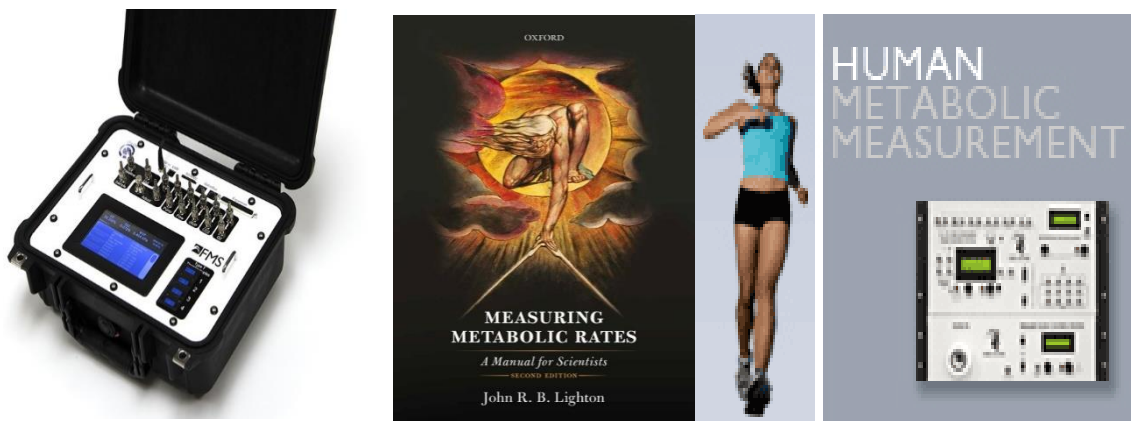


FMS 最新款便携式多功能能量代谢测量仪

前言

FMS 能量代谢监测系统方案作为 SSI 家族一款经典、坚固耐用、多用途的高精度高分辨率代谢测量主机，受到全世界以各类昆虫、实验动物、小型及中大型野生动物、家禽家畜、人体等为研究对象的生理学、生态健康、生物医学科学家的极度青睐。FMS 的再度升级改版，以更小体积、更大的数据储存容量、智能化大触摸屏、更简化的操作、更合理的价格将再次引爆专注于实验研究科学家灵活机动的创新性生物新陈代谢研究热情。



上图左为新款 FMS 便携代谢仪主机，上图中为代谢测量理论与技术手册，上图右为人体能量代谢方案

应用领域

- 野生动物（含媒介动物）适应环境的行为、生理、进化等研究
- 以实验动物为模型的肥胖、心血管、糖尿病、衰老等健康研究
- 以家畜家禽等经济动物为研究对象的营养学、温室气体排放等研究
- 以人体为研究对象的运动生理学、环境模拟生理学、特殊人群营养学等健康研究

技术特点

- 该仪器将气流发生与控制、BaseLine/Chamber 双通道气路切换器、CO₂、O₂ 及 H₂O 测量与显示、数据采集贮存等都完美地集合在一个便携式手提箱内。
- 采用的气体分析器都是高质量、高分辨率的科研级别的分析器，氧气含量、二氧化碳含量、水汽压、大气压、流速及温度等都可以精确测定，可满足各种研究级别的呼吸代谢测量需要，如生物医学研究、动物呼吸代谢研究、运动生理学研究、植物呼吸及光合研究、土壤呼吸研究、发酵研

究等。

- 全新迷你型主机，坚固的外壳，带提手，具有最大的便携性，可在各种复杂野外环境条件下现场使用
- 温度、气压自动补偿，消除环境温度、气压变化引起的误差
- 8 通道模拟信号输入，可兼容其它分析仪或传感器，4 通道温度输入
- 超大触摸屏实时显示仪器各参数，可同时显示氧气、二氧化碳、水汽压、大气压、相对湿度、模拟输入信号、储存大小、取样情况、日期时间序列等数据
- 面板具备 SD 卡卡槽，最大支持容量 32GB，允许即时存储数据信息，无需单独的计算机
- 具备功能强大的扩展端口，可以组成多通道或各种因素控制的全面新陈代谢监测系统
- 野外实验可使用锂离子电池包（4.8 A-H），运行时间至少 6 小时

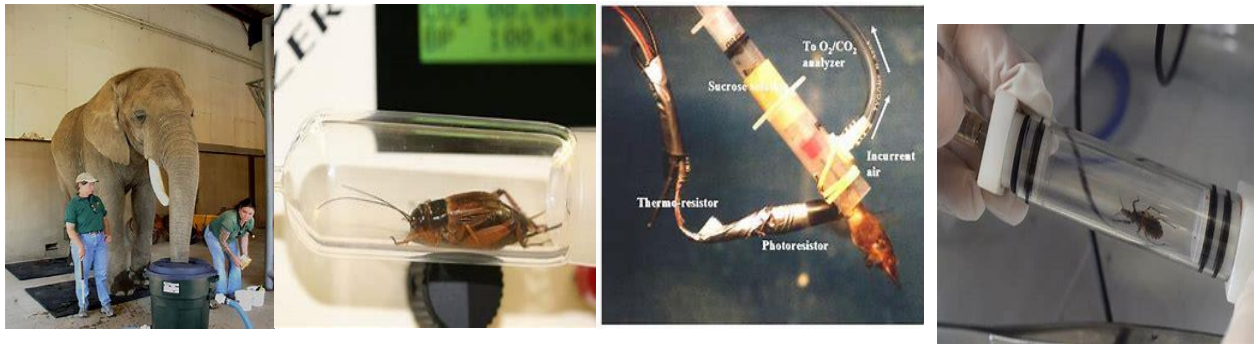


上图左为美国公共电视台 PBS 视频报道野外鸟类代谢监测使用 10 年之久的便携式设备，上图右为久坐生活方式下高分辨率实时能量代谢监测方案。

技术指标

1. 传感器：O₂ 分析仪，燃料电池技术，使用寿命约 2 年，燃料电池可更换；CO₂ 分析仪，无色散双波长红外气体分析仪；水汽分析仪，铂电极电容传感器
2. 测量范围：O₂，0-100%；大气压，30-110 kPa；CO₂，0-5%；水汽压，0-100% RH（无凝结），温度 0-100°C
3. 精度：O₂：2-100%读数的 0.1%；CO₂：0-5%读数的 1%；H₂O：0-95% RH 读数的 1%，95-100%优于 2%；温度 0.2°C
4. 分辨率：O₂：0.001%；CO₂：0.0001%-0.01%；H₂O：0.001%RH
5. 信号漂移：温度恒定的情况下 O₂：<0.02%每小时；CO₂：<0.001%每小时；H₂O：<0.01%RH 每小时
6. 信号输入：八个标准电压双极模拟输入，四个温度输入
7. 模拟输出：8 个自定义

8. 数字控制输出：8TTL 逻辑信号
9. 数字输出：RS-232 转 USB，Sablebus 快速接口
10. 内置存储器：SD 存储卡，可达 32GB
11. 存储时间间隔：0.1sec 到 1hr 用户自定义
12. 气流流量：10-1500mL/min
13. 流量控制：微电子热反馈系统，气流控制通过精密反馈环系统实际连接气流泵和流量计（微电脑控制），同时提供高精度针阀；精度：读数的 2%
14. 流量分辨率：0-99.9mL/min 为 0.1mL/min；100mL/min 以上为 1mL/min
15. 触摸屏操作，可实时显示仪器各参数，可同时显示氧气、二氧化碳、水汽压、大气压、相对湿度、模拟输入信号、储存大小、取样情况、日期时间序列等数据。配备 Windows 版本软件，可在线显示和分析数据
16. 工作温度：3-50 °C，无冷凝
17. 供电：12-15 VDC，带 220V 交流电适配器；可选配锂电池供电，方便野外操作。
18. 尺寸：35cm×30cm×15cm
19. 重量：4kg



上图从左到右依次为针对大象、蟋蟀、悬停蜂鸟、媒介昆虫提供的便携式代谢仪监测配套呼吸室方案



上图从左到右依次为针对着装铠甲士兵、集群鸟类、海洋哺乳动物、植株提供的代谢监测配套方案



上图从左到右依次为针对代谢笼舍、流通式啮齿类呼吸室、自发活动或运动诱导体能提供的代谢监测配套方案

典型应用一

Comparison of the CO₂ ventilatory response through development in three rodent species: Effect of fossoriality, Sprenger R J, Kim A B, Dzal Y A, et al. Respiratory physiology & neurobiology, 2019, 264: 19-27.

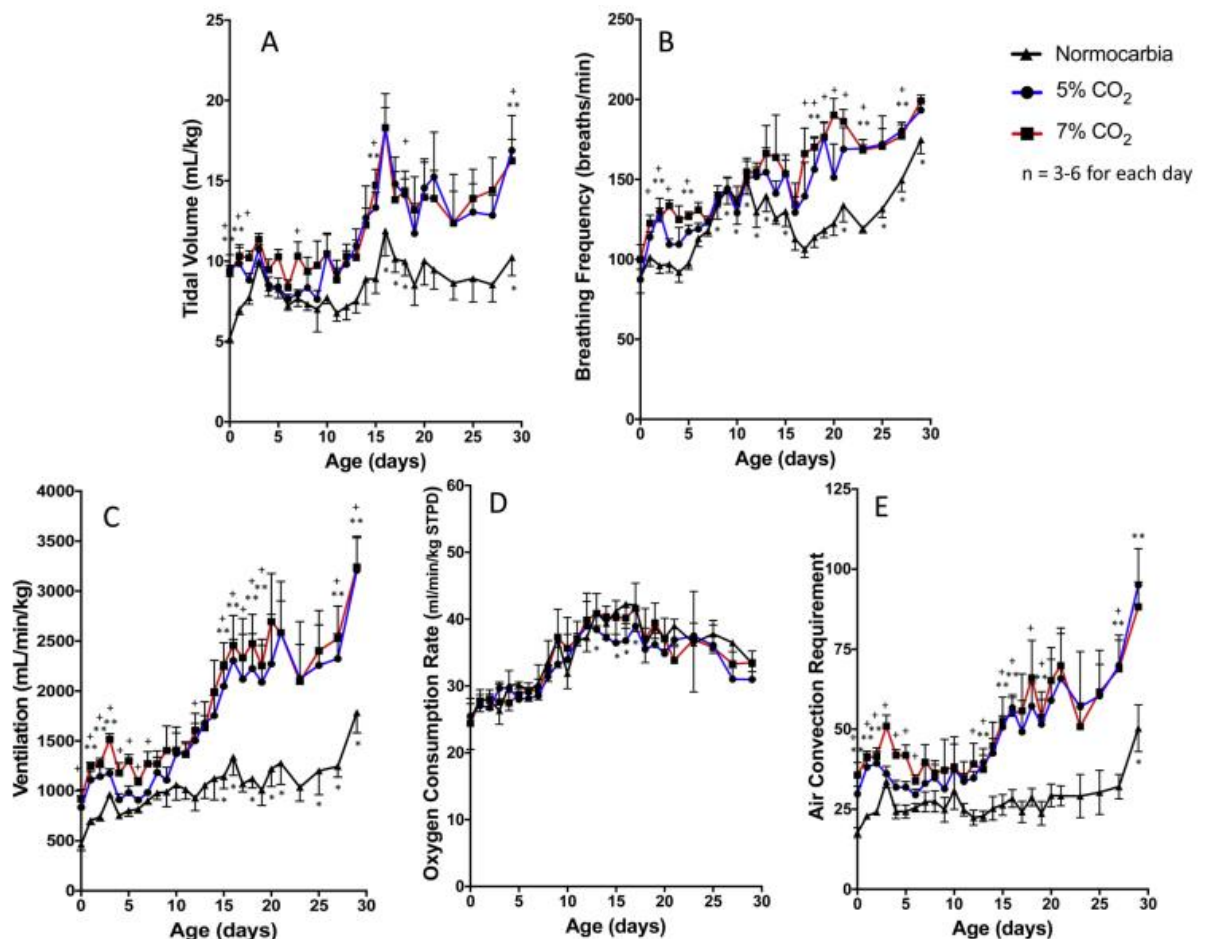


Fig. 1. Breathing frequency (breaths/minute)(A), tidal volume (mL/kg) (B), and total ventilation (mL/min/kg) (C), O₂ consumption rate (mL/min/kg) (D), and the air convection requirement (E) in Sprague-Dawley rats through development (P0-30). Rats were given normocarbic (open triangles), and hypercarbic (5% CO₂, (open circles) and 7% CO₂ (closed circles)) gas mixtures. (n = 3-6 for each day). Error bars show SEM. * denotes a significant differences (P < 0.05) from day 0 within the normocarbic treatment, and ** (5% CO₂) and + (7% CO₂) denote differences (p < 0.05) between hypercarbic and normocarbic gas on that day (ANOVA with Tukey's post hoc test).

本文研究了大鼠、仓鼠和松鼠幼体在不同日龄个体的呼吸模式以及对不同浓度二氧化碳气体的反应敏感性，进而探索啮齿类不同物种幼体发育的环境可塑性。

典型应用二

Greater energy demand of exercise during pregnancy does not impact mechanical efficiency, Denize K M, Akbari P, da Silva D F, et al. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 2019.

美国妇产科学院和加拿大的妇产科医生协会发表了最新的孕妇活动指南，建议孕妇进行 150 分钟中等强度运动以减少妊娠并发症，有利于母体和婴儿的健康。然而怀孕（婴儿作为特殊负重）是如何影响孕妇的能量投入、活动体能和机械效率的却了解很少。该研究通过 FMS 便携式能量代谢仪来量化不同运动程序的能量消耗和机械效率。

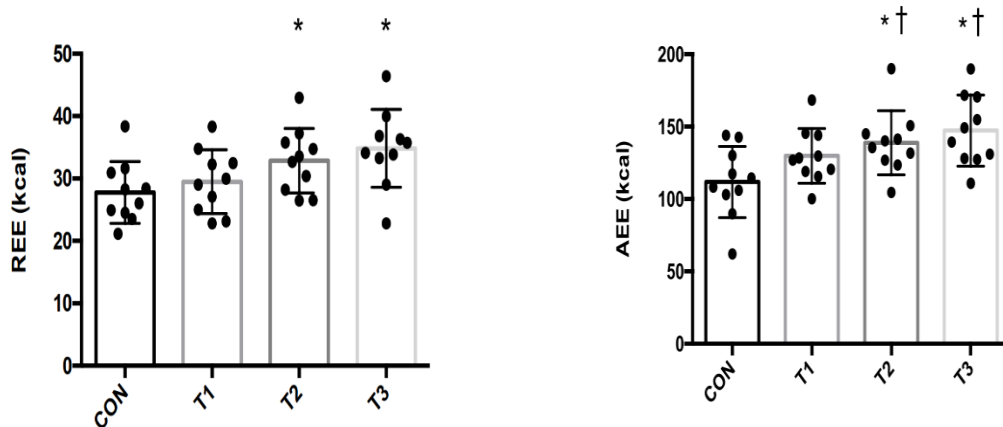


Figure 1. Resting Energy expenditure (kcal). CON, non-pregnant women, N=10; T1, early pregnancy, N=10; T2, mid pregnancy, N=10; T3, late pregnancy, N=10. *p < 0.05, significantly different from CON; error bars represent SD.

Figure 2. Energy expended (kcal) over the 21-minute standardized exercise task. CON, non-pregnant women, N=10; T1, early pregnancy, N=10; T2, mid pregnancy, N=10; T3, late pregnancy, N=10. *p < 0.05, significantly different from CON; †p < 0.05, significantly different from T1; error bars represent SD.

上图左为对照个体、孕早期、孕中期、孕后期的静息能量消耗比较，上图右对照个体、孕早期、孕中期、孕后期个体在 21 分钟标准运动任务后的活动能量消耗情况。*表明结果有显著性差异。

本研究创新性发现，1) 孕期运动时间的能量需求与体重增加成正比；2) 在低到中等强度的步行过程中机械效率保持不变。

产地：美国

选配技术方案

- 1) 可选配 WIC 红外热成像技术连用组成动物代谢生理表型分析系统
- 2) 可选配 2D&3D 视频跟踪和行为分析软件，进行动物行为 3D 跟踪、分析和模型输出，高通量评估活动状态和运动水平，跟踪多个身体点，用于统计摆尾频率、身体摆动实验，可自动计算个体间距离和个体间最近邻近距离用于动物集群行为实验
- 3) 可选配植入式温度（心率、活动度）记录器，进行实时的动物体温监测，发热个体呼吸模式及能量消耗分析
- 4) 可选配高光谱，进行代谢表型分析过程中的血流信号分析，以及高准确度肿瘤动物模型或人体的

手术边界机器视觉诊断，以及 Thermo-RGB 医学双光红外热成像仪进行人体面部发热研究

参考文献 (仅列出部分代表性文献)

1. Charters J E, Heiniger J, Clemente C J, et al. Multidimensional analyses of physical performance reveal a size-dependent trade-off between suites of traits[J]. *Functional Ecology*, 2018, 32(6): 1541-1553.
2. Cochran J P, Haskins D L, Eady N A, et al. Coal combustion residues and their effects on trace element accumulation and health indices of eastern mud turtles (*Kinosternon subrubrum*)[J]. *Environmental Pollution*, 2018, 243: 346-353.
3. de Melo Costa C C, Maia A S C, Nascimento S T, et al. Thermal balance of Nelore cattle[J]. *International journal of biometeorology*, 2018, 62(5): 723-731.
4. Denize, Kathryn M., et al. "Greater energy demand of exercise during pregnancy does not impact mechanical efficiency." *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* ja (2019).
5. Fernandes M H M R, Lima A R C, Almeida A K, et al. Fasting heat production of Saanen and Anglonubian goats measured using open-circuit facemask respirometry[J]. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 2017, 101(1): 15-21.
6. Fonseca V C, Saraiva E P, Maia A S C, et al. Models to predict both sensible and latent heat transfer in the respiratory tract of Morada Nova sheep under semiarid tropical environment[J]. *International journal of biometeorology*, 2017, 61(5): 777-784.
7. Friesen C R, Johansson R, Olsson M. Morph-specific metabolic rate and the timing of reproductive senescence in a color polymorphic dragon[J]. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 2017, 327(7): 433-443.
8. Guigueno M F, Head J A, Letcher R J, et al. Early life exposure to triphenyl phosphate: Effects on thyroid function, growth, and resting metabolic rate of Japanese quail (*Coturnix japonica*) chicks[J]. *Environmental pollution*, 2019, 253: 899-908.
9. Haskins D L, Hamilton M T, Stacy N I, et al. Effects of selenium exposure on the hematology, innate immunity, and metabolic rate of yellow-bellied sliders (*Trachemys scripta scripta*)[J]. *Ecotoxicology*, 2017, 26(8): 1134-1146.
10. Ivy C M, York J M, Lague S L, et al. Validation of a pulse oximetry system for high-altitude waterfowl by examining the hypoxia responses of the Andean goose (*Chloephaga melanoptera*)[J]. *Physiological and Biochemical Zoology*, 2018, 91(3): 859-867.



11. Ladds M A, Slip D J, Harcourt R G. Swimming metabolic rates vary by sex and development stage, but not by species, in three species of Australian otariid seals[J]. *Journal of Comparative Physiology B*, 2017, 187(3): 503-516.
12. Lenard A, Gifford M E. Mechanisms Influencing Countergradient Variation in Prairie Lizards, *Sceloporus consobrinus*[J]. *Journal of Herpetology*, 2019, 53(3): 196-203.
13. Louppe V, Courant J, Videlier M, et al. Differences in standard metabolic rate at the range edge versus the center of an expanding invasive population of *Xenopus laevis* in the West of France[J]. *Journal of Zoology*, 2018, 305(3): 163-172.
14. Maia A S C, Nascimento S T, Carvalho M D, et al. Enteric methane emission of Jersey dairy cows: an investigation on circadian pattern[C]//21ST INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMETEOROLOGY. 2017: 100.
15. Nascimento C C N, de França Carvalho Fonsêca V, de Melo Costa C C, et al. Respiratory functions and adaptation: an investigation on farm animals bred in tropical environment[J]. 2017.
16. Noren D P, Holt M M, Dunkin R C, et al. Echolocation is cheap for some mammals: Dolphins conserve oxygen while producing high-intensity clicks[J]. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 2017, 495: 103-109.
17. Otálora-Ardila A, Flores-Martínez J J, Welch K C. The effect of short-term food restriction on the metabolic cost of the acute phase response in the fish-eating *Myotis* (*Myotis vivesi*)[J]. *Mammalian Biology*, 2017, 82(1): 41-47.
18. Sanguino R A. Rapamycin Interacts with Nutrition to Decrease Basal MetabolicRate of *Drosophila melanogaster*[M]. Adelphi University, 2017.
19. Sprenger R J, Kim A B, Dzal Y A, et al. Comparison of the CO₂ ventilatory response through development in three rodent species: Effect of fossoriality[J]. *Respiratory physiology & neurobiology*, 2019, 264: 19-27.
20. Toler M. Kinetics and Energetics of Feeding Behaviors in *Daubentoniamadagascariensis*[D]. Duke University, 2017.