

了解压力容积导管校准在导纳和电导系统中的重要性

压力-容积 (PV) 环是测量直接、实时心脏功能的金标准。有两种技术可用于 PV 环研究，即导纳 (admittance) 和电导 (conductance)。

这两种系统都需要校准步骤，这些步骤可能有技术挑战或完成费用昂贵，导致许多研究人员回避这些步骤并转而使用估计值。

**对于导纳技术的用户，通过使用估计值来避免校准
现在已成为制造商推荐的获得容积校准数据的方法。**

在本文中，我们将探讨校准中的这些常见捷径，并演示不进行推荐的校准步骤如何会在导纳和电导 PV 系统中产生不准确的结果。

概述

- [为什么需要容积校准？](#)
- [使用估计值对平行容积校准的影响](#)
- [使用估计值对场校正因子校准的影响](#)
- [关键注意事项](#)

为什么需要容积校准?

为了准确报告某些容积衍生的测量值,如每搏量 (SV) 和收缩末期容积 (ESV), 导纳和电导系统都需要一系列容积校准步骤, 旨在克服两个主要的误差来源。

1 平行容积校准

首先, 周围的心脏组织导电并对总容积信号做出贡献。

这称为平行容积, 必须将其移除才能准确测量积。

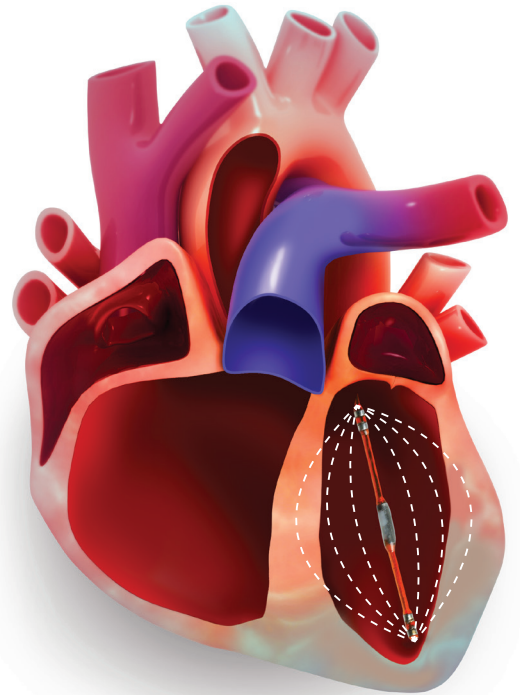
电导系统使用一个步骤, 将高渗盐水注射到血液中, 而导纳系统使用血液和心肌的电特性的额外知识, 自动从方程中删除平行容积。

2 场校正因子校准

其次, 导管产生的电场不均匀。

为了解决这个问题, 从一个独立的 SV 测量计算出一个场校正因子, 被用作对容积信号的最终调整。

然而, 对 SV 进行二次测量通常是不切实际的, 为这可能需要昂贵的设备或更有创的手术步骤。



如果不校准PV系统会发生什么?

为了说明不做这些校准步骤中的任何一个会如何影响您的结果, 我们使用导纳和电导系统分别记录了相同5只健康大鼠的 PV 数据, 并探讨了两种系统中各种校准技术的影响。

使用估计值对平行容积校准的影响-电导

首先, 让我们看看两个系统中消除平行容积 (Vp) 的各种校准方法。在此示例中, 我们将重点关注使用估计值是如何影响通常报告的测量值: 收缩末期容积 (ESV)。

在电导系统中会发生什么?

在电导系统中, 通过进行盐水校准来计算平行容积。在此, 将生理盐水注射到动物体内, 改变血液的电导率, 并让用户计算由周围心脏组织贡献的信号部分。在单个动物上进行该校准步骤可能有些挑战性且耗时。

因此, 为了绕过这个校准步骤, 电导用户从一群相似动物的小组计算出平均 Vp 来替代。

这些假设如何影响您的数据?

当我们将这个假设应用于我们的 5 只动物组时 (图 1), 我们可以看到使用一个平均 Vp 值导致与我们完全校准的 ESV 值存在显著差异。在我们这个小组中有一些这样的极端例子。

使用一个 Vp 平均值代替每只动物的盐水校准可能会导致数据集的 ESV 出现一些显著误差。

图. 1 盐水校准 vs 平均 Vp

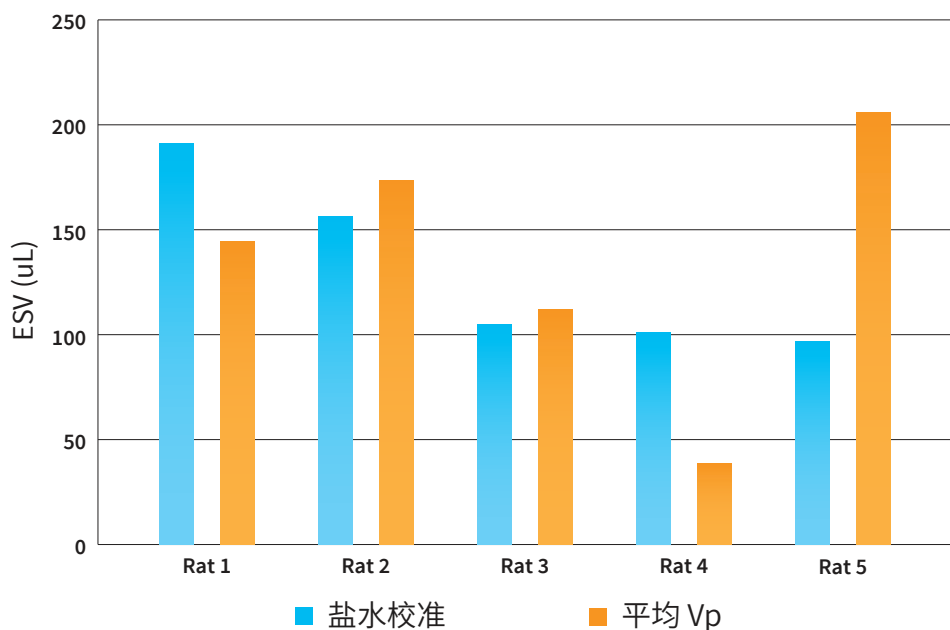


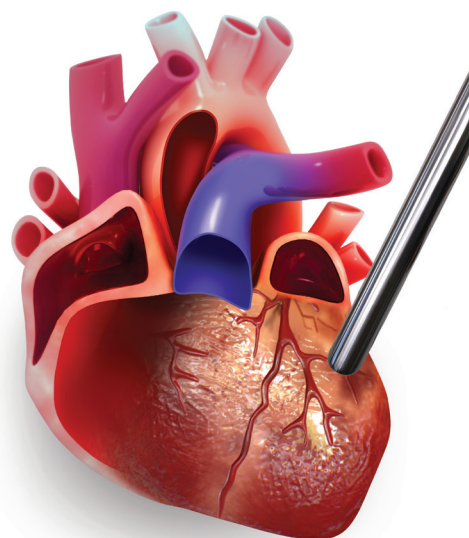
图. 1 使用一个平均 Vp 对盐水校准去除电导系统中的平行容积的影响 (n=5)。

使用估计值对平行容积校准的影响-导纳

在导纳系统中会发生什么?

在导纳系统中, 一个辅助表面校准探头用于测量心肌的电特性 (电导率/电容率)。这称为 sigma/epsilon (S/E) 比率, 用于自动从方程中删除平行容积。

由于放心脏探头需要打开动物的胸部 (在某些实验条件下是不可能的), 并且很难准确地放在跳动的心脏表面并获得一致的读数, 导纳用户通常使用系统提供的默认 S/E 值。



使用估计值对平行容积校准的影响-导纳 (未完待续)

在我们的调查中,为我们每只动物的 S/E 比率采集有效数据是极其困难的,我们无法获得可用来比较的实际值。因此,我们没有使用真实的校准值,而是探讨了使用 3 种不同的 S/E 值:健康、心肌梗塞 (MI) 和肥大可能对您的数据产生的影响。

这些假设如何影响您的数据?

查看我们 5 只动物的 PV 数据 (图 2), 将 S/E 值从提供的健康默认值 (800K) 改变为 MI 心脏 (900K), 最后到肥大心脏 (700K) 对每只动物报告的 ESV 的线性影响。

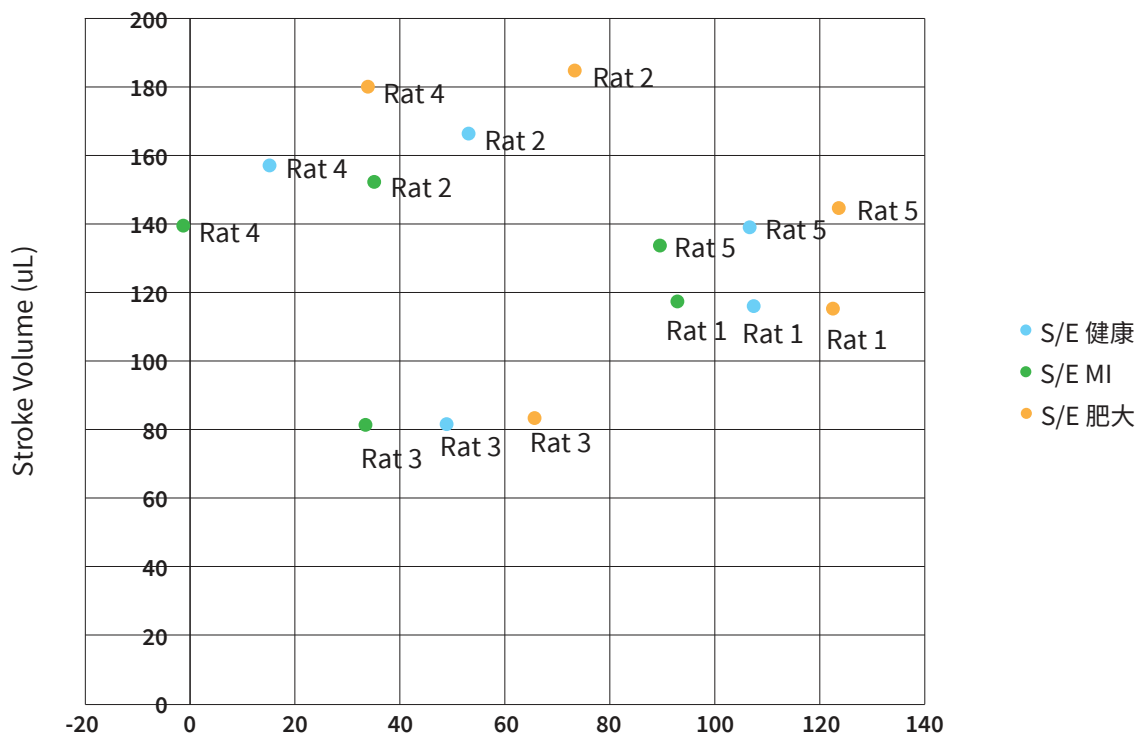


图. 2 使用估计的 S/E 比率 (健康、MI 或肥大) 去除导纳系统中的平行容积的影响 (n=5)。

虽然这些 S/E 值似乎是实用的选择,但选择一个任意 S/E 值来区分您的动物模型可能会给数据的准确性带来进一步的问题。

假设您的研究中有三组;健康 (对照)、疾病 (MI) 和疾病但已治疗。

假设对照组和疾病组 (第 1 组和第 2 组) 之间有足够的心脏重塑,选择 S/E 从 800K 到 900K 的变化,实际上可能反映了这两组之间的差异。但这假设了该重塑的影响在每种情况下都完全相同。

但是第 3 组呢?他们被认为是疾病 (MI) 还是健康?任何一种选择都会以可预测的方式使您治疗组的数据偏向于健康组或疾病组。

因为您选择的 S/E (如果不是直接测量的) 会人为地改变 ESV 的值 (或任何绝对容积值),重要的是要考虑您所做的根据动物模型区分校准的选择是否可能预先确定结果的差异。

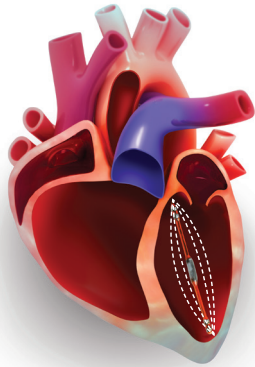
注意:在我们对使用这些默认 S/E 值影响的调查中,原始参考文献建议 S/E 值范围从 1100K 到 1800K,¹ 而导纳系统默认值远远超出此范围。² 目前尚不清楚这些默认值的来源或为什么建议导纳用户使用这些默认值。

使用估计值对场校正因子校准的影响-电导

接下来,我们将看看使用估计值校准场校正因子会如何影响常用报告的测量值:每搏量 (SV)。

在电导系统中会发生什么?

由于小动物心室的大小和形状,导管的电场几乎与导管平行;因此,场校正因子(alpha)将非常接近1³ 因此可以假设为 1。



另一种方法是使用一组动物的平均 alpha 值,它假设原始电导数据的低估水平在特定的动物组中是相似的。

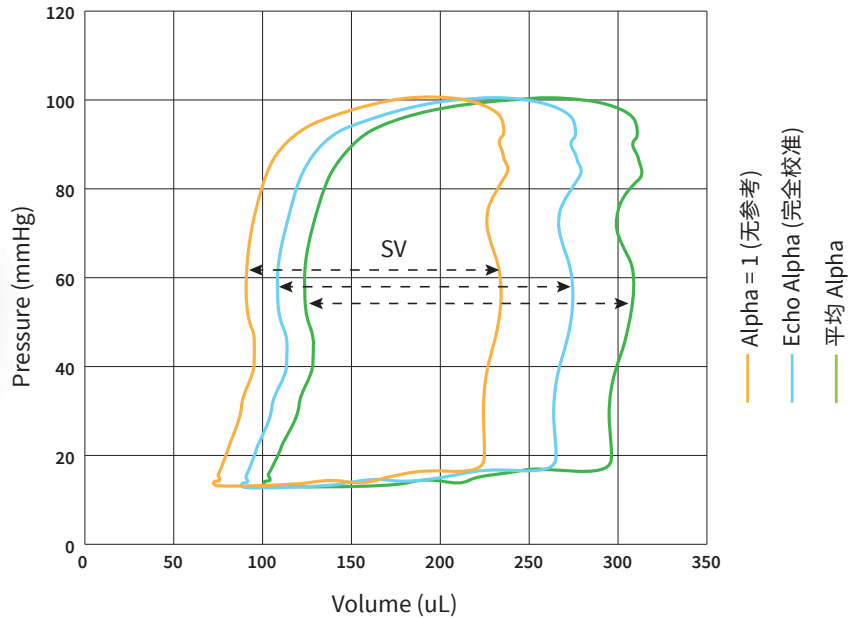


图. 3 使用估计值 (alpha=1, 或平均 alpha) 进行场校正因子校准 (alpha) 对电导系统中 PV 环数据的影响 (n=1)。

这些假设如何影响您的数据?

如果我们查看单只动物的 PV 环数据 (图 3),假设 alpha 比例因子为 1,与使用超声 (Echo)* 的完全校准系统相比,您很可能会低估容积。

另一方面,使用平均 alpha 值会导致高估该动物的容积。然而,这个结果可能因动物而异。

当我们考虑这两个决定对我们的 5 只动物组的影响时 (图 4),您可以看到与 Echo 参考的每搏量*相比,假设 alpha 值为 1 会导致低估 5 只动物的 SV (平均 39 μ l)。

在使用平均 alpha 值的情况下,所得 SV 与完全校准系统的结果不同,但通常保持在相似的测量范围内。

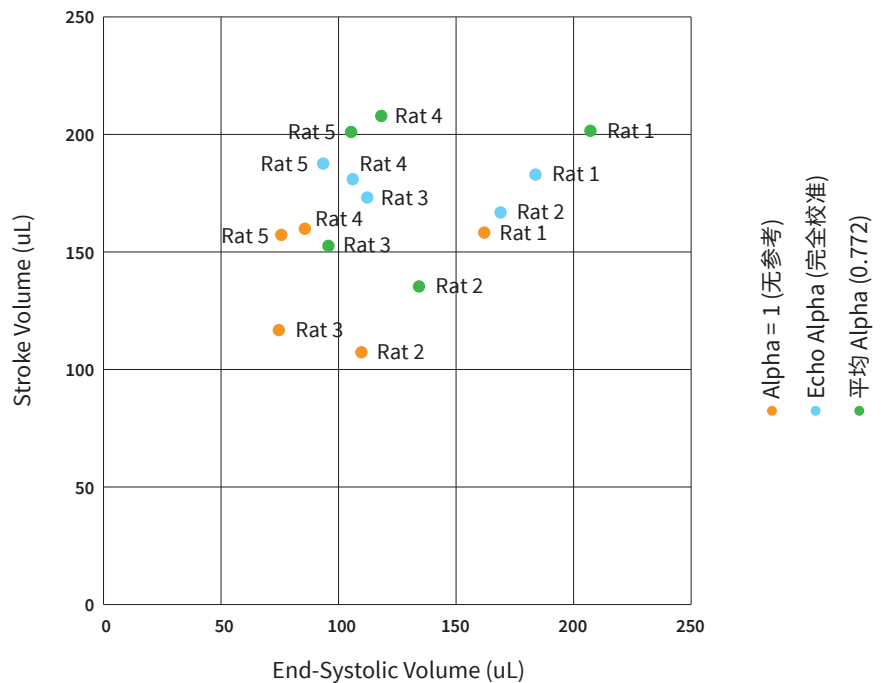


图. 4 使用估计值 (alpha=1, 或平均 alpha) 进行场校正因子校准 (alpha) 对电导系统报告的 SV 的影响 (n=5)。

*使用 M 型超声心动图计算出的参考每搏量。

使用估计值对场校正因子校准的影响-导纳

在导纳系统中会发生什么？

在导纳系统的情况下，向研究人员推荐了多种 SV 估算方法来校准场校正因子。导纳用户被建议使用系统提供的 SV 估计值，而不是使用辅助设备（如 Echo）来获得一个独立的 SV 测量值。这些估计值基于一只动物的健康或在某些情况下，基于动物的体重。⁴在本例中，我们将这些建议的 SV 估计值与理想校准的导纳系统进行了比较，使用 Echo* 作为一个 SV 参考。

这些假设如何影响您的数据？

查看来自单只动物的 PV 环数据（图 5），当我们用提供的 200 μ l SV 估计值校准的 PV 环与用 Echo 校准的环进行比较时，同一只大鼠报告的 SV 存在很大差异。

此外，当我们使用其它建议的估计值时，根据动物的体重，我们在报告的 SV 中得到更大的差异。

当我们将这些估计值应用于我们的 5 只动物时（图 6），与健康大鼠使用 200 μ l 的“默认值”始终会导致对每搏量的高估。

此外，5 只动物 SV 值的变异性降低，导致**所有报告的值都紧密聚集在 200 μ l 参考值周围**。

这意味着您的动物组选择相同的默认 SV 参考，您预先确定了输出每搏量数据，**消除了使用 SV 作为一个组间比较参数的任何可能性**。

同样，我们可以看到，与完全校准的系统相比，使用基于体重的估计值会导致对 SV 的高估（平均 134 μ l）。

正如我们可以清楚看到的那样，选择使用一个 SV 的估计值 - 正如许多导纳用户被鼓励做的那样，而非对每只动物正确校准您的系统（例如通过 Echo），将为您提供一组可能不再与生理相关的结果。

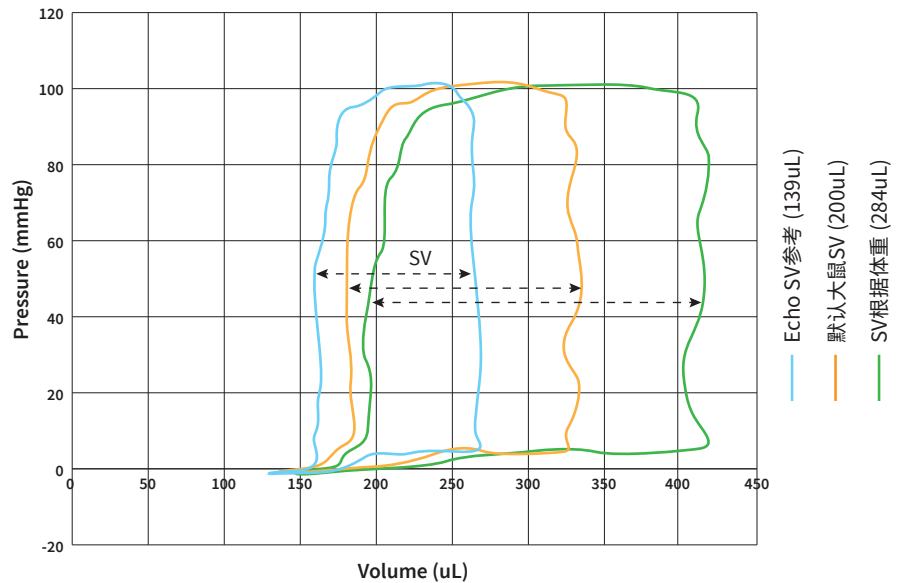


图 5 使用估计值（按动物健康或体重）进行场校正因子校准对导纳系统中 PV 环数据的影响 (n=1)。

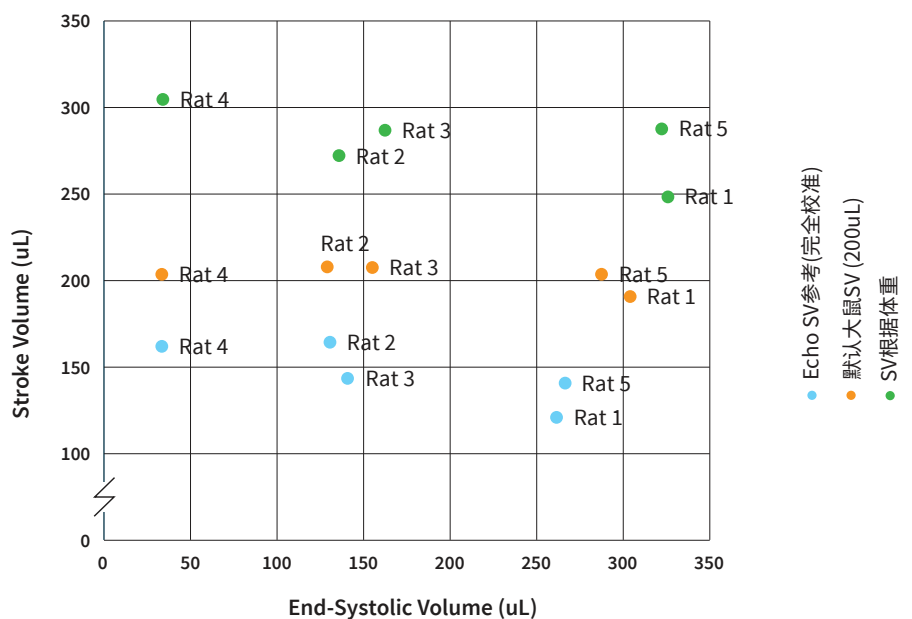


图 6 使用估计值（按动物健康或体重）进行场校正因子校准对导纳系统中报告的 SV 的影响 (n=5)。



正如我们所见, 未能执行正确的校准步骤会导致两个系统中的错误数据和虚假结果。

选择使用估计值来绕过任一校准步骤可能会影响您报告某些心脏测量值的能力, 如 SV、ESV、CO 和 EF, 其中需要绝对容积。

本文侧重于校准对稳态容积参数的影响, 我们的结论并未扩展到使用不同估算方法对其他心脏参数 (如收缩力) 的影响。但是, 我们预测这些参数会受到不同的影响, 影响程度比本文中报告的参数要小。

因此, 无论是哪种 PV 系统, 我们强烈建议您考虑未正确校准导管可能对您的研究结果产生的影响, 因为某些参数 (如 SV 和 ESV) 可能对您的研究问题很重要, 可能会受到这些选择的影响。

要点总结:

- 不遵循推荐的校准步骤会导致错误的数据和虚假的结果 - 在导纳和电导系统中都是如此。
- 使用估计值假设所有动物都是相同的, 并排除生物变异。
- 使用一个预先确定的 SV 估计值作为整个数据集的参考, 您消除了使用 SV 作为一个组间比较参数的任何可能性。
- 选择为特定心脏类型使用提供的 S/E 值会人为地预先确定一个容积结果的差异。

我们希望您发现这些信息对您有所帮助! 如果您有任何问题或想进一步讨论此主题, 请联系您当地的 ADInstruments 技术支持代表 adi.to/technicalsupport

准确性很重要 – Millar 研究导管

自 1969 年以来, Millar, Inc. 一直是开发先进压力传感器技术和推动开创性研究的先驱。在世界各地, 动物研究人员依靠 Millar 技术以前所未有的准确度、精确度和信心进行测量和决策。



ADInstruments 是 Millar Mikro-Tip® 导管、心室压力容积和有创压力记录的相关硬件的全球独家经销商。将 Millar 的高保真、微创导管与 PowerLab 数据采集和 LabChart 数据分析软件的精度相结合, 您可以构建一个高质量、灵活的系统, 每次都为您提供值得信赖的全面数据。

查看 Millar 和 ADInstruments 如何合作提供精确压力容积研究结果 - 请访问我们的网站: adi.to/millar

参考文献:

- 1 Raghavan, K., Porterfield, J.E., Kottam, A.T.G. et al. (2009) Electrical Conductivity and Permittivity of Murine Myocardium. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56(8), 2044-2053. doi: 10.1109/TBME.2009.2012401. PMID: 19605306.
- 2 Konecny, F. (2014). *PV Workbook: Tools & Techniques for Pressure-Volume Hemodynamic Studies*. Ithaca, NY: Transonic Systems Inc.®
- 3 Yang, B., Larson, D.F., Beischel, J. et al. (2001) Validation of Conductance Catheter System for Quantification of Murine Pressure-Volume Loops. *Journal of Investigative Surgery*, 14(6), 341-355. doi: 10.1080/089419301753435710. PMID: 11905502.
- 4 Mulla, W., Etzion, S., Elyagon, S. et al. (2017) Prominent differences in left ventricular performance and myocardial properties between right ventricular and left ventricular-based pacing modes in rats. *Sci Rep* 7, 5931. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06197-w>