

1

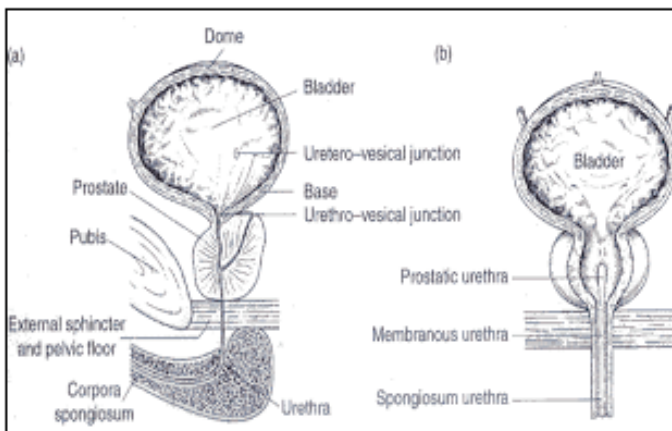
嘉義長庚醫院 泌尿外科 陳志碩醫師

下尿路之解剖及生理學

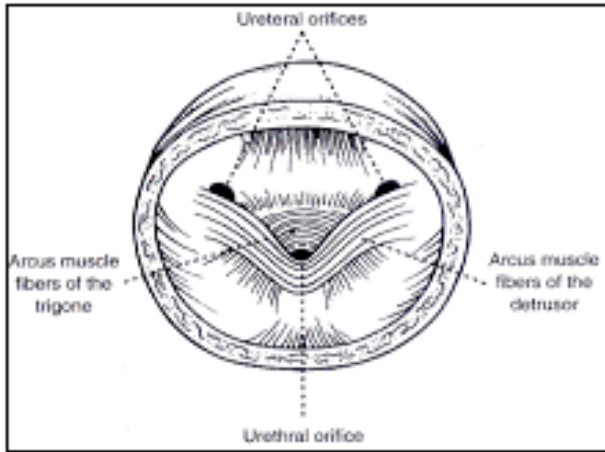
在解剖學上[1-4]，骨盆底包括肌肉、筋膜、韌帶，還有膀胱與尿道是分開獨立的課題，但是在功能上，卻無法分開討論。尤其是，這兩個器官之間的連繫太過緊密，也就形成一個特殊的尿道膀胱解剖生理學(Urethra-vesical anatomical physiology)。而下泌尿道的主要功能就是儲存尿液與排尿，但是要完成這些功能，必需配合完整的解剖與生理上的功能，尤其要整合腦部、脊髓周邊神經節與神經，當然也包括了自主神經系統(Autonomic nerves)與體神經系統(Somatic nerves)。當膀胱漲尿時必需配合尿道外括約肌協調性的放鬆，尿液才能順利排放出來。

膀胱(Bladder)

膀胱位於骨盆(Pelvis)之上(圖一)，腹腔之下，尺骨聯合(Symphysis pubis)之後，為尿液的暫時儲存所，在成年人正常約可容納500毫升的尿液，這個中空器官可區分為兩個部分。一是膀胱頂部(Dome)，是個可動且可延展的圓形頂部。它藉由正中臍韌帶(Median umbilical ligament)與肚臍眼(Umbilicus)相連接，就形成所謂的臍尿管(Urachus)與腹膜肚臍皺摺(Umbilical fold)。在男性，膀胱頂部完全為腹膜所覆蓋，而且與乙狀結腸(Sigmoid colon)、迴腸末端(Terminal ileum)相連接。在女性的差別，則是膀胱頂部後面腹膜反摺到子宮前面，形成膀胱子宮之間的小袋(Vesico-uterine pouch)。在兩性膀胱的下方與兩側並未為腹膜所覆蓋。在成年人膀胱純粹為後腹腔的器官(Retropubic organ)，只有在膀胱漲滿尿時才摸得到；相反的，在出生



圖一：下泌尿道剖面圖(a)切面；(b)正面。



圖二：膀胱三角。

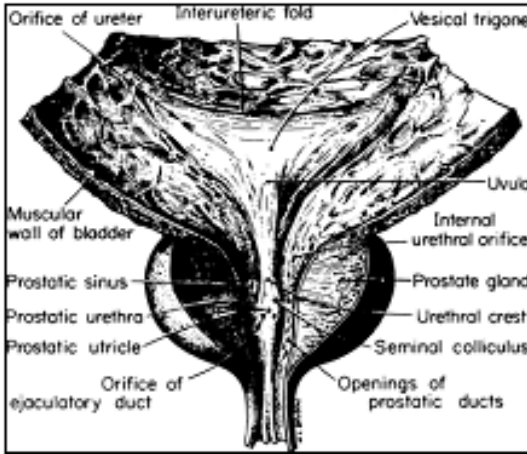
時膀胱位置頗高，暫時是屬於腹腔的器官(Abdominal organ)，之後膀胱位置將逐漸降低到成年人後腹腔的位置。

膀胱底部是膀胱固定的部分，它由兩個輸尿管開口(Ureteral orifices)與膀胱頸部(Bladder neck)，在膀胱底部形成所謂的膀胱三角地帶(Trigone area) (圖二)。這個也就是膀胱尿道交接區(Vesico-urethral junction)，此區肌肉在膀胱積尿期(bladder filling-phase)時提供膀胱頸收縮的功能，避免漏尿；然而在排尿期(Bladder emptying-phase)會形成膀胱頸的漏斗狀(Funneling shape)，有助於排尿與避免膀胱尿道的逆流現象(Vesico- ureteral reflux)。膀胱底部除了輸尿管由底部進入外，在男性還有攝護腺(Prostate)與對稱的儲精囊(Seminal vesicles)，將精液(Seminal fluid)由精阜(Verumontanum)旁的射精管(Ejeculatory ducts)射出。

膀胱逼尿肌(Detrusor muscle)

膀胱逼尿肌基本上是一個包覆成圓形而沒有很好方向性的平滑肌肉束。若從切面來看平滑肌走向，大體可區分為內外的縱行平滑肌層(Longitudinal)，與中間的環狀層(Circular)平滑肌三層。內層平滑肌向下一路延伸到尿道形成漏斗狀，有助於排乾淨尿液，其它兩層平滑肌則形成膀胱內括約肌的一部分，在平時維持禁尿狀態(圖三)。

膀胱內膜(The bladder mucosa)

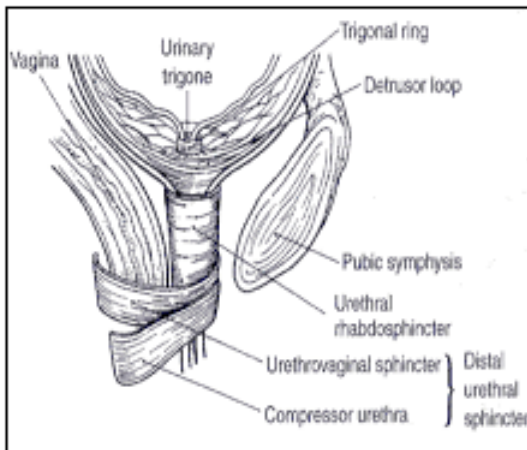


圖三：膀胱三角與膀胱肌肉剖面圖。

膀胱內膜在膀胱排空時呈皺褶狀，與其下的內膜下層與膀胱肌肉層，只是鬆鬆的接觸著；但是到膀胱底部接近膀胱三角與膀胱頸部時，就緊密結合在一起。膀胱內膜富含血管，而且對痛覺、膀胱擴張、與溫度非常敏感。

女性尿道(Female urethra)

女性尿道大約4公分長，直徑約六釐米，它由膀胱內出口一路延伸到陰蒂2公分後的尿道開口。尿道內膜本身由富含海綿狀且動情激素依賴(Estrogen dependent)的內膜下血管叢，與纖維彈性組織和肌肉包覆在一起。在女性尿道近三分之二的部分為橫紋肌所包裹，形成尿道外括約肌。這括約肌最大的部分在中段尿道的地方。基本上，

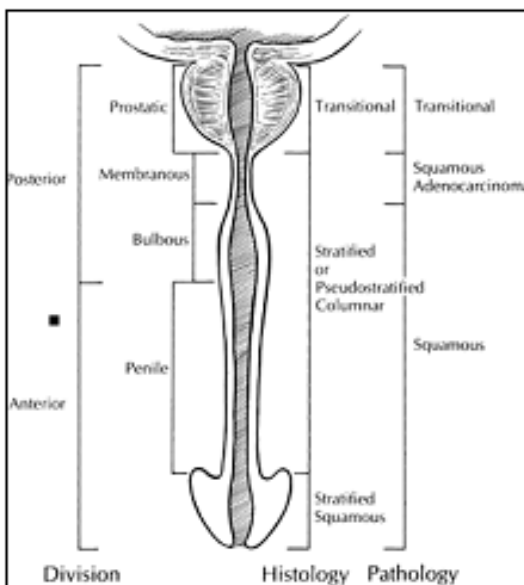


圖四：女性尿道括約肌圖示。

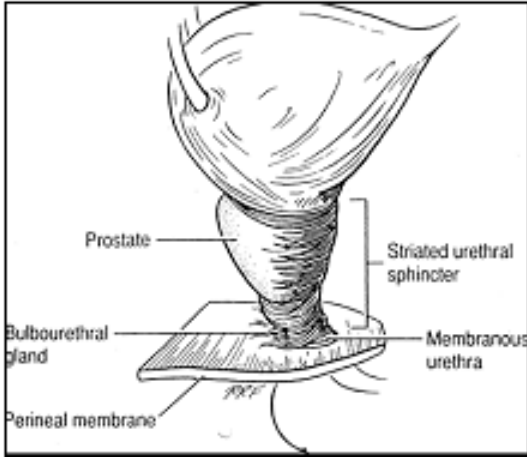
女性尿道橫紋括約肌可區分為兩部分，上半部為環形包裹的尿道橫紋肌(Urethra rhabdosphincter)，下半部為弓形環繞的括約肌，包含了尿道陰道括約肌(Urethrovaginal sphincter) 與尿道壓迫肌(Compressor urethra)(圖四)。當然在女性尿道，尤其是尿道開口兩旁的邊緣地帶，也富含了一些尿道內膜腺體。

男性尿道(Male urethra)

男性尿道通常在18-20 公分之間，而且可分為三大部分(圖五)。攝護腺尿道(Prostatic or proximal urethra)、膜狀尿道(Membranous urethra)與海綿體尿道(Penile or spongiose urethra)。第一部分攝護腺尿道約3-4公分長，在膀胱頸部區形成特殊的環狀頸部(Circular collar)，與攝護腺尿道相連接，而且延續為攝護腺的莢膜(Postate capsule)。在莢膜上面，則由尺骨攝護腺韌帶 (Puboprostatic ligament) 固定並懸吊住整個攝護腺。第二部分，雖名為膜狀尿道，但是沒有任何膜狀物，但卻異常重要，又稱為括約肌尿道(Sphincteric urethra)，這裡的括約肌尿形成希臘Omega符號的外型(圖六)，向外延伸到骨盆結構內壁，形成穩固的骨盆底肌肉床架構。第三部分位於尿道海綿體(Corpus spongiosum)內，一般內徑只有6毫米，但是在尿道球狀部(Bulbous urethra)與Fossa navicularis會稍為擴張。在整個尿道內膜可見許多尿道腺體(Urethral



五：男性尿道剖析圖。

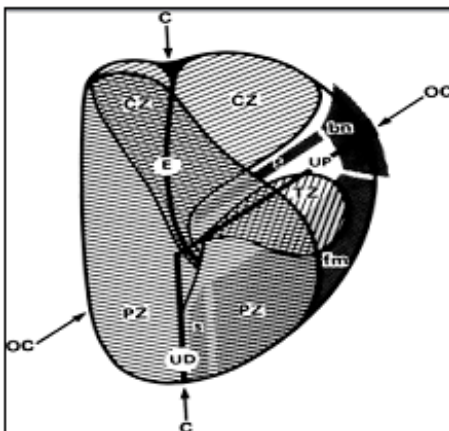


圖六：攝護腺的括約肌結構。

gland)分佈其間。

攝護腺(前列腺，Prostate)

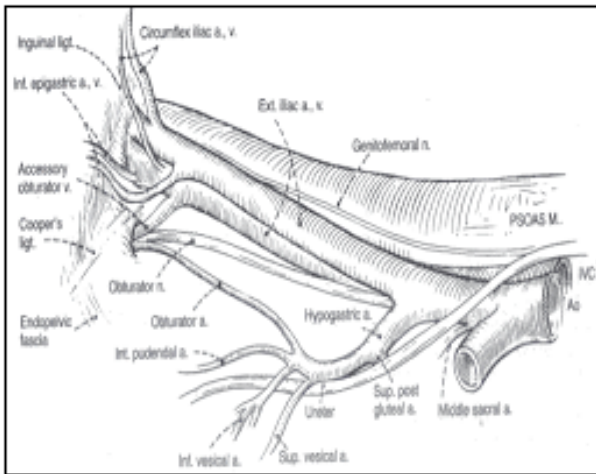
攝護腺是男性特有的泌尿生殖器，大約為20公克的栗子狀腺體。長2.5-3公分，寬4公分，高約2公分，基本上依照McNeal(1972)的分類[5]，它可分為五大區，為周邊區(Peripheral zone, PZ)、中央區(Central zone, CZ)、移行區(Transition zone, TZ)、前區(Anterior fibromuscular zone, fm)與尿道旁區(Periurethral zone, P)(圖七)。它座落在膀胱頸部，是為攝護腺底部(Base)，至於頂部(Apex)則位於與膜狀尿道交接處。攝護腺基本上70%為腺體組織，30%為纖維肌肉組織。攝護腺本身每天可分泌0.5-2.0毫升略鹼性的攝護腺液，而射精出來的精液裏面，約有30%就是來自於攝護腺液。



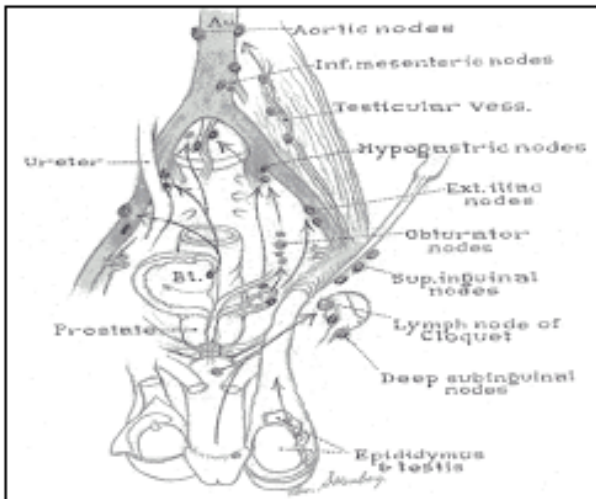
圖七：McNeal 攝護腺五大區塊。

**膀胱攝護腺與陰莖尿道的血管與淋巴供應
(Vascular and lymphatic supply)**

膀胱、攝護腺與尿道的血流供應，基本上源頭都來自於髂內動脈(Internal iliac artery)。膀胱血流來自於上、中、下膀胱動脈(Vesical arteries)，閉孔動脈(Obturator artery)，與下臀動脈(Inferior gluteal artery) (圖八)。至於膀胱靜脈的引流則經由膀胱靜脈叢(Vesical plexus)與攝護腺靜脈叢(Prostate venous plexus)匯合後，進入髂內靜脈(Internal iliac vein)。而淋巴液的引流，則經由三個系統，最多是經由髂外淋巴結(External iliac lymph nodes)，一部分則經由閉孔淋巴結(Obturator lymph node)或髂內淋巴結節(Internal iliac lymph nodes)。而膀胱底部或



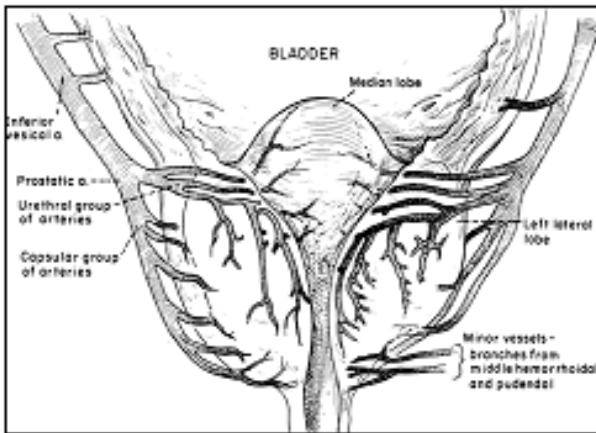
圖八：右側骨盆血管供應圖



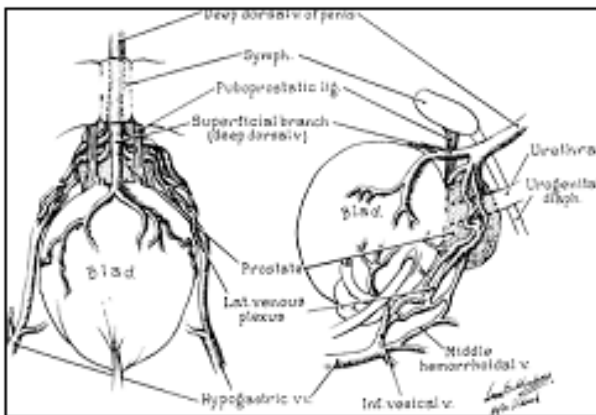
圖九：骨盆淋巴引流

膀胱三角的引流，則是進入到髂內淋巴結或髂總淋巴結(Internal iliac & common iliac lymph nodes)。最後都是匯集在髂總淋巴結(Common iliac lymph node)(圖九)。

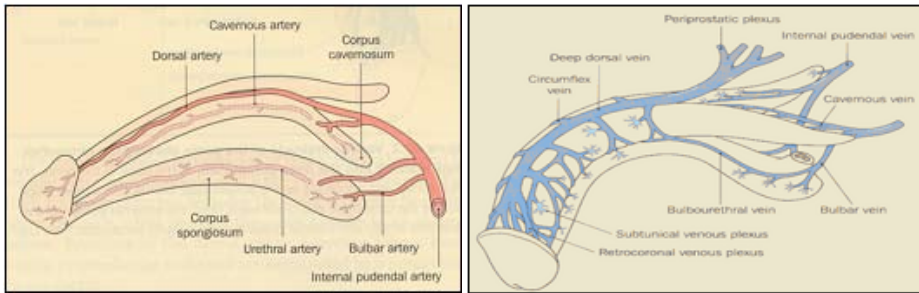
而攝護腺的動脈供應主要由下膀胱動脈(Inferior vesical artery)、內陰動脈(Internal pudendal artery)與中痔動脈(Middle hemorrhoid artery)等血管所供應(圖十)。其靜脈引流則經由攝護腺靜脈叢(Peri-prostatic plexus)與陰莖引流過來的深背靜脈(Deep dorsal vein)匯合後，進入髂內靜脈(Internal iliac vein) (圖十一)。至於淋巴引流，則是由閉孔與髂內淋巴結 (Obturator & Internal iliac lymph nodes)，少部分經由薦椎(Sacral)、膀胱(Vesical)或髂外淋巴結(External iliac lymph node)來引流。



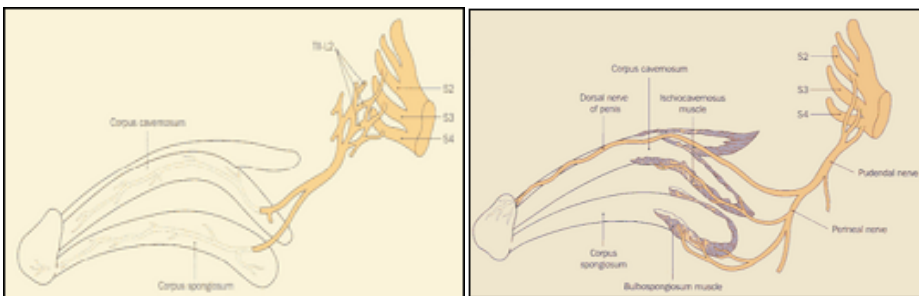
圖十：攝護腺的動脈供應。



圖十一：攝護腺的靜脈引流。



圖十二：陰莖動靜脈與內陰動靜脈的供應與引流。

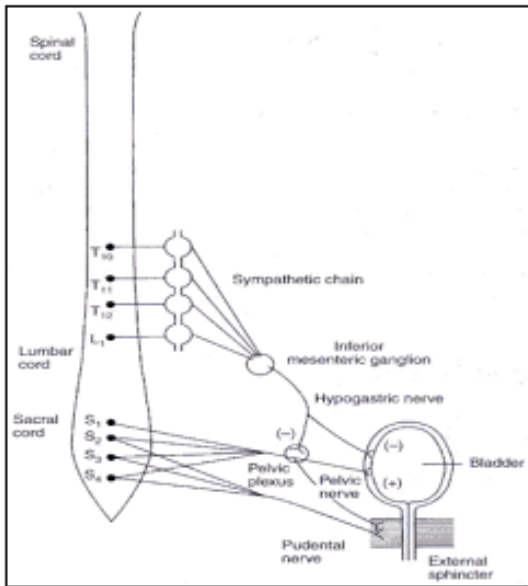


圖十三：陰莖勃起的神經支配，包括自主交感與副交感神經系統和與體神經系統。

至於尿道與陰莖的血流供應、靜脈與淋巴的引流，大概都與內陰或陰莖動靜脈有關(Internal pudendal or cavernosal artery & vein)(圖十二)。陰莖的勃起，靠著正常的荷爾蒙環境，完整的陰莖動靜脈(Cavernosal artery & vein)與陰莖海綿體(Sinusoid of corpus cavernosum)的正常膨脹，當然還要有良好的神經支配，才有辦法達成滿意的勃起功能。因此，只要有動脈硬化或高膽固醇，就可能造成動脈阻塞供血不足，或是造成動靜脈內膜異常與海綿體的病變，造成供血不足與靜脈或海綿體的血液外漏，這就是器質性勃起功能障礙的基本機轉。至於陰莖勃起的神經支配，則包括自主交感與副交感神經系統和與體神經系統(圖十三)。

尿道膀胱的神經支配(Urethro-vesical unit innervations)

基本上有三個神經支配系統提供尿道與膀胱的自主神經和體神經的支配(圖十四)。一個是胸椎與腰椎(T10-L1)的交感神經系統下腹神經(Hypogastric nerve)，一個是薦椎(S2-4)的副交感神經系統骨盆神經(Pelvic nerve)，與體神經系統的陰部神經(Pudendal nerve)。下腹神經



圖十四：負責排尿的脊髓中心與神經支配。

具有運動與感覺的神經纖維，它緣自於T10 -L1脊髓灰質的中間外側區間(Intermediolateralis cord)。這些神經節前軸突(Preganglionic axon)沿著脊柱抵達交感神經節結(Sympathetic ganglion chain)後，與神經節後神經聯會(Synapse)，這些神經節後軸突就經由上下腹神經叢(Superior hypogastric plexus)連繫到膀胱或內下腹神經叢(Interior hypogastric plexus)，而膀胱與尿道的神經纖維就來自於這些神經叢。

膀胱頂部的神經支配為B型腎上腺激素導性(B type adrenergic)，而膀胱底部與膀胱頸部(膀胱三角)則為 α_1 型腎上腺激素導性。整體而言，腎上腺激素導性的支配，造成膀胱頂部的放鬆與膀胱頸部的收縮。雖然下腹神經大部分為腎上腺激素導性，它也含有些許目前功能不明的膽鹼性受體(Cholinergic)神經支配與胜肽性(Peptidergic)受體神經支配。相對於男性膀胱頸部富含交感神經支配的情形與事實，在女性膀胱頸部則富含膽鹼性神經支配纖維與較少的腎上腺性神經纖維。這種神經支配在性別上的差異性應值得大家注意。

至於骨盆神經則是膀胱的副交感神經支配，這些神經緣自於薦椎S2-4的脊髓，而且主要為膽鹼性神經。但是它依然有些副腎上腺激素導性(Nor-adrenergic)的神經纖維，共同形成骨盆神經叢。膀胱與三角

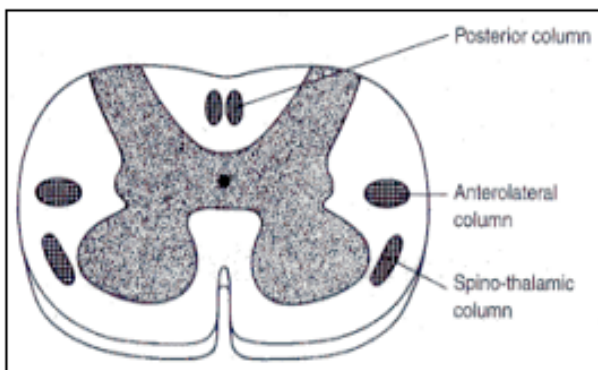
地帶，主要為膽鹼性受體神經所支配，引起逼尿肌的收縮。然而陰部神經主要緣自於薦椎S2-4灰質腹外角區(Ventrolateral)的Onuf核，由此傳出的神經纖維經由陰部神經支配到骨盆底的骨盆肌群，可憑我們自主的意識控制尿道橫紋肌的收縮。

此外還有非腎上腺激素，非膽鹼性的神經支配(Non-adrenergic non- cholinergic innervations)值得我們注意。在逼尿肌的神經節結有許多的神經傳道物質(Neurotransmitters)，例如：Somatostatin，Substance P，Neurokinins與Bombesin，這些非腎上腺激素，非膽鹼性的神經解剖與生理上的關係仍有待進一步了解。

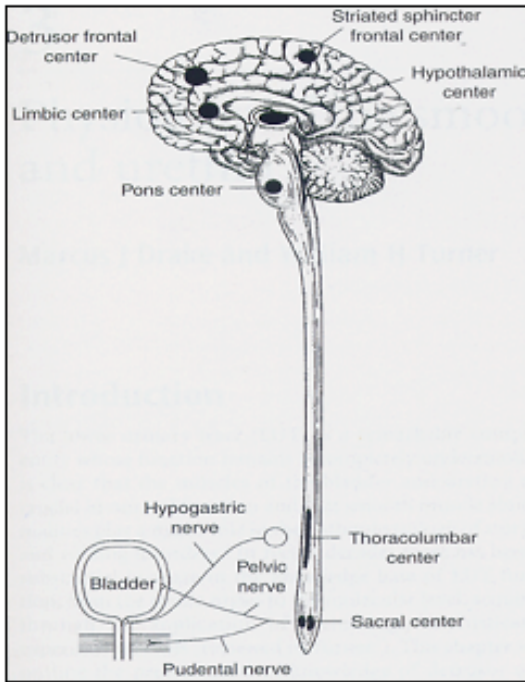
至於另一個重要的課題就是傳入性神經纖維(Afferent fibers)，這些是感覺神經纖維，主要存在於交感神經與腎上腺激素導性的支配中。而且它們傳遞膀胱疼痛以及膀胱擴張的張力感到中樞神經系統。膀胱的傳入性神經纖維主要跟隨著骨盆神經。至於尿道則是與位置有別，近端尿道與膀胱相同為骨盆神經，中段尿道則為交感神經系統的下腹神經，遠端尿道與括約肌就為陰部神經，但是這些區隔並非非常明確，常常有互相重疊的現象。

而脊髓的感覺路徑(需要排尿，疼痛，溫度，急尿與性誘發等)主要在脊髓白質的前外柱區(Anterolateral column)(圖十五)。

神經纖維則是沿著脊髓白質後柱(Posterior column)傳遞意識的感覺(例如膀胱膨脹，觸壓)到腦幹的神經核(Gravelis nucleus)，再到達



圖十五：膀胱括約肌神經支配的上行與下行傳導路徑。



圖十六：中樞神經與周邊神經的排尿統合系統。

視丘Thalamus)與大腦皮層。所有這些感覺路徑在脊髓與腦幹與排尿運動神經纖維緊密的連繫著，當然也與Limbic系統相連結，這也可解釋何以情緒感覺會影響到排尿。排尿的動作，並非只是自主的功能(Autonomic)，還包括中樞神經系統控制下的情緒與自動(Voluntary)的控制。基本上，排尿由大腦前葉皮質中心所控制。而情緒的控制就相

對複雜多了。主要涉及Limbic 與海馬迴等部位(圖十六)。

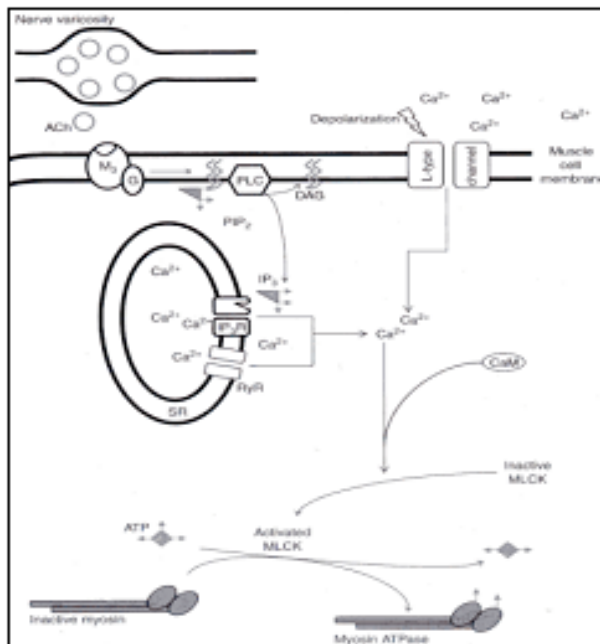
下泌尿道系統生理學(Physiology of low urinary tract)

膀胱與尿道對下泌尿道系統的正常功能非常重要，尤其是膀胱平滑肌對膀胱的儲存與排尿障礙的病生理扮演了重要的角色。隨著醫學的進步，細胞生理學無疑讓我們對此課題有了更進一步的了解。一個細胞的生理行為為受細胞膜的蛋白質所決定。尤其是受體(Receptors)，離子通道(Ion channel)與細胞內的第二級訊息(Secondary messenger)大有關係。

受體(Receptors)，細胞對荷爾蒙與神經傳導物質的反應取決於特定細胞膜受體的結合，因而可造成對細胞膜離子通透性的直接改變，或是形成中間產物如第二級訊息物質。事實上有多種受體與膀胱有關，如腎上腺激素導性受體(Adrenergic receptors)，膽鹼性受體(Cholinergic receptors)，腺苷受體(Purinergic receptors)與其它受體。腎上腺激素導性受體調控對循環荷爾蒙與神經傳導物質(如Adrenaline與

Noradrenaline)的反應，它可再分類為 α 與 β 受體[6]。而組織對膽鹼性神經傳導物質的反應，則取決於Muscarinic與Nicotinic受體。前者位於許多地方，後者主要在中樞神經系統，自主神經系統的周邊神經節與骨骼肌。Muscarinic受體依照對藥理反應可區分為M1-5，M3主要與膀胱逼尿肌的收縮有關，而M2在膀胱逼尿肌的量則是M3的三倍之多[7-9]。雖然我們把 β 腎上腺激素導性造成的逼尿肌放鬆抑制可引起其收縮作用，但是M2在膀胱逼尿肌與 β 拮抗的角色仍不很清楚。腺苷受體出現在下泌尿道系統，其作用物質為ADP (Adenosine diphosphate)於ATP(Adenosine triphosphate)，這腺苷受體與膀胱收縮力有關，它可分為P1與P2，它最少有七種P2X受體在人體膀胱中發現[10,11]。而P2X1似乎主要在平滑肌細胞上，但是其變化性仍然很大。其它的受體還有Histamine (H1)[12]在平滑肌細胞上，而Vanilloid receptors (VR1)則主要位於神經纖維上[13]。

離子通道(Ion channel)，細胞膜的脂質雙層結構讓細胞膜對離子的通透性很差，而細胞膜的蛋白質通道讓離子在調控的情況下進出細胞質，造成細胞內與細胞壁的離子電位差，從而產生作用。其一是鉀離子通道(Potassium channel)，在膀胱逼尿肌細胞上，已可確認出眾



圖十七：鈣離子在膀胱逼尿肌收縮的角色。

多的鉀離子通道[14]。阻斷鉀離子通道的藥物，可因對細胞壁上的電位產生不同的效果，有些造成After hyperpolarization，有些則減緩去極化作用(Depolarization)。其二為鈣離子通道(Calcium channel)[15](圖十七)，在膀胱平滑肌的鈣離子通道，主要是讓鈣離子進入細胞內，造成肌細胞的收縮。而依照其特性可區分為持久性鈣離子通道(L-type)，暫時性鈣離子通道(T-type)與非持久非暫時性鈣離子通道(N-type)[6]。其它的離子通道還有非特異性陽離子通道(Nonspecific cation channel)，鈉離子通道(Sodium channel)與氯離子通道(Chloride channel)。

二級極訊息系統(Secondary messenger systems)

這主要的就是G蛋白質，它是一個廣大的家族，一旦外來訊息與細胞表面的受體相結合，就可以改變G蛋白質的反應。G蛋白質因此刺激或抑制觸媒反應(例如Phospholipid C，PLC)。以圖十七的圖示，細胞質內的鈣離子可由Sarcoplasmic reticulum釋放到細胞質，亦可經由細胞壁的L-type 鈣離子通道，在去極化後，將鈣離子由細胞外進入細胞質內，在Calmodulin作用下，形成Calcium-Calmodulin complex，而激化肌細胞的收縮[16]。至於Muscarinic receptors也有不同的二級極訊息效果，當M1，M3與M5受體結合到G蛋白質，就會激發PLC，造成鈣離子的釋放與後續的反應。所以膀胱逼尿平滑肌的收縮與放鬆，主要靠肌細胞內鈣離子濃度的增加或減少。

排尿週期(Micturition cycle)

膀胱在尿液儲存期膀胱壓並不高，但是在排尿期，括約肌的放鬆與膀胱逼尿肌的收縮，造成膀胱壓的升高。在膀胱儲存尿液時，膀胱內體積由0逐漸增加到500西西，這麼大的變化，需要膀胱逼尿肌與膀胱內膜的調整，例如膀胱的擴張可藉由Nitric oxide的放鬆而減少膀胱內壓的增加。但是，事實上在膀胱儲存尿液時，雖然沒排尿，但偶爾會有膀胱內壓增加的現象，這些非排尿性收縮(Non-micturition contractions, NMC)[17]，目前並不十分清楚，但是當阻斷排尿反射時，就會觀察到膀胱內壓區段性增加的變化。至於在排尿時，則由中樞神經起動，將訊息由副交感神經輸出，造成同時廣泛的膀胱逼尿肌收縮，在此同時，複雜的反射作用會使得尿道括約肌的放鬆達成排尿

的動作。當然，為了完全排空尿液，膀胱逼尿肌收縮力必需持續而且保持其收縮力的強度。正常的膀胱逼尿肌確實也能達到此需求。但是整個膀胱的功能，並不完全一樣。就膀胱體部而言，它負起儲存與排尿的功能，但是在膀胱底部，尤其是膀胱三角地帶，其逼尿肌的微解剖構造與受體種類的分佈與體部並不相同，主要是副交感神經的支配[18]。這膀胱三角扮演的不僅僅是排尿感覺的回復(Sensory return)，還構成膀胱出口的一部分，更在排尿時構成膀胱輸尿管的關鍵，防止尿液逆流。而膀胱頸部在男性則扮演括約肌的功能，保障射精時不會造成逆行性射精。至於泌尿道內膜細胞(Urothelium)，基本上則是一個障礙功能區，但是它也扮演一感覺訊息的傳遞角色，它針對外來的化學或物理的刺激，而傳遞不同的訊息，而其分泌的因子也會影響膀胱逼尿肌的收縮[19]。而內膜下區域(Suburothelial region)則推論具有許多神經傳導物質，可局部釋放出來造成一些臨床症狀。

尿道生理學(Physiology of urethra)

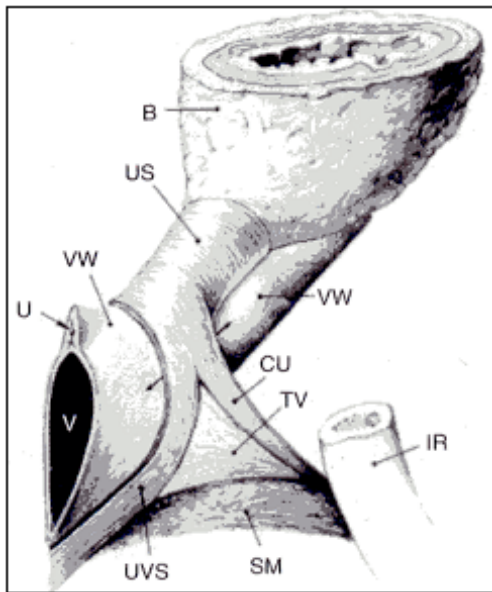
膀胱出口由骨盆，骨盆底骨骼肌，尿道壁，尿道平滑肌，泌尿內膜與內膜下層組成一個複雜的出口。在母豬的尿道，其肌肉排列成內縱，中環，與外縱三層。但是在人類女性，則為內縱，外環兩層，內縱層與膀胱逼尿肌相連結，因此內縱層與排尿時膀胱頸的打開與尿道的縮短，而外環層則維持尿道的關閉[20]。由尿道的分子細胞生物學而言，腎上腺激素導性受體(Adrenergic receptors)，在尿道的關閉非常重要，尤其是 $\alpha 1A$ 在尿道最多[21]。而Muscarinic受體，在兔子尿道的環狀肌則以M1，M2與M3受體較多，而且在Carbacol的刺激下，可產生Carbacol造成的肌肉收縮[22]。至於離子通道的角色在尿道是以鉀離子通道為主要，尿道平滑肌在高鉀離子溶液會去極化而造成平滑肌的放鬆，這與其它平滑肌明顯不同[23]。膀胱出口受體神經與自主神經的調控，而且此尿道同時擁有刺激與抑制的神經調控。刺激性的神經調控主要是非腎上腺激素，尿道平滑肌的張力可維持尿道內壓高於膀胱內壓而保持禁尿狀態，靠的就是交感神經的張力性活動，而且這活動似乎在近端尿道比遠端尿道來的強烈。整體而言，交感神經的活動對維持尿道閉鎖是非常重要的。在排尿時，尿道的放鬆會發生在膀胱收縮之前，也就是尿道壓在膀胱壓上升前會先行降低[24]。

總結，膀胱逼尿肌與尿道平滑肌的生理作用很複雜，必需考量整個下泌尿系統的整合性功能，還有考慮儲存，排尿與自主控制的功能。事實上又有許多層級可控制與整合其功能，包括腦幹，薦部脊髓，周邊神經節與肌肉內的控制機制。這複雜性讓醫界在此平滑肌領域的研究，需用極大的智慧才可能來完成這挑戰。

橫紋肌生理學(Physiology of the striated muscle)

這橫紋肌泛指尿道外括約肌，骨盆底肌與廣泛的骨盆橫膈橫紋肌群。這些與神經性膀胱或過動性膀胱息息相關。當脊髓損傷會有病兆時，橫紋肌會驚縮(Spasticity)，例如頸椎或胸椎的脊髓橫切時，在尿道外括約肌與骨盆底肌的肌肉張力就會增加，相反的，當下運動神經原影響到脊髓馬尾時，骨盆底肌的肌肉張力就會鬆弛。因此，局部或混和性的損傷，就會造成複雜的臨床表現。事實上，下泌尿系統橫紋肌在功能上非常特殊，往往整合在一起發揮群體的功能。

解剖上，橫紋肌在骨盆底與尿道，二者與禁尿機制有關；而尿道



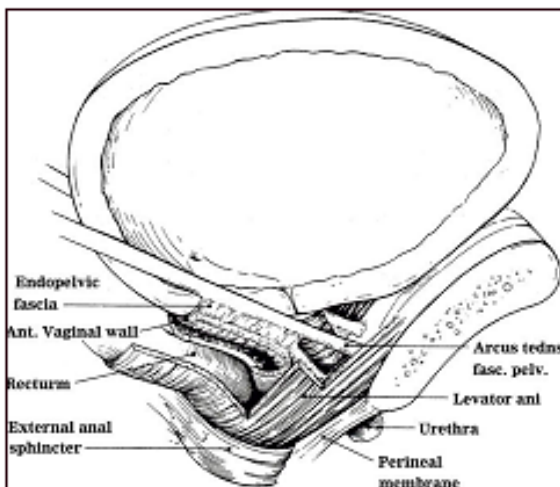
圖十八：女性尿道括約肌。 Urethral sphincter (US), compressor urethra (CU), urethrovaginal sphincter (UVS), bladder (B), ischiopubic ramus (IR), smooth muscle (SM), transverse vaginal muscle (TV), urethra (U), vagina (V), vaginal wall (VW)。

平滑肌與骨骼肌的功能卻很難去分割。體神經支配的骨盆底橫紋肌在尿道內壓上也有所貢獻。尿道外括約肌由環狀橫紋肌組成，且涵蓋40%的尿道長度(由20%-60%)。在人類女性，骨盆橫紋肌就像一個外套包住內平滑肌一般，這樣一種女性橫紋括約肌(Rhabdosphincter)在前方是與骨盆底分開的。這肌肉纖維因此形成環狀方向，而且在中段尿道最厚實，在後面與陰道壁緊連的卻

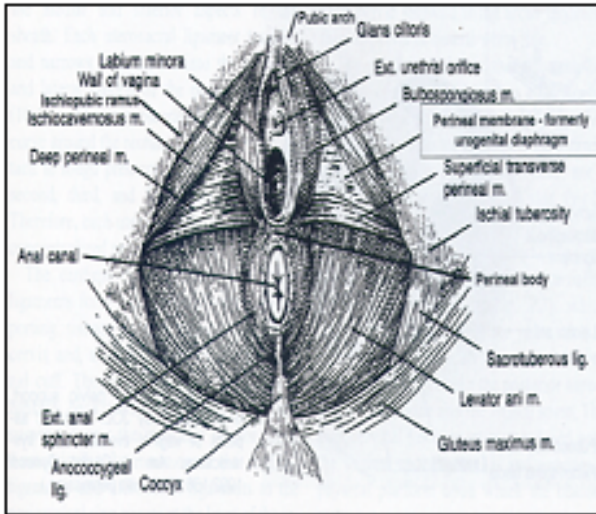
最薄。這些橫紋肌細胞提供一定的尿道內壓與張力(圖十八)。在男性，橫紋肌一樣包裹著尿道，而且似乎與陰莖球部的延續有關，以攝護腺莖膜的橫紋肌分析得知有快速與慢速的橫紋肌纖維[25]，而男人的橫紋括約肌各有35%快速肌纖維與65%慢速肌纖維；在女人只有13%的快速肌纖維。

提肛肌(Levator ani)

提肛肌就宛若一片吊床(圖十九)，前端與尺骨(Symphysis)相連，側邊則延伸到坐骨脊(Ischial spine)。在中間則形成一個裂縫，缺少肌肉，剛好由兩側環繞包裹著尿道，陰道與肛門(圖二十)。在女性，提肛肌纖維與陰道兩側相連結形成陰道尺骨肌(Pubovaginalis) 或陰道括約肌(Sphincter vaginae)。後面的提肛肌纖維則與肛門直腸轉折(Anorectal flexure)相依附，並與肛門外括約肌(External anal sphincter)的深層纖維相融和，形成所謂的肛門尺骨肌(Puborectalis)。當然，更外側就是Pubococcygeus與Iliococcygeus兩群肌肉。提肛肌在維持骨盆器官上扮演一個非常重要的角色，當收縮骨盆底提肛肌時，陰道會向前位移造成尿道與尺骨聯合某種程度的壓迫，並加強尿道括約肌的作用，這種複雜的收縮協調與解剖上位置的改變常發生在咳嗽的時候[26]，當這種防禦性反射(Guarding reflex)出問題時，應力性尿失禁就發生了。



圖十九：提肛肌吊床縱切面圖。



圖二十：泌尿生殖橫膈剖面圖。

事實上，在女性近端尿道周邊組織會與提肛肌內側的肌肉纖維相結合，而且這些肌肉纖維也會與陰道相結合，提供固定女性近端尿道與壓縮尿道的功能。因此，提肛肌的功能在女性就是維持尿道方向與把膀胱頸部拉往向前的方向。如此尿道就會被這些懸吊的肌肉纖維，提肛肌的結締組織與骨盆底結締組織所壓迫，維持禁尿的功能[27]。當提肛肌放鬆時，膀胱頸部就會下降，而且尿道會因周圍壓迫力量的降低而張開，在這階段，支撐整個骨盆底的功能就靠Arcus tendineus fasciae[28]。

橫紋肌實際上可依照功能特性如肌肉收縮速度與其疲乏容易度，區分為快速與慢速的肌肉群[29]。在慢速與快速肌肉，其達到最大收縮程度分別100與30毫秒，快速收縮肌肉通常產生較強的力量，但是卻較容易肌肉疲乏，當持續刺激時，收縮力量就會降低。相反的，慢速收縮肌肉產生較弱的力量，且卻較不。容易肌肉疲乏。快速收縮肌肉由較大的 α 運動神經原支配，但慢速收縮肌肉卻由較細，且傳輸速度較慢的 α 運動神經原支配。後者產生持續性的張力活動，前者只產生暫時性較強烈的收縮，這就是所謂的大小原則”Size principle”[30]。依照此原則，小的慢速收縮肌肉(Type-I)是在 α 運動神經原規則性的放電下，做持續性的收縮。

橫紋肌周邊運動神經(Peripheral motor nerves)的支配，主要是由

位於脊髓前腳的運動神經原細胞集結的Onuf's 核(Onuf's nucleus)支配到肛門，尿道，陰道括約肌，骨盆底與球狀海綿體肌(bulbocavernosus)。尿道外括約肌的橫紋肌主要由陰部神經支配，事實上也有些支配是來自於骨盆神經。因此，陰部神經在女性對維持尿道的阻力是很重要的。陰部神經運動神經原比其它的體神經原來的細小，但它們擁有自主且重覆放電的特性，陰部神經因而可維持尿道外括約骨骼肌的張力，而且1/3尿道休息的內壓就是由此運動神經原的功能所維持[31]。事實上，在女性生產的過程，就會對肛門與尿道外括約肌的陰部神經造成退化現象(Degeneration)[32]。相對的，在尿路阻塞的女性，若記錄尿道外括約肌的肌電圖，也可以發現肌電圖活動性有明顯的改變，這通常是一種不明確的重覆性放電活動。其實骨盆底肌有一個特性就是它對來自於皮膚，下肢肌肉，與膀胱或會大腸的擴張都會有所反應。如果這膀胱在放鬆的情況下，慢慢的給予擴張，單純一種特定的反應就會發生，但是如果膀胱在脹滿的情況下給予收縮，這對骨盆底肌的反應會完全不一樣。這就是反射控制(Reflex control)

當我們刺激薦椎皮膚神經節時，確實可以調節骨盆底肌與尿道外括約肌的活動，這就是體神經反射活動(Somatic reflex)，如會陰部的疼痛刺激也會引起尿道外括約肌肌電圖活動性的增加[33]，這些反射活動表示在體神經，交感神經，與副交感神經之間有整合性的調節作用發生，而這應該是在脊髓內發生。此外，許多動作都可誘發出骨盆底肌與尿道外括約肌的活動性，如放鬆與收縮骨盆，咳嗽，大臀肌收縮等。

在排尿時括約肌的收縮可以因此維持禁尿是一種防禦性反射(Guarding reflex)[34]，但是當膀胱收縮時的尿流，這種防禦性反射就會被促進排尿的一些反射作用例如放鬆括約肌所克服。排尿在人類必需要對骨盆底肌的防禦性反射產生有效的抑制作用，才能排尿順暢。這也就是說，在膀胱內壓增加之初，尿流產生之前，括約肌包括肛門括約肌都必需放鬆，同時骨盆底肌的放鬆，造成膀胱的下降。這些抑制不僅僅是壓抑骨盆底肌在休息時的持續性張力，而且造成陰部運動神經原的刺激的降低[35-37]。在動物的模式，也可發現大腸的擴張或

刺激肛門的傳入神經可以抑制尿道外括約肌肌電圖活動的降低，這就是我們所謂的內臟體神經反射(Viscerosomatic reflexes)[38]。

結論

一些神經性膀胱或過動性膀胱病變，都與下泌尿道與骨盆底的解剖，神經，中樞神經系統息息相關。Onuf`s神經核以及一些反射控制對慢速收縮的骨盆底肌纖維也扮演非常重要的角色，事實上，中樞神經系統也可改變下泌尿道橫紋肌的收縮張力。因此在脊髓損傷與中樞神經病兆或是帕金森氏病的神經調控，或是神經的Denervation 與Reinnervation，還有一些影響肌肉去神經化後轉變成纖維化組織的因子等等，應該都是我們日後可努力研究的方向。

參考文獻

1. Haab F, Sebe P, Mondet F, et al. Functional anatomy of the bladder and urethra in female. In: Corcos J, Schick E, eds. The urinary sphincter. Lonon: Marcel Dekker, 2001.
2. The urinary system. In: Gray`s anatomy. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1995.
3. Tanagho EA, McAninch JW, Smith`s General Urology, 16 eds. McGraw-Hill Medical, 2003.
4. Walsh PC, Retik AB, Vaughan ED Jr. Et al. Campbell`s Urology 8 eds. WB Saunders, 2002.
5. McNeal JE: The prostate and prostatic urethra: a morphologic synthesis. J. Urol. 107: 1008-1016,1972.
6. Kuriyama H, Kitamura K, Itoh T, et al. Physiological features of visceral smooth muscle cells with special reference to receptors and ion channels. Physiol. Rev.78: 811-920, 1998.
7. Eglen RM, Hegde SS, Watson N. Muscarinic receptor subtypes and smooth muscle function. Pharmacol. Rev. 48: 531-565, 1996.
8. Kondo S, Morita T, Tahshima Y. Muscarinic cholinergic receptors subtypes in human detrusor muscle studies by labeled and nonlabeled pirrenzipine, AFDX-116 and 4DAMP. Urol. Int. 54: 150-153, 1995.
9. Wang P, Luthin GR, Ruggieri MR. Muscarinic acetylcholine receptor subtypes mediating urinary bladder contractility and coupling to GTP binding proteins. J. Pharmacol. Exp. Ther. 273: 959-966, 1995.
10. Moore KH, Ray FR, Barden JA. Loss of purinergic P2X(3) and P2X(5) receptor innervation in human detrusor from adult with urge incontinence. J. Neurosci. 21:1-6, 2001.
11. Lee HY, Bardini M, Burnstock G. Distribution of P2X receptors in the urinary bladder and the ureter of the rat. J. Urol. 163: 2002-2007, 2000.
12. Khanna OP, DeGregorio GJ, Sample RC. et al. Histamine receptors in urethrovesical smooth muscle. Urology. 10: 375-381, 1977.
13. Ost D, Roskams T, van der Aa F. et al. Topography of the vanilloid receptor in the human bladder: more than just the nerve fibers. J. Urol. 168: 293-297, 2002.
14. Quayle JM, Nelson MT, Staden NB. ATP-sensitive and inwardly rectifying potassium channels in smooth muscle. Physiol. Rev. 77: 1165-1232, 1997.
15. Kotlikoff MI, Herrera G, Nelson MT. Calcium permeant ion channels in smooth muscle. Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol. 134: 147-199, 1999.

16. Drake MJ, Turner WH. Physiology of the smooth muscles of the bladder and urethra. In: Corcos J, Schick E, eds. Textbook of the neurogenic bladder adult and children. London: Martin Dunitz, 2004.
17. Vaughan CW, Satchell PM. Urinary storage mechanism. *Prog. Neurobiol.* 46: 215-237, 1995.
18. Ek A, Alm P, Andersson KE. et al. Adrenergic and cholinergic nerves of the human urethra and urinary bladder. A histochemical study. *Acta. Physiol. Scand.* 99: 345-352, 1977.
19. Hawthorn MH, Chapple CR, Cock M. et al. Urothelium-derived inhibitory factor(s) influences on detrusor muscle contractility in vivo. *Br. J. Pharmacol.* 129: 416-419, 2000.
20. Dass N, McMurray G, Greenland JE. Morphological aspects of the female pig bladder neck and urethra: quantitative analysis using computer assisted 3dimensional reconstructions. *J. Urol.* 165: 1294-1299, 2001.
21. Nasu K, Moriyama N, Fukasawa R. et al. Quantification and distribution of alpha 1-adrenoreceptor subtype mRNAs in human proximal urethra. *Br. J. Pharmacol.* 123: 1289-1293, 1998.
22. Mutoh S, Latifpour J, Saito M. et al. Evidence for the presence of regional differences in the subtype specificity of muscarinic receptors in rabbit lower urinary tract. *J. Urol.* 157: 717-721, 1997.
23. Barding AF, Chen HI. High potassium solution induces relaxation in the isolated pig urethra. *J. Physiol. (Lond)* 430: 118P, 1990.
24. Barding AF. The physiology of the mammalian urinary outflow tract. *Exp. Physiol.* 84: 215-221, 1999.
25. DeLancey J, Gosling J, Creed K, et al. Gross anatomy and cell biology of the urinary tract. In: Abrams P, Cardozo L, Khoury S, Wein A. eds. Incontinence, 2nd edn. UK: Health Publications, 17-82, 2002.
26. Gosling J, Alm P, Bartsch G. et al. Gross anatomy of the urinary tract. In: Abrams P, Khoury S, Wein A. eds. Incontinence, 1 edn. UK. Health Publications, 21-56, 1999.
27. Delancey JO, Starr RA. Histology of the connection between the vagina and levator ani muscles. Implications for urinary tract function. *J. Reprod. Med.* 35: 765-771, 1990.
28. Delancey JO. The pathophysiology of stress urinary incontinence in women and its implications for surgical treatment. *World. J. Urol.* 15: 268-274, 1997.
29. Ranvier L. De quelques faits relatifs à l'histologie et à la physiologie des muscles striés. *Arch. Physiol. Norm. Pathol.* 1 : 5-18, 1874.
30. Henneman E, Olson CB. Relations between structure and function in the design of skeletal muscles. *J. Neurophysiol.* 28: 581-598, 1965.
31. Rud T, Andersson KE, Asmussen M. et al. Factors maintaining the intraurethral pressure in women. *Inv. Urol.* 17: 343-347, 1980.
32. Deindl FM, Vodusek DB, Hsueh U. et al. Pelvic floor activity patterns: comparison of nulliparous continent and parous urinary stress incontinent women. A kinesiological EMG study. *Br. J. Urol.* 73: 413- 417, 1994.
33. Morrison JFB, Sato A, Sato Y. et al. The influence of afferent inputs from skin and viscera on the activity of the bladder and the skeletal muscle surrounding the urethra in the rat. *Neurosci. Res.* 23: 195-205, 1995.
34. Garry RC, Robert TDM, Todd JK. Reflexes involving the external urethral sphincter in the cat. *J. Physiol.* 149: 653-665, 1959.
35. Scott FB, Quesada EM, Cardus D. Studies on the urodynamics of micturition: observations on healthy men. *J. Urol.* 92: 455-463, 1964.
36. Tanagho EA. The anatomy and physiology of micturition. *Clin. Obstet. Gynaecol.* 5: 3-26, 1978.
37. Dyro FM, Yalla SV. Refractoriness of urethral striated sphincter during voiding: studies with afferent pudendal reflex arc stimulation in male subjects. *J. Urol.* 135: 732-736, 1986.
38. Floyd K, McMahon SB, Morrison JFB. Inhibitory interactions between colonic and vesical afferents in micturition reflex of the cat. *J. Physiol.* 322: 45-52, 1982.