12 ± 0.06	0.09 ± 0.05	/	/	1.7 ~20
GLU (mmol/L)	2.70 ± 0.72	3.57 ^B ± 0.99	4.75 ± 1.19	4.48 ± 0.91	4.82 ± 0.99	4.52 ± 0.66	2.45 ± 1.27	1.06 ± 1.03	5.0180 ± 0.8634	5.19 ± 0.61	9.62 ± 1.85	7.15 ± 1.56	3.61 ~6.11
BUN (mmol/L)	3.61 ± 0.82	4.12 ± 1.53	/	/	6.35 ± 1.55	7.14 ± 2.11	6.68 ± 1.35	4.30 ± 0.97	4.7032 ± 1.1078	4.98 ± 0.89	3.80 ± 0.70	4.03 ± 0.72	1.8 ~7.1
CR (μmol/L)	150.9 ± 34.04	151.7 ± 24.41	74180 ± 20630	76650 ± 13200	115.01 ± 34.65	112.36 ± 29.80	156.67 ± 19.08	125.13 ± 15.32	42.9 ± 10.62	58.77 ± 15.02	45.30 ± 14.21	31.40 ± 4.06	44 ~133
CHOL (mmol/L)	2.06 ± 0.38	1.73 ^B ± 0.24	2.09 ± 0.48	1.32 ± 0.35	2.64 ± 0.59	2.56 ± 0.41	2.04 ± 0.41	2.01 ± 0.16	4.11 ± 0.61	4.34 ± 0.58	0.62 ± 0.10	0.80 ± 0.17	2.4 ~5.7
TG (mmol/L)	0.64 ± 0.20	0.50 ^b ± 0.16	0.48 ± 0.15	0.31 ± 0.10	0.77 ± 0.26	0.68 ± 0.22	0.67 ± 0.46	0.52 ± 0.17	0.54 ± 0.12	0.54 ± 0.1	0.48 ± 0.23	0.28 ± 0.09	0 ~1.69
HDL-C (mmol/L)	0.80 ± 0.08	0.76 ± 0.06	/	/	1.03 ± 0.21	1.04 ± 0.14	/	/	/	/	/	/	1.063 ~1.21
LDL-C (mmol/L)	0.98 ± 0.17	0.77 ^B ± 0.15	/	/	0.77 ± 0.26	1.39 ± 0.34	/	/	/	/	/	/	1.019 ~1.063
P ⁵⁺ (mmol/L)	3.17 ± 0.10	3.14 ± 0.19	2.35 ± 0.54	2.20 ± 0.48	2.60 ± 0.35	2.63 ± 0.25	/	/	8.30 ± 1.66	6.87 ± 1.11	/	/	0.81 ~1.45
Ca ²⁺ (mmol/L)	2.88 ± 0.08	2.85 ± 0.11	2.41 ± 0.43	2.32 ± 0.45	2.72 ± 0.18	2.75 ± 0.16	/	/	2.94 ± 0.27	2.67 ± 0.14	/	/	2.25 ~2.75
K ⁺ (mmol/L)	4.11 ± 0.17	4.01 ^b ± 0.04	4.45 ± 0.98	4.54 ± 0.83	7.34 ± 1.05	7.68 ± 0.89	/	/	5.77 ± 0.59	4.42 ± 1.35	/	/	3.5 ~5.5
Na ⁺ (mmol/L)	141.26 ± 2.56	142.29 ± 2.43	133.27 ± 17.48	131.05 ± 16.56	149.08 ± 0.14	148.51 ± 4.90	/	/	188.17 ± 35.72	147.10 ± 23.41	/	/	130 ~150
Cl ⁻ (mmol/L)	100.71 ± 1.50	99.79 ± 1.75	91.48 ± 12.45	91.35 ± 12.05	103.91 ± 4.11	103.51 ± 3.40	/	/	119.9 ± 7.63	113.4 ± 6.25	/	/	120 ~140

参考文献:

- [1] 袁进,顾为望. 小型猪作为人类疾病动物模型在生物医学研究中的应用[J]. 动物医学进展,2011,32(2):108-111.
- [2] 潘金春,闵凡贵,王希龙,等. 实验用蕨麻小型猪血液生理生化指标测定及分析[J]. 畜牧与兽医,2012,44(6):81-83.
- [3] 施新猷,王四旺,顾为望,等. 比较医学,第1版[M],陕西:陕西科学技术出版社,2003年,62.
- [4] 吴曙光,董小君,郭柯男,等. 贵州小型猪血液生化指标检测[J]. 黑龙江畜牧兽医,2011,(2):44-45.
- [5] <http://minipigs.dk>.
- [6] 冯媛媛,白雪源,贺津,等. 中国实验用小型猪血液指标正常参考值分析[J]. 中国畜牧兽医,2013,40(6):139-142.
- [7] 岳敏,范沛,吴丽红,等. 广州地区三种小型猪血液生理生化指标的比较[J]. 中国比较医学杂志,2011,28(8):24-26.
- [8] 王东平,吴娜,隋丽华,等. 成年比格犬血液生理生化指标的测定[J]. 实验动物科学与管理,2005,22(2):12-15.
- [9] 樊林花,李丹,刘茂林,等. 清洁级SD大鼠血液生理及生化指标正常参考值的观察[J]. 2011,6(19):33-34.
- [10] 叶应妩,王毓三,申子瑜. 全国临床检验操作规程,第三版[M]. 南京:东南大学出版社,2006年.

〔修回日期〕2015-03-02