

第三章：排尿的生理学

Associate Professor MARIE CARMELA LAPITAN, Philippines

概论

排尿作用(Micturition)为一同时受随意及自主神经支配的特殊过程。其生理是下尿路的独特解剖及组织，在神经的精密操控及协调下，对尿液的储存及定时排放。排尿周期分两部份：储存期(storage phase)及排泄期(voiding phase)，正常排尿的关键，在于膀胱及出口的交互作用(reciprocal)。此有赖于处于神经系统各处，包括脑皮质中枢(control centre)、嘴侧脑桥(rostral pons)、骶上脊髓(supra sacral cord)、骶脊髓(sacral cord)、腹下神经(hypogastric n.)、盆神经(pelvic n.)及阴部神经等，的一系列开关。这神经控制确保储存期及排放期的连贯活动正常进行。

引言

排尿作用是体内同时受随意自主神经支配的特殊过程。其生理是下尿路的独特解剖及组织，在神经的精密操控及协调下的表现。此章回顾参与正常排尿的各器官的解剖，以及论述神经系统如何协调不同器官在排尿周期中有秩序的运用。

定义

排尿为将尿液排出体外的活动。

解剖

排尿涉及的结构包括(1)膀胱(2)尿道(3)盆底。控制的神经系统，严格来说虽非下尿道的一部份，唯需加认识，方可理解排尿过程。

这些神经系统包括：

1. 外周神经(peripheral nerve)特别是阴部(pudendal)腹下(hypogastric)及盆(pelvic)神经
2. 脊髓(spinal cord)
3. 脑桥(pons)
4. 大脑皮质(cerebral cortex)

排尿分期(Phases of Micturition)

下尿路的的功能主要是(1)储存尿液(2)定期排放尿液。这两功能构成排尿周期的两分期：(1)储存期(storage)(2)排期(voiding phase)

储存期

储存期由膀胱排尿后开始。尿液从肾经输尿管注入膀胱，直至容量盛满，或

有适合排尿的机会出现。正常充盈时，增加存尿量并不引致膀胱压力上升。这容许尿液继续注入。此外，在膀胱的尿液不应从尿漏出或经输尿管反流。

正常储存期的解剖及生理

正常储尿功能，须有顺应的(compliant)逼尿肌。顺应性是指膀胱在容量增加时仍可保持低压的能力。成人的膀胱可充盈至 400ml 仍无显著压力升高。

使膀胱顺应的解剖特点包括：逼尿肌内平滑肌以及粘膜下层的弹性蛋白(elastin)及胶原(collagen)的粘弹性(viscoelasticity)。这使膀胱容纳增加的尿量。

使尿道紧闭的解剖特点，包括：膀胱颈的大量平滑肌及弹性结缔组织(connective tissue)使它在膀胱充盈时被动地闭合。膀胱出口的韧带(为盆底一部份)支持着尿道及保持逼尿肌及膀胱颈之间的角度。尿道平滑肌在维持尿道控尿力的角色，仍具争议，其中外层圆形平滑肌有助增加尿道静态时的闭合及压力。

横纹括约肌(rhabdosphincter)为慢颤搐(slow twitch)纤维，是在膀胱充盈时尿道静止压力的主要来源。在应力发生时(咳嗽或瓦尔萨尔瓦动作 (Valsalva maneuver)，此肌肉的反射收缩使尿道压力急增，从而确保尿道闭合无漏，维持尿控。

尿道上皮多重皱折，尿道粘膜下的海绵状组织，胶原，弹性蛋白(elastin)及静脉丛(venous plexus)全都有助封闭尿道，防止尿漏。这防水作用在绝经前妇女相信与雌激素有关。当此激素水平下降，就如在绝经后，妇女就会有尿失禁的倾向。

在妇女盆底帮助防止膀胱充盈时，特别是当有腹内压力增加时，有尿漏或失禁的情况。盆底的结缔组织，即盆内筋膜(endopelvic fascia)，维持近端尿道在盆腔内的位置。如此，腹内压力就可同时传达到膀胱，膀胱颈及近端尿道。当盆底组织受损，尿道将失去支持而可能下降至盆腔之外。

排泄期(voiding phase)

排泄期由身体准备向外排出尿液时开始。此期标志为由膀胱经尿道的畅顺连续的尿流。

正常排泄期的解剖及生理

逼尿肌为一由多方走向的平滑肌纤维所构成的合胞体(syncytium)，作用于持续及完全排清膀胱内的尿液。三角肌肉(trigonal muscle)的独特排列，使它收缩时封闭了壁内的远程输尿管及输尿管膀胱连接(ureterovesical junction)，防止在排尿时尿液反流至肾。排泄时，尿道括约肌及盆底肌肉松弛使尿液排出不受阻碍。

排尿的神经生理学

正常排尿作用的关键，在于膀胱及出口的交互(reciprocal)作用。此有赖于处于神经系统各处，包括脑皮质中枢，嘴侧脑桥，骶上脊髓，骶脊髓，腹下神经，

盆神经及阴部神经等的一系列开关。

这些神经系统部份在排尿时的相互作用如下所述：

皮质中枢一向脑桥输出抑制讯号，在不宜排泄予以制止。

嘴则脑桥(rostral pons)为排尿中枢(micturition centre)。在排泄时它向骶脊髓发出兴奋讯号(stimulatory)及向骶上脊髓发出抑制(inhibitory)讯号。骶上脊髓，以交感神经，经腹下神经，兴奋内尿道括约肌及抑制逼尿肌。骶脊髓以副交感神经，经盆神经及以躯体神经(somatic nerve)经阴部神经(pudendal nerve)支配下尿路。

盆神经由逼尿肌将传入讯号(afferent)带回骶脊髓，将兴奋讯号传至逼尿肌及将抑制讯号传至尿道括约肌。阴部神经则向外括约肌及盆底肌输出兴奋讯号。

排尿周期的活动次序：

储存期

储存期由膀胱排尿后开始(图 1)。膀胱粘膜下层的感受器失活(deactivated)，经腹下神经及盆神经传往脊髓的讯号停止。与此同时，大脑皮质向脑桥输出抑制讯号。骶上脊髓及腹下传出神经得以活化，引致膀胱颈收缩及盆神经受抑制。盆神经受抑制，使逼尿肌及三角松弛。脑桥受抑制也兴奋了骶脊髓，使它经阴部神经向靶器官(target organs)输出兴奋讯号，使盆底肌及外括约肌收缩。

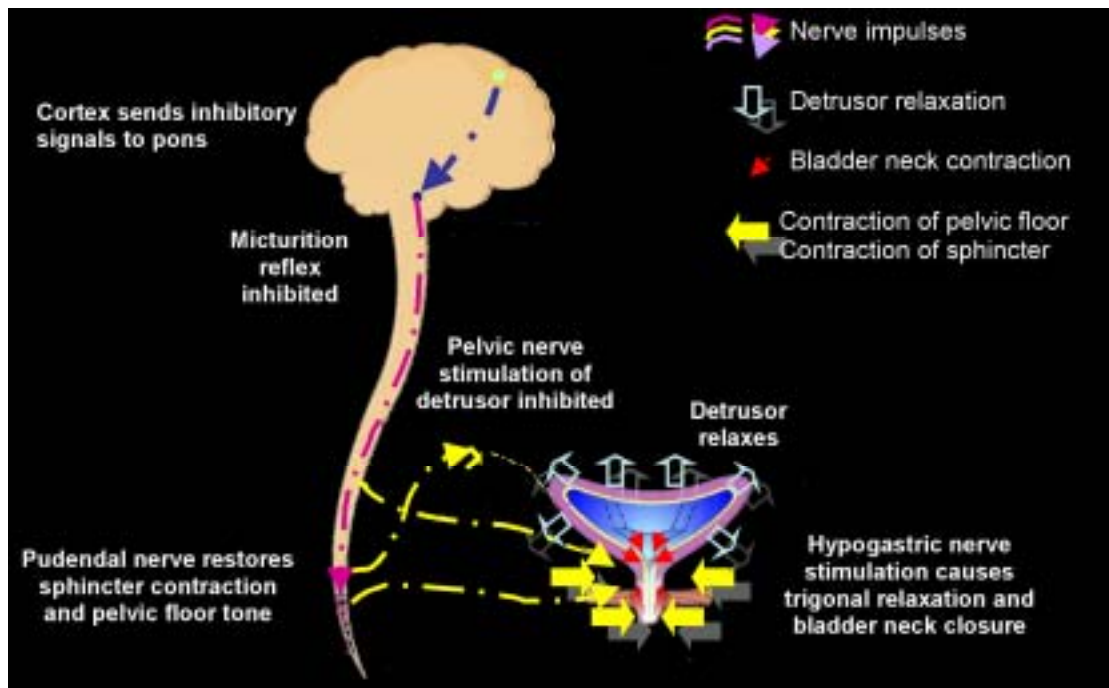


图 1. 储存期

排泄期的随意抑制(voluntary inhibition)

当膀胱容积抵达上限，粘膜下层的感受器经盆神经及腹下神经传至脊髓 (图

2), 触发(trigger)排尿反射, 使腹下传出神经失活, 而松弛膀胱颈。当场合不宜排尿时, 膀胱颈传入讯号触发脑皮质输出加强的抑制讯号至脑桥, 使加强的兴奋讯号传至外尿道括约肌及盆底肌肉, 使其收缩。这会再将抑制讯号传至盆神经, 引致逼尿肌松弛。逼尿肌松弛抑制牵张感受器(stretch receptor), 中断了排泄, 而强制储存期持续。

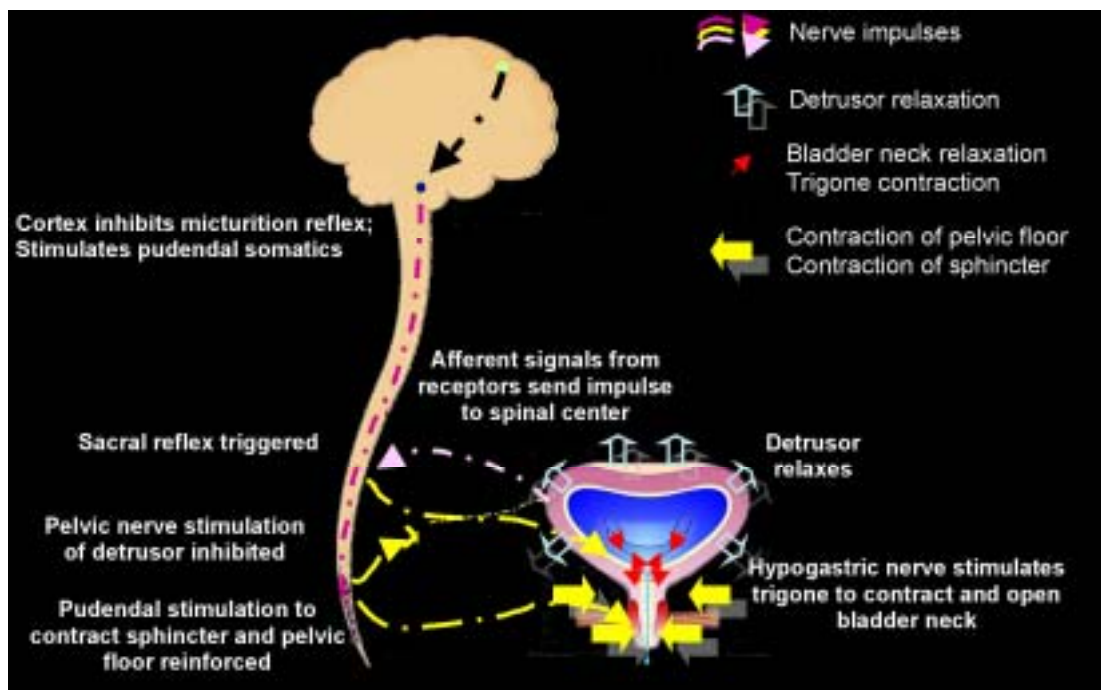


图 2. 排泄期的随意抑制

排泄期

当场合适宜排尿, 排泄期可以展开(图 3)。随意的开始排泄, 原于皮质对脑桥抑制讯号的终止。这触发了排尿反射。最初, 腹下神经传出讯号失活, 导致膀胱颈松弛及三角收缩, 使膀胱颈变成漏斗状。脑桥亦经阴部神经抑制盆底肌及外尿道括约肌, 使其松弛。盆神经则兴奋逼尿肌, 使其收缩。至此, 尿液开始经尿道口向体外排出。逼尿肌一直收缩直至完全排清。排清后, 储存期随即开始。

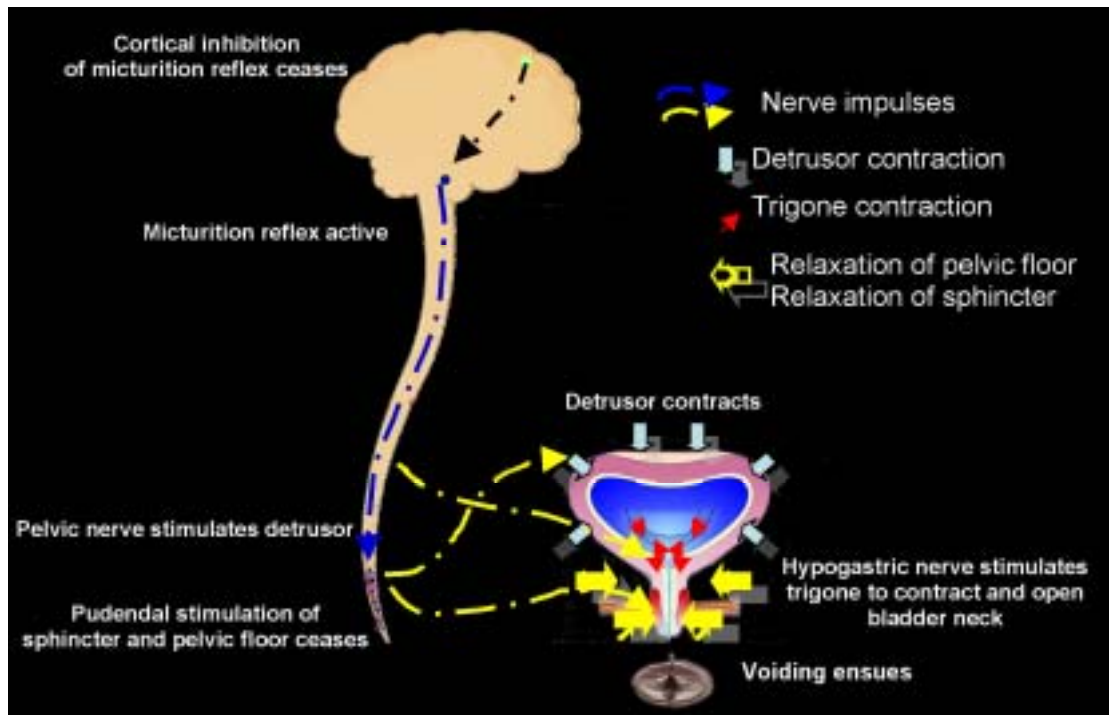


图 3. 排泄期

参考文献

1. McMin RMH: Urinary bladder and ureters in the pelvis, Last Anatomy 1991; pp 382 -384.
2. Steers WD: Physiology and pharmacology of the bladder and urethra. Campbell 's Urology 1997, pp 807 - 906.
3. Tanagho EA, Lue TF: Neuropathic bladder disorders. Smith 's General Urology 1995; pp 496 - 498
4. Ho SH: Anatomy and physiology of the lower urinary tract. Clinical Handbook on the Management of Incontinence 2001; pp 5 - 12.
5. Delancey J, Gosling J: Gross anatomy and cell biology of the lower urinary tract. Incontinence 2002; pp 17 - 82.