

固态和液态粪便的排便控制：肛门外括约肌控制反射和耻骨直肠肌

控制反射的功能

Jara E. Jonker, M.D.¹; Monika Trzpis, Ph.D.¹; Paul M.A. Broens, M.D., Ph.D.^{1,2}

¹Department of Surgery, Anorectal Physiology Laboratory, University of Groningen, University Medical Center Groningen, the Netherlands

²Department of Surgery, Division of Pediatric Surgery, University of Groningen, University Medical Center Groningen, the Netherlands

资金/支持：未报告。

经济披露：未报告。

通讯作者：Jara E. Jonker, M.D., Department of Surgery, Anorectal Physiology Laboratory, University Medical Center Groningen, P.O. Box 30 001, 9700 RB Groningen, the Netherlands (j.e.jonker@umcg.nl)

翻译：许晨 天津市人民医院，蒋峰 江苏省中医院，姚一博 上海中医药大学附属龙华医院

审校：许晨 天津市人民医院，赖思聪 中山大学附属第六医院

摘要

背景：肛门外括约肌控便反射和耻骨直肠控便反射分别通过肛门外括约肌和耻骨直肠肌的自主收缩来控制排便。目前为止，尚不清楚液态粪便对这些反射的影响。

目的：分析液态粪便对排便控制反射的影响。

设计：前瞻性观察性研究。

设定：格罗宁根大学医学中心肛肠生理学实验室。

患者：42名健康受试者。

主要结局指标：肛门直肠压力测试用于检测自主收缩时肛门外括约肌和耻

骨直肠肌水平的压力变化，球囊滞留试验用于检测模拟固态粪便的自主收缩，直肠灌注试验用于研究模拟液态粪便水的效果。

结果：在模拟固体粪便试验中，肛门外括约肌水平的压力从开始到结束逐渐升高（ 132 ± 54 mmHg vs. 198 ± 69 mmHg, $p<0.001$ ），耻骨直肠肌水平的压力也同时升高（ 30 ± 9 mmHg vs. 176 ± 52 mmHg, $p<0.001$ ）。将水注入直肠模拟液态粪便，我们观察到肛门外括约肌控便反射立即被激活（ 87 ± 32 mm Hg vs. 145 ± 36 mm Hg, $p<0.001$ ），发生时间在注水30秒（中位数）之后，而耻骨直肠肌控便反射则没有激活（ 26 ± 9 mm Hg vs. 26 ± 7 mm Hg, $p=0.655$ ）。

Dis Colon Rectum 2020; 63: 1419–1426

DOI: 10.1097/DCR.0000000000001615

© The ASCRS 2020

Disclaimer: The American Society of Colon and Rectal Surgeons is not responsible for the translations provided by Dr. Wang and his colleagues. The original English version of the published content is the only official text. The translated version is subject in all respects to the official text of the published article. If there are any concerns or issues regarding the accuracy of the translations or information presented within the translated versions of these articles, please refer back to the official English-language version.

局限性: 我们只进行了模拟两种粪便稠度的肛门直肠功能测试, 即水和固体。

结论: 肛门括约肌控便反射可控制固态和液体粪便的排便。而耻骨直肠肌控便反射仅控制固态粪便。

前言

大便失禁是指无法控制固态或液态粪便的排出¹。这是一种严重损害患者生活质量的状态²。据估计, 全世界大便失禁的患病率约为8%, 介于2%到21%³⁻⁵。文献中也描述了不同形式的大便失禁的患病率。似乎更多的人患有液态而非固态大便失禁⁶⁻⁸。此外, 众所周知, 腹泻是大便失禁的一个常见危险因素⁴。尽管研究人员试图解释患病率和潜在机制的差异, 固态和液态大便失禁的区别尚不清楚^{4,6,7}。

为了加深对其病理生理学的认识, 我们需要深入了解控便的生理机制。目前关于控便的知识包括肛门括约肌和耻骨直肠肌的自发收缩⁹。除了这些自主收缩外, 两种控便反射在控制排便中起着重要作用; 肛门括约肌控便反射 (Anal-external sphincter continence reflex, AESCR) 和耻骨直肠肌控便反射^{10,11}。这些控便反射通过调节肛门括约肌和耻骨直肠肌的不自主收缩来控制排便。在模拟固态大便的球囊滞留试验中, 健康受试者和患者中都出现了这种情况^{10,11}。问题是, 这些控便反射是否也被液态粪便激活。

本研究的目的是描述和比较肛门括约肌控便反射和耻骨直肠肌控便反射在健康受试者中的功能。

材料和方法

参与者

本研究是针对健康受试者的前瞻性研究。所有受试者都完成了DeFeC问卷¹², 在此基础上, 我们选择那些既往无肛门直肠疾病史、未报告有肛门直肠问题、无下消化道外伤或手术史的受试者, 对于女性, 我们选择没有怀孕或分娩史的受试者。总共53名健康受试者受邀行肛门直肠功能测试。

本研究获得格罗宁根大学医学中心医学伦理委员会的批准, 所有受试者都签署书面知情同意。

健康受试者为医学生, 假如他们有兴趣参与本研究, 我们通过电子邮件告知研究的具体细节。事后, 按照医学伦理委员会的指南进行适当的金钱补偿。

测量设备

肛门直肠功能测试在格罗宁根大学医学中心的肛门直肠生理实验室进行。我们使用太阳能胃肠高分辨率肛门直肠测压, 9.3版本 (Laborie/Medical Measures Systems, Enschede, the Netherlands)。在肛门直肠功能测试中使用两根导管。1号导管:

Laborie/Unisenser K12981固态导管(波士顿型, 宽度12F), 从肛管至直肠的远端每隔8mm记录导管周围压力。2号导管: Laborie/Unisenstor K14204导管(宽度14F), 带有两个微针感受器, 用于测量充气期间连接直肠球囊的压

力。接下来，我们描述在本研究中使用的三种肛门直肠功能测试。这些测试在同一天连续进行，两次测试的间隔约为5分钟，首先进行肛门直肠测压试验，其次为球囊滞留试验，最后为直肠灌注试验。

肛门直肠功能试验

肛门直肠测压试验

我们使用1号导管进行肛门直肠测压。在测试过程中，受试者采取左侧卧位，并要求提肛运动。在肛门外括约肌和耻骨直肠肌的水平测得的压力变化，反映自主收缩。

球囊滞留试验

我们在以前的一篇文章中对球囊滞留试验进行了详细的描述，并附有清晰图片¹⁰。这项测试用于测量肛门外括约肌和耻骨直肠肌的非自主收缩^{10,11,13}。用1号和2号导管进行测试，同时插入两根导管，要求受试者直立坐于马桶上，以1ml/秒的速度将接近体温的水注入直肠球囊，使水留在球囊内。球囊滞留试验的结束定义为最大耐受感觉或最大保持感觉的时刻。由于水在直肠时仍留在球囊内，球囊滞留试验模拟固体大便，因此适用Bristol大便评分3-5分的患者¹⁴。

直肠灌注试验

我们进行直肠灌注试验，以研究两种反射是否都参与稀便的排便控制。在这项测试中，将接近体温的水直接注入直肠以模拟稀便，相当于Bristol大便评分7分的患者¹⁴。直肠灌注试验只使用1号导管，也是要求受试者直立坐于马桶上。以1mL/秒的恒速注入水，当向直肠中注入1000mL水时，即

16.7分钟后，测试停止，这一时刻被定义为测试结束点。我们排除了那些在测试结束前就不能控制住水，也就是不能控制稀便的“健康受试者”。我们测量了在肛门外括约肌和耻骨直肠肌水平观察到第一次压力增加时的时间和体积。由于耻骨直肠肌水平的压力无增加，因此我们使用肛门外括约肌水平观察到的第一次压力增加的时刻作为记录耻骨直肠肌水平压力变化的时刻。此外，我们在测试开始和结束时测量了肛门外括约肌和耻骨直肠肌的压力。

直肠灌注试验的标准程序是向直肠内注入1500mL的水¹⁵。在本研究中，我们在所有测量过程中注入了1000mL的水。尽管如此，为了确定使用1500mL是否改变结果，我们首先向12名健康受试者直肠内注入1500mL水。我们发现，无论是肛门外括约肌还是耻骨直肠肌，1000mL和1500mL的结果都没有显著差异。因此，本研究结果仅基于直肠内注入1000mL的水的情况。

统计分析

使用SPSS Version 23.0 for Windows(IBM SPSS Statistics, IBM Corporation, Armonk, NY)分析数据。数值表示为数字(百分比)、平均值±标准差或中位数(范围)。对正态分布数据进行独立样本t检验和配对样本t检验。数据非正态分布使用Mann-Whitney和Wilcoxon符号秩检验。Pearson相关系数测量两个连续参数之间的关联性。统计学显著性水平设为 $p<0.05$ 。

图片生成使用GraphPad Prism的Windows 7.02版 (GraphPad Software,

Dis Colon Rectum 2020; 63: 1419–1426

DOI: 10.1097/DCR.0000000000001615

© The ASCRS 2020

Disclaimer: The American Society of Colon and Rectal Surgeons is not responsible for the translations provided by Dr. Wang and his colleagues. The original English version of the published content is the only official text. The translated version is subject in all respects to the official text of the published article. If there are any concerns or issues regarding the accuracy of the translations or information presented within the translated versions of these articles, please refer back to the official English-language version.

结果

研究对象的选择与特征

53名受试者中, 11名受试者由于肛门直肠功能测试未按照方案进行而被排除, 具体如下: 压力未记录($n=4$), 导管位置不佳($n=3$), 测试完成过早($n=3$), 或者注水泵未起作用($n=1$)。因此, 本研究分析了42名健康受试者的测量结果。其中, 24人(57%)为女性, 18人(43%)为男性($p=0.44$)。受试者中位年龄为22岁(18-30岁)。在球囊滞留试验中无受试者掉落球囊, 因此试验结束时间点即为最大的耐受感觉。所有受试者在直肠灌注试验过程中均能控制住水。球囊滞留试验的起始压力与直肠灌注试验的起始压力有显著差异($132\pm 54\text{mmHg}$ vs $87\pm 32\text{mmHg}$, $p<0.001$, 见表1)。

固体大便的控制反射功能

在模拟固体大便的球囊滞留试验中, 肛门外括约肌的压力从开始到结束都显著增加($132\pm 54\text{mmHg}$ vs $198\pm 69\text{mmHg}$, $p<0.001$, 见表1, 图1A)。在同一测试中, 耻骨直肠肌的压力从开始到结束亦显著增加【 $30(20-55)\text{mmHg}$ vs $185(70-280)\text{mmHg}$, $p<0.001$, 见表1, 图1B】。测试结束前的平均时间为 6.5 ± 1.9 分钟。测试结束时, 发现肛门外括约肌和耻骨直肠肌的压力之间无相关性, 反映了肛门外括约肌控制反射和耻骨直肠肌控制反射亦不相关($r=-0.134$, $p=0.4$, 图2)。图3A显示了一个受试者在球囊滞

留试验期间的高分辨率肛门直肠测压结果。

液体大便的控制反射功能

直肠注水后, 肛门外括约肌的压力立即升高, 高达 $145\pm 36\text{mmHg}$, 明显高于测试开始时的压力($87\pm 32\text{mmHg}$, $p<0.001$, 表2, 图1C)。压力升高的中位时间是30秒。在同一测试中, 耻骨直肠肌压力未增加($26\pm 9\text{mmHg}$ vs $26\pm 7\text{mmHg}$, $p=0.66$, 表2)。

在注入1000mL水后, 即测试结束时, 肛门外括约肌的压力显著升高, 高达 $108\pm 43\text{mmHg}$, 与测试开始时相比显著升高($87\pm 32\text{mmHg}$, $p=0.005$, 表1, 图1C)。在测试开始和结束时, 耻骨直肠肌的压力亦显著增加, 但仅是平均相差5毫米汞柱($26\pm 9\text{mmHg}$ vs $31\pm 13\text{mmHg}$, $p=0.04$, 表1, 图1D)。图3B显示了一个受试者在直肠灌注试验期间的高分辨率肛门直肠测压结果。

控便机制中的性别差异

表3中列出了模仿固体和液体大便时自主和非自主收缩的性别差异。男性的肛门外括约肌和耻骨直肠肌产生的自主收缩明显高于女性($p=0.008$ 和 $p=0.003$)。相反, 模拟固体大便和液体大便, 在测试结束时, 男性和女性的肛门外括约肌和耻骨直肠肌的非自主收缩无差异($p=0.68$ 和 $p=0.51$)。而球囊滞留试验和直肠灌注试验开始时男性的肛门外括约肌压力均明显高于女性($p=0.002$ 和 $p=0.001$)。

讨论

本研究探讨了模拟固态与液态粪便（分别采用球囊滞留试验和直肠灌注试验）对肛门-外括约肌排便反射（AESCR）和耻骨直肠肌排便反射的影响。虽然本课题组在前期研究中已经描述过这两种反射，但到目前为止，还没有对两者进行比较的研究，两种反射通常在什么条件下被激发也尚未明确^{10,11}。在本研究中，我们发现AESCR在模拟固体和液态粪便的试验中均会被激发，而耻骨直肠肌排便反射仅在模拟固体粪便的BRT试验中被激发。在模拟固体粪便的球囊滞留试验中，我们发现两种排便反射的激发程度相当。有趣的是，我们发现在直肠腔内注水后，AESCR迅速出现。平均30秒后，压力会快速增加。与AESCR不同，直肠腔内注水后，耻骨直肠肌的排便反射没有迅速出现。虽然比较直肠灌注试验开始时与结束后压力增加数据有统计学意义，但是因为只平均增加了5 mm Hg，我们并不认为这一差异是临床相关的。

我们注意到，在直肠灌注试验中，当水流入近端结肠，虽然水流同时经过肛门外括约肌和耻骨直肠肌，但只有AESCR被快速激发，而耻骨直肠肌排便反射不活跃。这种排便反射激活的差异可以帮助我们更详细地描述他们的特点。先前的研究表明，局部麻醉后肛门外括约肌的自主收缩会减弱¹¹。这产生了一个假说，AESCR途径的感受器可能位于肛管表面。我们观察到，仅在直肠腔内注入几毫升水后，在直肠肛管区域几乎没有形成压力，AESCR也会被迅速激发，这表明

该感受器具有类似接触性感受器的特征。与AESCR相比，在小剂量注水后，耻骨直肠肌排便反射没有出现，当注入直肠1000ml水后，才有轻微的反​​射出现。这些证据支持我们的假说，耻骨直肠肌排便反射途径的感受器可能是一个牵拉感受器，只有在直肠压力增加时才会被激发。

可能会存在争议，因为在球囊滞留试验中肛门外括约肌的初始压力水平高于直肠灌注试验初始压力水平，这一差异对结果会有影响。然而，球囊保留试验中采用两种导管，一种是带置入球囊的，另一种是没有球囊，直肠灌注试验中只有一种无球囊导管。研究中观察到的压力差异是在肛门外括约肌水平，而不是在耻骨直肠肌水平，这一发现支持了我们的假说，AESCR是通过接触性感受器激发，而耻骨直肠肌排便反射不是。自然的，两个导管与一个球囊比仅仅一个导管对患者的刺激更强烈。

固体粪便和液态粪便失禁发生率的差异

众所周知，液态粪便比固体粪便更容易发生失禁⁶⁻⁸。另外，腹泻是大便失禁的常见的危险因素⁴。尽管许多研究者试图解释这一现象，但主要原因尚不明确。一方面，我们发现固体粪便受两种排便反射控制，而液态粪便似乎仅受AESCR控制，这或许能够解释液态粪便失禁发生率更高的原因。相应的，一旦AESCR缺失，液态粪便就无法控制。另一方面，在这种情况下，固体大便仍可控制，因为耻骨直肠的排便反射仍然发挥作用。换言之，固体粪便的节制至少由两种非自主反射机制控制，而液态粪便只有一

Dis Colon Rectum 2020; 63: 1419–1426

DOI: 10.1097/DCR.0000000000001615

© The ASCRS 2020

Disclaimer: The American Society of Colon and Rectal Surgeons is not responsible for the translations provided by Dr. Wang and his colleagues. The original English version of the published content is the only official text. The translated version is subject in all respects to the official text of the published article. If there are any concerns or issues regarding the accuracy of the translations or information presented within the translated versions of these articles, please refer back to the official English-language version.

种机制控制。幸运的是，粪便大部分时间是固体的，正常人群中Bristol粪便量表中3型、4型和5型多见，量表中1型为硬块样粪便，7型为液态粪便^{14,16}。因此，在健康人群中，两种排便反射可能同时起作用，仅仅液态粪便时AESCR起主要的控便作用。

性别因素对自主收缩与非自主收缩的影响

我们发现男性的肛门外括约肌和耻骨直肠肌自主收缩比女性更强，证实了先前的研究^{17,18}。有趣的是，肛门外括约肌和耻骨直肠肌的非自主收缩没有性别差异。然而，我们发现在测试开始时，男性的肛门外括约肌压力水平高于女性。文献报道，与女性相比，男性的静息压更高。^{19,20}这也可能是由于实验中肛门直肠功能检测是由一名年轻女性进行。我们注意到在测试时男性受试者的行为比女性受试者更尴尬，情绪比女性更紧张。事实上，男性受试者更紧张，因此可能更不能放松他们的盆底肌肉，这可以解释为什么男性受试者在测试开始时肛门外括约肌压力比女性受试者更高。

局限性

可能存在争议的是，我们在进行直肠灌注试验时仅使用水替代液态粪便，而不是像其他试验中有时会添加增稠剂来替代液态粪便。这样做的目的是为了尽可能的拟合最极端样式的液体粪便。当然这种极端形式的腹泻并非经常发生。然而，本研究模拟了最严重的腹泻。研究中发现耻骨直肠肌上似乎存在压力感受器。我们假设反射的激发可能取决于粪便的黏稠度。换

言之，就算大便呈水样，但或多或少有固体成分，就可能激发耻骨直肠肌的排便反射。因此还需要研究不同黏稠度粪便来进一步证实我们的假说。

在后续的研究中，我们可以采用男性实验人员来进行测试，将男性受试者不适感降到最低，旨在避免测量之间的个体差异。

结论

肛门-外括约肌排便反射可以控制固体和液态两种粪便的控便。相反，耻骨直肠肌排便反射仅可控制固体粪便的控便。

致谢

感谢Mmes T. de Groot, SGerritsen和B.Brongers-Posthuma在肛门直肠生理实验室所提供的宝贵服务，感谢T. van Wulfften Palthe博士对英文手稿的勘误。

参考文献

1. Bharucha AE, Wald A, Enck P, Rao S. Functional anorectal disorders. *Gastroenterology*. 2006;130:1510–1518.
2. Bharucha AE, Zinsmeister AR, Locke GR, et al. Prevalence and burden of fecal incontinence: a population-based study in women. *Gastroenterology*. 2005;129:42–49.
3. Ng KS, Sivakumaran Y, Nassar N, Gladman MA. Fecal incontinence: community prevalence and associated factors--a systematic review. *Dis Colon Rectum*. 2015;58:1194–1209.

4. Menees SB, Almario CV, Spiegel BMR, Chey WD. Prevalence of and factors associated with fecal incontinence: results from a population-based survey. *Gastroenterology*. 2018;154:1672–1681.e3.
5. van Meegdenburg MM, Meinds RJ, Trzpis M, Broens PMA. Subtypes and symptoms of fecal incontinence in the Dutch population: a cross-sectional study. *Int J Colorectal Dis*. 2018;33:919–925.
6. Ditah I, Devaki P, Luma HN, et al. Prevalence, trends, and risk factors for fecal incontinence in United States adults, 2005–2010. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2014;12:636–43.e1–2.
7. Whitehead WE, Borrud L, Goode PS, et al. Fecal incontinence in US adults: epidemiology and risk factors. *Gastroenterology*. 2009;137:512–7, 517.e1–2.
8. Visscher AP, Lam TJ, Hart N, Felt-Bersma RJ. Fecal incontinence, sexual complaints, and anorectal function after third-degree obstetric anal sphincter injury (OASI): 5-year follow-up. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*. 2014;25:607–613.
9. Rao SS. Pathophysiology of adult fecal incontinence. *Gastroenterology*. 2004;126(suppl 1):S14–S22.
10. Broens PMA, Jonker JE, Trzpis M. The puborectal continence reflex: a new regulatory mechanism controlling fecal continence. *Int J Colorectal Dis*. 2018;33:627–633.
11. Broens PM, Penninckx FM, Ochoa JB. Fecal continence revisited: the anal external sphincter continence reflex. *Dis Colon Rectum*. 2013;56:1273–1281.
12. Meinds RJ, Timmerman MEW, van Meegdenburg MM, Trzpis M, Broens PMA. Reproducibility, feasibility and validity of the Groningen Defecation and Fecal Continence questionnaires. *Scand J Gastroenterol*. 2018;53:790–796.
13. van Meegdenburg MM, Heineman E, Broens PM. Pudendal neuropathy alone results in urge incontinence rather than in complete fecal incontinence. *Dis Colon Rectum*. 2015;58:1186–1193.
14. Heaton KW, Radvan J, Cripps H, Mountford RA, Braddon FE, Hughes AO. Defecation frequency and timing, and stool form in the general population: a prospective study. *Gut*. 1992;33:818–824.
15. Read NW, Harford WV, Schmulen AC, Read MG, Santa Ana C, Fordtran JS. A clinical study of patients with fecal incontinence and diarrhea. *Gastroenterology*. 1979;76:747–756.
16. Blake MR, Raker JM, Whelan K. Validity and reliability of the Bristol Stool Form Scale in healthy adults and patients with diarrhoea-predominant irritable bowel syndrome. *Aliment Pharmacol Ther*. 2016;44:693–703.
17. Maeda Y, Vaizey CJ, Hollington P, Stern J, Kamm MA. Physiological, psychological and behavioural characteristics of men and women with faecal incontinence. *Colorectal Dis*. 2009;11:927–932.
18. Jonker JE, van Meegdenburg MM, Trzpis M, Broens PMA. The puborectal continence reflex functions independently of the pudendal nerve. *Colorectal Dis*. 2019;21:1296–1303.

Dis Colon Rectum 2020; 63: 1419–1426
 DOI: 10.1097/DCR.0000000000001615
 © The ASCRS 2020

Disclaimer: The American Society of Colon and Rectal Surgeons is not responsible for the translations provided by Dr. Wang and his colleagues. The original English version of the published content is the only official text. The translated version is subject in all respects to the official text of the published article. If there are any concerns or issues regarding the accuracy of the translations or information presented within the translated versions of these articles, please refer back to the official English-language version.

19. Broens PM, Penninckx FM. Relation between anal electrosensitivity and rectal filling sensation and the influence of age. *Dis Colon Rectum*. 2005;48:127–133.

20. McHugh SM, Diamant NE. Effect of age, gender, and parity on anal canal pressures. Contribution of impaired anal sphincter function to fecal incontinence. *Dig Dis Sci*. 1987;32:726–736.

表 1. 直肠中存在固体和液体粪便时肛门外括约肌和耻骨直肠肌非自主收缩的比较

总数(N = 42)	开始时压力 (mm Hg)	结束时压力 (mm Hg)	p 值
肛门外括约肌			
BRT	132 ± 54	198 ± 69	<0.001
RIT	87 ± 32	108 ± 43	0.005
耻骨直肠肌			
BRT	30 (20 – 55)	185 (70 – 280)	< 0.001
RIT	26 ± 9	31 ± 13	0.04

BRT: 气囊滞留试验(模拟固态大便); RIT: 直肠灌注试验(模拟液态大便)

表 2. 直肠灌注试验期间肛门外括约肌和耻骨直肠肌的压力比较

肌肉	开始时压力 (mm Hg)	首次压力增加* (mm Hg)	平均值	95% 置信区间	p 值
肛门外括约肌	87 ± 32	145 ± 36	58	46 - 71	< 0.001
耻骨直肠肌	26 ± 9	26 ± 7	0.6	-3.2 - 2.1	0.66

*首次压力增加中位时间 30 秒 (30 mL)。

表 3. 粪便控便机制的性别差异

肛肠测压	总数 (N = 42)	女 (n = 24)	男 (n = 18)	p 值
最大自主收缩				
肛门外括约肌 (mm Hg)	325 (160 – 585)	298 (180 – 445)	365 (160 – 585)	0.008
耻骨直肠肌 (mm Hg)	75 (25 – 245)	63 (25 – 150)	113 (35 – 245)	0.003
BRT 期间额非自主收缩				
肛门外括约肌				
开始时压力(mm Hg)	132 ± 54	109 ± 37	163 ± 57	0.002
结束时压力 (mm Hg)	198 ± 69	201 ± 76	193 ± 61	0.68
耻骨直肠肌				
开始时压力 (mm Hg)	30 (20 – 55)	30 (20 – 45)	25 (20 – 55)	0.15
结束时压力 (mm Hg)	176 ± 52	180 ± 58	170 ± 42	0.51
结束时间 (minutes)	6.5 ± 1.9	6.5 ± 2.0	6.5 ± 1.7	0.90
RIT 期间的非自主收缩				
肛门外括约肌				
开始时压力(mm Hg)	87 ± 32	74 ± 23	105 ± 33	0.001
结束时压力 (mm Hg)	108 ± 43	106 ± 36	110 ± 52	0.74
耻骨直肠肌				
开始时压力(mm Hg)	26 ± 9	26 ± 10	26 ± 9	0.83
结束时压力 (mm Hg)	31 ± 13	29 ± 8	33 ± 18	0.35
结束时间 (minutes)	16.7	16.7	16.7	n.a.

n.a. =不适用; BRT: 气囊滞留试验 (模拟固态大便); RIT: 直肠灌注试验 (模拟液态大便)

图例

图1. 肛门括约肌和耻骨直肠肌在测试开始和结束时球囊滞留试验(BRT)和直肠灌注试验(RIT)平均值和中位数的图形显示。A. 在模拟固体大便的BRT过程中，肛门括约肌水平的压力增加，从而激活了肛门-括约肌控制反射(AESCR)。B. 在模拟固体大便的BRT过程中，耻骨直肠肌水平的压力增加，从而激活耻骨直肠可控反射。C. 肛门括约肌压力在中位数30秒后首先迅速升高，随后在注水时压力升高趋于稳定。D. 注水过程中，耻骨直肠肌水平的压力没有迅速增加，而且只有很小的、临床上无关的压力增加。

图2. 肛门-括约肌控制反射(AESCR)和耻骨直肠控制反射的比较。

图3. A. 球囊滞留试验期间的高分辨率压力，其中直肠球囊逐渐充满水。这张图显示的是一名健康的女性受试者。颜色变化表示压力变化，其中蓝色表示没有压力变化，因此是大气压力，红色表示压力增加。右轴上显示的是压力传感器，它显示了从肛管外到肛管更近端的距离。显示了肛门括约肌和耻骨直肠肌水平的压力区。用这项试验测量了肛门括约肌和耻骨直肠肌的非自主收缩，它们分别受肛门-括约肌控制反射和耻骨直肠控制反射的调节，如图所示。B. 直肠灌注试验期间的高压剖面，向直肠内注入水。这项测试是在同一名女性受试者身上进行的，如图3A所示。注意，肛门-括约肌控制反射被激活，导致高压区形成，但耻骨直肠控制反射没有激活。

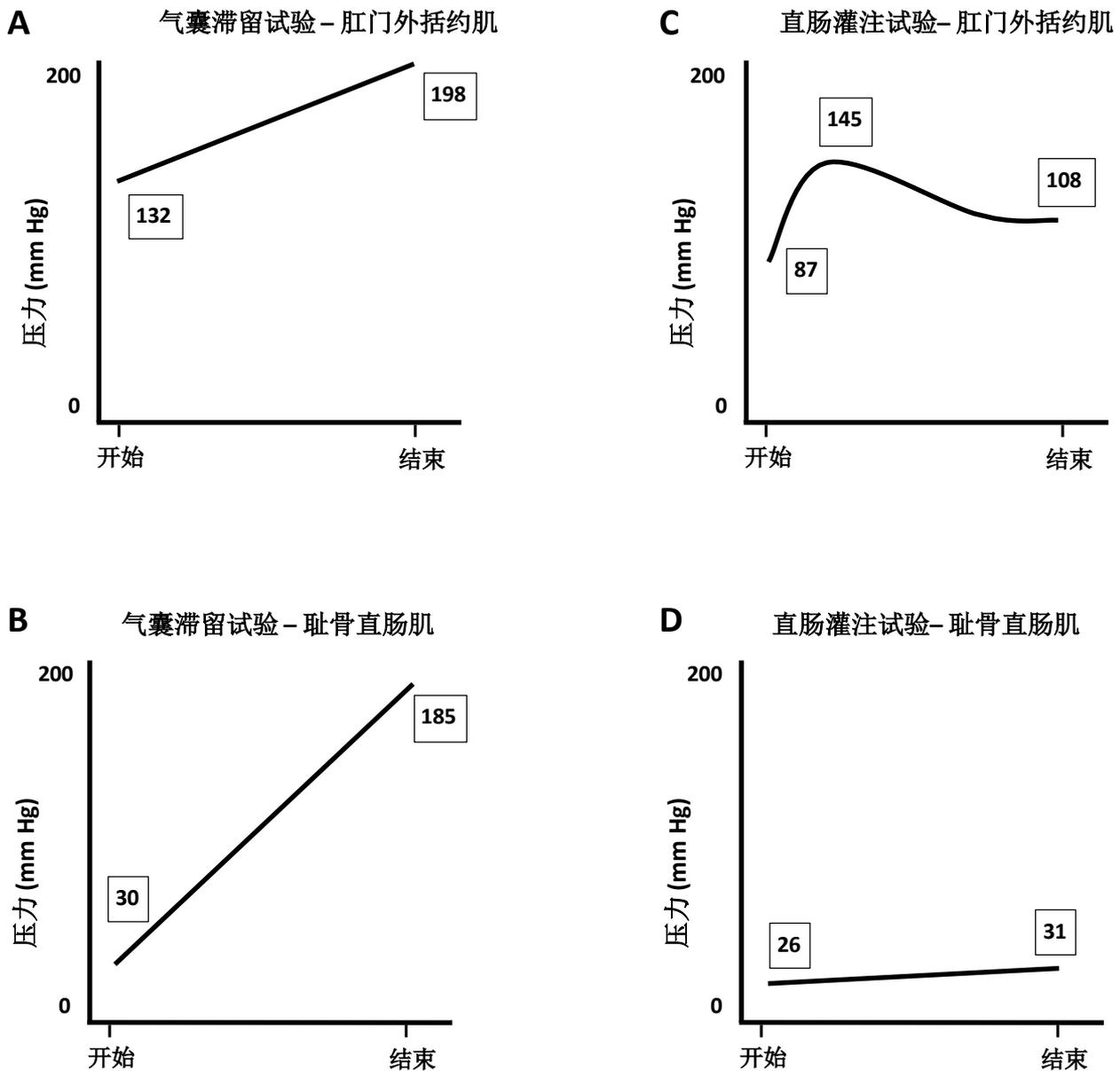
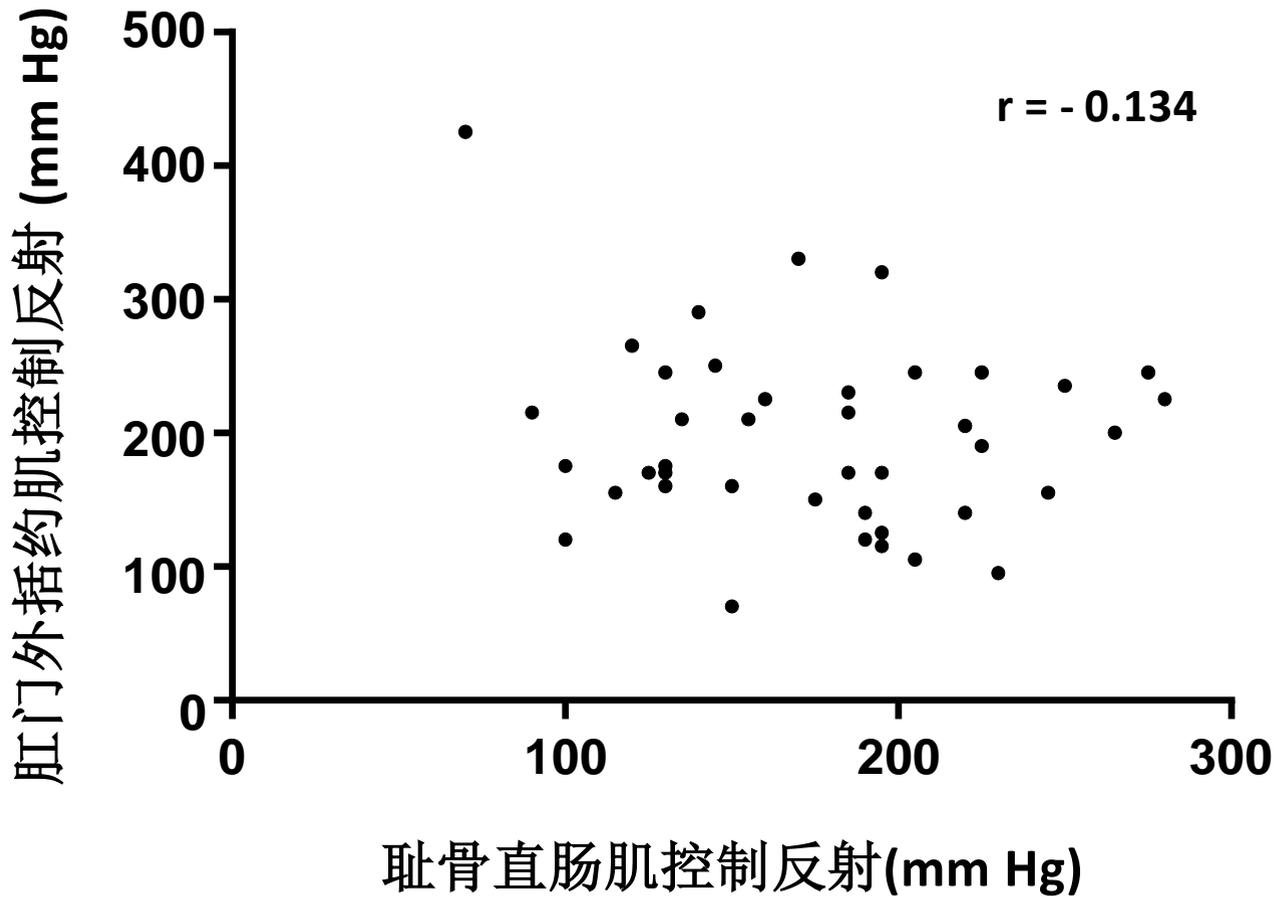
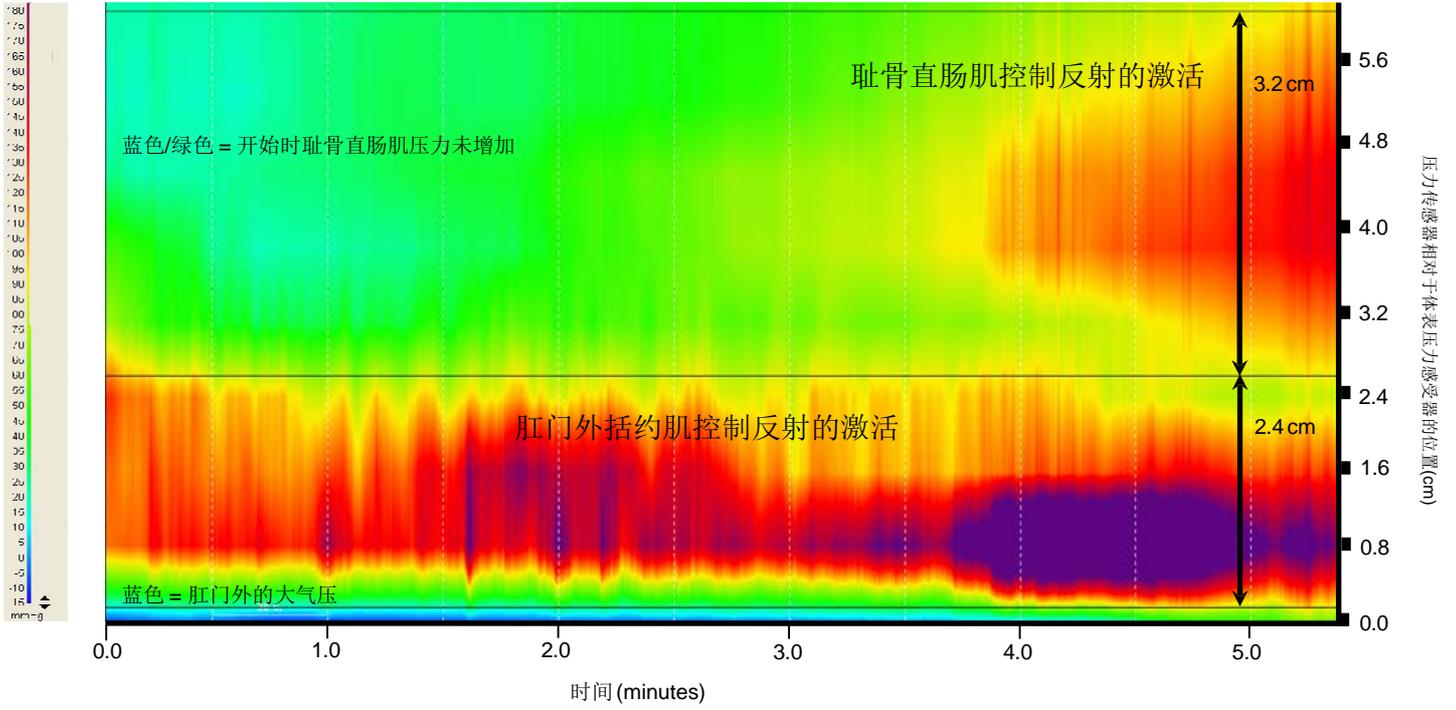


图1. 肛门外括约肌和耻骨直肠肌在测试开始和结束时球囊滞留试验(BRT)和直肠灌注试验(RIT)平均值和中位数的图形显示。
A. 在模拟固体大便的BRT过程中，肛门外括约肌水平的压力增加，从而激活了肛门-外括约肌控制反射(AESCR)。
B. 在模拟固体大便的BRT过程中，耻骨直肠肌水平的压力增加，从而激活耻骨直肠可控反射。
C. 肛门外括约肌压力在中位数30秒后首先迅速升高，随后在注水时压力升高趋于稳定。
D. 注水过程中，耻骨直肠肌水平的压力没有迅速增加，而且只有很小的、临床上无关的压力增加。



A. 气囊滞留试验中肛门和耻骨直肠肌压力变化



B. 直肠灌注试验中肛门和耻骨直肠肌压力变化

