

\*ARKADIUSZ KOWALCZYK<sup>1,2</sup>, BOGDAN CISZEK<sup>1,3</sup>

# Współczesne spojrzenie na anatomię mięśni zwieraczy odbytu i struktur towarzyszących

A contemporary perspective on the anatomy of anal sphincter muscles and related structures

<sup>1</sup>Department of Descriptive and Clinical Anatomy, Centre for Biostructure Research, Medical University of Warsaw

<sup>2</sup>Pediatric Surgery and Urology Ward with Burn Unit, Jan Bogdanowicz Children's Hospital in Warsaw

<sup>3</sup>Department of Neurosurgery, Jan Bogdanowicz Children's Hospital in Warsaw

## Streszczenie

Nietrzymanie stolca wynika często z uszkodzenia aparatu zwieraczowego odbytu. W przypadku jego uszkodzenia istnieje możliwość jego chirurgicznej rekonstrukcji. Aby taki zabieg miał jak największe szanse powodzenia, należy jak najlepiej odtworzyć warunki anatomiczne. Mięśnie, które wchodziły w skład wspomnianego aparatu zwieraczowego, to: mięsień dźwigacz odbytu, zwieracz wewnętrzny odbytu oraz zwieracz zewnętrzny odbytu. Dla prawidłowego funkcjonowania tych mięśni niezbędne są też inne struktury, takie jak środek krocza czy więzadło odbytowo-guziczne. Klasycznie anatomia mięśnia zwieracza zewnętrznego odbytu wyróżnia jego trzy części ułożone jedna nad drugą, koncentrycznie wokół kanału odbytu. Model ten obowiązuje od blisko 100 lat i pomimo opublikowanych w tym czasie nowych doniesień o odmiennej strukturze zwieracza zewnętrznego odbytu wciąż jest powtarzany w publikacjach i podręcznikach medycznych.

W niniejszym artykule podsumowujemy, co nowego nauka odkryła w kontekście anatomii aparatu zwieraczowego i jakie może mieć to znaczenie dla rozwoju wiedzy o zaopatrywaniu uszkodzeń okolicy kanału odbytu.

## Summary

Faecal incontinence is often a consequence of an injury to the anal sphincter apparatus. If this is the case, surgical reconstruction may be performed. For such a procedure to have the greatest chance of success, the anatomical conditions should be reproduced as best as possible. The levator ani muscle, the internal anal sphincter and the external anal sphincter are muscles that make up the sphincter apparatus. However, other structures, including the perineal body and the anococcygeal ligament, are also of key importance for the proper functioning of these muscles. The classical anatomy of the external anal sphincter muscle distinguishes its three parts arranged one above the other, concentrically around the anal canal. This model has been in use for nearly 100 years, and despite new reports published at that time that indicate a different structure of the external anal sphincter, it still appears in publications and medical textbooks.

In this paper, we summarise what new science has discovered in the context of the anatomy of the sphincter apparatus and what this may mean for the development of knowledge about the management of anal canal pathologies.

## Słowa kluczowe

anatomia, mięsień zwieracz zewnętrzny odbytu, mięsień dźwigacz odbytu, nietrzymanie stolca

## Keywords

anatomy, external anal sphincter, levator ani muscle, faecal incontinence

## WSTĘP

Nietrzymanie stolca pozostaje od lat upośledzającą, trudną w leczeniu chorobą. Ogółem częstość nietrzymania stolca szacuje się na 2-7% dorosłej populacji (1), jednak dane te mogą być znacząco niedoszacowane ze względu na to, że chorzy często wstydzą się tej dolegliwości i nie zgłaszają się do lekarza. Jednym z czynników mogących doprowadzić do rozwoju nietrzymania stolca jest uszkodzenie aparatu zwieraczowego odbytu. Najczęściej obserwuje się to w populacji żeńskiej, po porodzie drogami natury, a ryzyko rośnie w przypadku zastosowania instrumentarium położniczego (np. kleszczy) (2). Stwierdzenie, że warunkiem dobrej chirurgicznej rekonstrukcji zwieraczy odbytu jest dobra znajomość anatomii, może wydawać się trywialne, lecz złożoność anatomii tej okolicy potrafi zaskoczyć nawet doświadczonych klinicystów i anatomów.

## KLASYCZNE UJĘCIE

Klasycznie wyróżniamy dwa zwieracze odbytu: mięsień zwieracz wewnętrzny odbytu (łac. *sphincter ani internus*, ang. *internal anal sphincter* – IAS) oraz mięsień zwieracz zewnętrzny odbytu (łac. *sphincter ani externus*, ang. *external anal sphincter* – EAS). IAS stanowi zgrubienie warstwy okrężnej błony mięśniowej odbytnicy na poziomie kanału odbytu, jego wysokość wynosi około 30 mm, zaś grubość około 3 mm (3-5). Jako składowa mięśniówki przewodu pokarmowego złożony jest on z komórek mięśniowych gładkich, a jego czynność pozostaje pod kontrolą układu autonomicznego i jest niezależna od naszej woli. EAS z kolei jest mięśniem szkieletowym złożonym z włókien poprzecznie prążkowanych. Unerwiony jest somatycznie, głównie przez gałęzie ruchowe nerwu sromowego (znane jako nerwy odbytnicze dolne), docierające do mięśnia przez dół kulszowo-odbytowy. Jego czynność jest zależna od naszej woli, pozostaje on jednak w pewnym stałym tonusie, nawet jeśli aktywnie go nie kurczymy. Jego dokładna morfologia jest znacznie bardziej złożona, co zostanie poruszone w dalszej części artykułu. Pomiędzy oboma zwieraczami wyróżnia się ponadto warstwę podłużną, składającą się głównie z mięśni warstwy podłużnej błony mięśniowej odbytnicy. Niektórzy autorzy nadają jej nazwę wspólnej warstwy mięśniowej podłużnej (ang. *conjoint longitudinal muscle layer* – CLML) lub wspólnego ścięgna (ang. *conjoint tendon*) ze względu na to, że otrzymuje ona dodatkowe włókna od mięśnia dźwigacza odbytu (3, 6, 7). Badania wskazują jednak na to, że składa się głównie z komórek mięśniowych gładkich, dlatego należy ją traktować jako przedłużenie mięśniówki odbytnicy. Różni się znacząco od zwieraczy kierunkiem przebiegu włókien (włókna biegną pionowo zamiast okrężnie), stąd wyraźnie odgranicza się od nich, co z łatwością widać podczas preparowania. Część jej włókien kończy się w obrębie obu zwieraczy, część zaś zakotwicza się w skórze okolicy odbytu, tworząc wspólnie z EAS tzw. mięsień marszczący skórę odbytu (łac. *musculus corrugator cutis ani*). Niektórzy autorzy oprócz wspólnej warstwy mięśniowej wyróżniają też w tej okolicy tzw. przestrzeń międz zwieraczową (ang. *intersphincteric space*), która ma zawierać niewielką ilość tłuszczu i tkanki łącznej, choć większość opracowań nie wyróżnia takiego pojęcia lub utożsamia je z CLML.

## INTRODUCTION

Faecal incontinence has been a disabling, difficult-to-treat disorder for years. The overall incidence of faecal incontinence is estimated at 2-7% of the adult population (1), however, these data may be significantly underestimated due to the fact that patients are often ashamed of their disorder and therefore do not seek medical attention. Damage to the anal sphincter apparatus is one of the factors that may lead to faecal incontinence. It is most often observed in females after vaginal delivery, with an increased risk in those with a history of instrumental (e.g. forceps) childbirth (2). It may seem trivial to say that high-quality surgical reconstruction of anal sphincters requires a good anatomical knowledge, but even experienced clinicians and anatomists may be surprised at the complexity of anal sphincter anatomy.

## CLASSICAL CONCEPT

Two anal sphincters are classically distinguished: the internal anal sphincter (IAS) and the external anal sphincter (EAS). IAS is about 30 mm high and about 3 mm thick continuation of the smooth circular muscle layer at the rectum at the level of the anal canal (3-5). As a component of gastrointestinal musculature, it is composed of smooth muscle cells and controlled by the autonomic nervous system, independently of our will. The external anal sphincter, on the other hand, is a skeletal (striated) muscle. It is supplied by somatic nerves, mainly by the motor branches of the pudendal nerve (known as the inferior rectal nerves), reaching the muscle through the ischioanal fossa. Although its activity depends on our will, it remains in a certain constant tone, even if not contracted. Its exact morphology is much more complex, which will be discussed later in the article. Between both sphincters, there is also the longitudinal layer, consisting mainly of muscles of the longitudinal layer of the rectum musculature. It is referred to as the conjoint longitudinal muscle layer (CLML) or conjoint tendon by some authors due to the fact that it receives additional fibres from the levator ani muscle (3, 6, 7). However, research indicates that it consists mainly of smooth muscle cells, and therefore it should be treated as an extension of the rectum musculature. Its fibre arrangement significantly differs from that in sphincters (the fibres run vertically instead of circularly), hence it is clearly separated from these muscles, which can be easily observed during dissection. Some of its fibres end within both sphincters, while some anchor in the perianal skin, forming the so-called corrugator cutis ani together with the EAS (lat. *musculus corrugator cutis ani*). In addition to the common muscle layer, some authors also distinguish the so-called intersphincteric space, which is believed to contain a small amount of fat and connective tissue. However, most authors do not use this concept, but instead refer to this structure as CLML.

The anatomy of EAS, although investigated since ancient times, still holds many mysteries. EAS was already described

Anatomia mięśnia zwieracza zewnętrznego odbytu, choć badana od czasów antycznych, wciąż kryje w sobie wiele tajemnic. EAS opisywany był już przez Galena, po raz pierwszy zaś został zobrazowany przez Wesaliusza w słynnym „De Humani Corporis Fabrica” (8). Początkowo traktowany był jako mięsień jednorodny. Santorini jako pierwszy w 1715 roku opisał jego trzy części: podskórną, powierzchowną i głęboką, zaś dopiero w 1897 roku Holl umieścił ten schemat w podręczniku anatomicznym, choć on też jako pierwszy dostrzegł pewne niejasności w związku EAS z mięśniem dźwigaczem odbytu. Co ciekawe pierwsze edycje „Anatomii” Graya przedstawiały EAS jako niepodzielony. Współczesne prace zazwyczaj cytują artykuł Milligana i Morgana z 1934 roku, przypisując im autorstwo tego modelu EAS, choć w rzeczywistości był to artykuł poświęcony wyłącznie aspektom klinicznym, nie wnosił on żadnych nowych danych anatomicznych (9-11).

We współczesnych podręcznikach anatomicznych znaleźć można opis anatomii EAS, taki jak zaproponowany przez Santoriniego, a potwierdzony przez Milligana i Morgana: mięsień ten dzieli się na trzy części: podskórną, powierzchowną i głęboką, położone jedna nad drugą, obejmujące swoimi włóknami światło kanału odbytu (12). Część podskórna, najbardziej powierzchowna, nie ma przyczepu do kośćca, jej przyczepy znajdują się wyłącznie w tkance podskórnej, do przodu i do tyłu od odbytu w linii pośrodkowej. Nieco głębiej położona część powierzchowna stanowi główny masyw mięśnia, ona również ma swoje punkty przyczepu do przodu i do tyłu od odbytu, odpowiednio w obrębie środka ścięgnistego krocza oraz w więzadle odbytowo-guziczynym, pośrednio przyczepiając się tą drogą do kości guzicznej. Trzecia, najgłębsza część EAS, czyli tzw. część głęboka, ma układ włókien wybitnie okrężny i podobnie jak część powierzchowna, nie ma przyczepu do układu kostnego – jej dokładne miejsca przyczepów nie są jednak podane.

Na rycinie 1 przedstawiono preparat Zakładu Anatomii Prawidłowej i Klinicznej CB WUM. Widoczna warstwowa

by Galen, and was depicted for the first time by Vesalius in the famous “De Humani Corporis Fabrica” (8). It was initially treated as a homogeneous muscle. Santorini was the first to describe its three parts (subcutaneous, superficial and deep) in 1715, and it was not until 1897 that Holl included this structure in an anatomical textbook, although he was also the first to notice some ambiguity in the connection of the EAS with the levator ani muscle. Interestingly, the first editions of Gray’s Anatomy showed the EAS as undivided. Contemporary works usually cite the 1934 paper by Milligan and Morgan, attributing the authorship of this EAS model to these authors, although in fact the paper was devoted only to clinical aspects, and did not offer any new anatomical data (9-11).

Modern anatomical textbooks offer a description of EAS anatomy, such as that proposed by Santorini and confirmed by Milligan and Morgan: this muscle is divided into three parts: subcutaneous, superficial and deep, located one above the other, encircling the anal canal (12). The subcutaneous and at the same time the most superficial part has no skeletal attachment, but instead attaches only to the subcutaneous tissue, anteriorly and posteriorly from the anus in the midline. The slightly deeper superficial part makes up the main mass of the muscle, it also has its attachment points anteriorly and posteriorly from the anus, within the perineal body and in the anococcygeal ligament, respectively, this way indirectly attaching to the coccyx. The third and at the same time the deepest part of the EAS, i.e. the so-called the deep part, shows a very circular fibre arrangement and, like the superficial part, has no skeletal attachment; however, its exact attachment locations are not described.

Figure 1 shows a specimen from the Department of Descriptive and Clinical Anatomy, Centre for Biostructure Research, Medical University of Warsaw. Visible layered



**Ryc. 1.** Preparat anatomiczny okolicy odbytu, przekrój poprzeczny przez ścianę odbytnicy z otaczającymi mięśniami. Opis w tekście. Materiał Zakładu Anatomii Prawidłowej i Klinicznej CB WUM

**Fig. 1.** Anatomical specimen of anus with cross-section of rectal wall with surrounding musculature. Description in text. Material of Department of Descriptive and Clinical Anatomy, Centre for Biostructure Research, MUW

anatomia ściany kanału odbytu na przekroju (trzymana w pęsecie): najbliżej światła odbytnicy wypełnionego masami kałowymi widoczne okrężne włókna IAS, następnie pionowo biegnące włókna CLML, zaś najbardziej zewnętrznie okrężne włókna EAS, w których wyróżnić można trzy warstwy: podskórną (Sc-EAS), powierzchowną (Su-EAS) i głęboką (P-EAS).

Omawiając anatomię EAS, należy również przywołać garść struktur, które są anatomicznie lub czynnościowo ściśle z tym mięśniem związane. Należą do nich wspomniane już wcześniej: mięsień dźwigacz odbytu, środek ścięgnisty krocza oraz więzadło odbytowo-guziczne.

Mięsień dźwigacz odbytu (łac. *musculus levator ani*) jest dużym, parzystym mięśniem stanowiącym główną, większą część przepony miednicy. Tradycyjnie wyróżnia się w nim dwie części: mięsień biodrowo-guziczny oraz mięsień łonowo-guziczny, z których tę drugą można dalej podzielić na następne trzy: mięsień łonowo-guziczny właściwy, mięsień łonowo-odbytniczy oraz mięsień dźwigacz stercza albo pochwy (12). „Terminologia Anatomica 2” podaje nieco inny podział: według tego opracowania mięsień dźwigacz odbytu można od razu podzielić na pięć części: m. biodrowo-guziczny, m. łonowo-guziczny, m. łonowo-odbytowy, m. łonowo-kroczykowy oraz zależnie od płci m. łonowo-sterczykowy albo łonowo-pochwowy (13). Tu mięsień łonowo-odbytowy i łonowo-odbytniczy traktowane są jak synonimy, lecz według innych opracowań mięśnie te stanowią dwie różne struktury (14). Choć cały mięsień dźwigacz odbytu jest istotny dla prawidłowego funkcjonowania dna miednicy, z punktu widzenia utrzymania stolca najistotniejszy jest mięsień łonowo-odbytniczy (ang. *puborectalis muscle* – PRM), który wytwarza długą pętlę, przyczepiając się do tylnych powierzchni kości łonowych, następnie biegnąc obustronnie ku tyłowi i obejmując okrężnie kanał odbytu. Wytwarza on więc otwartą do przodu pętlę, która podczas skurczu pociąga kanał odbytu do przodu, załamując jego światło, w ten sposób go domykając. Włókna PRM biegną wokół kanału odbytu, obejmując go na całym obwodzie, zatem oprócz zaginania również go zaciskają.

Ryciny 2 i 3 przedstawiają schematycznie anatomie mięśnia dźwigacza odbytu z widoku odpowiednio od dołu i od góry.

Środek ścięgnisty krocza (łac. *centrum tendineum perinei*), a w zasadzie zgodnie z „Terminologia Anatomica 2” ciało krocza (łac. *corpus perineale*, ang. *perineal body*) stanowi centralny punkt dna miednicy (13). Tradycyjnie definiowany jest jako silny szew łącznotkankowy, łączący w sobie włókna końcowe licznych mięśni tej okolicy: mięśnia zwieracza zewnętrznego odbytu, poprzecznego powierzchownego krocza, opuszkowo-gąbczastego czy w końcu też dźwigacza odbytu. Włókna te stanowią silny węzeł łącznotkankowy zapewniający stabilność struktur dna miednicy. Skurcz mięśni przyczepiających się do środka ścięgniętego krocza unosi dno miednicy ku górze, co jest istotnym elementem mechanizmów mikcji, defekacji i ejakulacji. Więzadło odbytowo-guziczne z kolei stanowi w tradycyjnym rozumowaniu ścięgnięte pasmo łącznotkankowe łączące przeciwstronne włókna mięśnia dźwigacza odbytu (12).

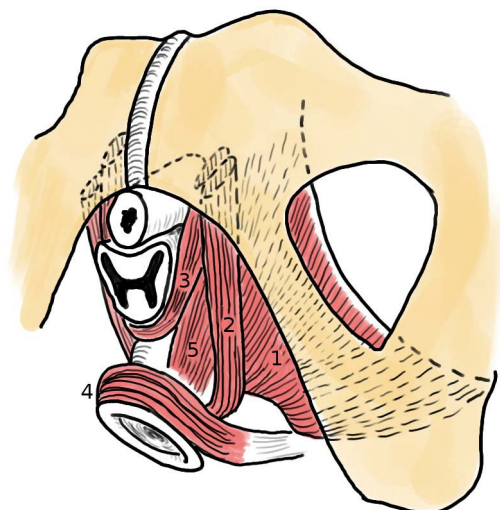
anatomy of the anal canal wall in cross-section (held with tweezers): circular IAS fibres are visible closest to the lumen of the rectum filled with faecal masses, then vertically running CLML fibres, and the outermost circular EAS fibres, in which three layers can be distinguished: subcutaneous (Sc-EAS), superficial (Su-EAS) and deep (P-EAS).

When discussing EAS anatomy, it is also necessary to mention a handful of structures that are either anatomically or functionally closely related to this muscle. These include the already mentioned levator ani muscle, the perineal body and the anococcygeal ligament.

The levator ani muscle (lat. *musculus levator ani*) is a large, paired muscle that makes up the main, larger part of the pelvic diaphragm. It is conventionally divided into two parts: the iliococcygeus muscle and the pubococcygeus muscle, the latter of which can be further divided into three muscles: puboperinealis, puboanalis, and puboprostaticus (males) or pubovaginalis (females) (12). A slightly different classification can be found in “Terminologia Anatomica 2”, where the levator ani muscle is divided into five parts: the ilioococcygeal, pubococcygeal, puborectal, puboperineal and, depending on gender, puboprostatic or pubovaginal muscles (13). Here, the puboanalis and puborectalis muscles are treated as synonyms, but according to other authors, they are two different structures (14). While the entire levator ani muscle is essential for proper pelvic floor function, the puborectalis muscle (PRM), which forms a long loop, attaching to the posterior surfaces of the pubic bones, then runs bilaterally and posteriorly, encircling the anal canal, is essential for stool retention. Thus, it creates an anteriorly open loop, which during contraction pulls the anal canal anteriorly, angulating it and thus closing it. Since the PRM fibers run around the anal canal, wrapping around its entire circumference, in addition to bending, they also tighten it.

Figures 2 and 3 schematically show the anatomy of the levator ani muscle – bottom and top views, respectively.

The perineal body (lat. *center tendineum perinei*), or the body of the perineum (lat. *corpus perineale*) according to “Terminologia Anatomica 2”, is the midpoint of the pelvic floor (13). It is conventionally defined as a strong connective tissue suture, connecting the terminal fibres of many muscles in this region: the external anal sphincter, the transverse superficial perineal muscle, the bulbospongiosus muscle and, finally, the levator ani. These fibres form a strong connective tissue node that ensures stability of the pelvic floor structures. The contraction of the muscles attached to the perineal body lifts the pelvic floor, which is an important element of the mechanisms responsible for urination, bowel movement and ejaculation. In turn, the anococcygeal ligament is conventionally understood as a connective tissue band joining the opposite fibres of the levator ani muscle (12).



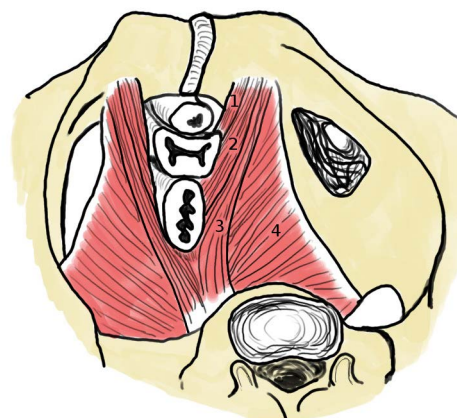
**Ryc. 2.** Anatomia mięśnia dźwigacza odbytu – widok od dołu. 1 – m. biodrowo-guziczny, 2 – m. łonowo-odbytniczy, 3 – m. łonowo-kroczyzny, 4 – m. zwieracz zewnętrzny odbytu, 5 – m. łonowo-odbytowy. W modyfikacji własnej na podstawie: (15)

**Fig 2.** Anatomy of the levator ani muscle – bottom views. 1 – the iliococcygeus muscle, 2 – the puborectalis muscle, 3 – the puboperineal muscle, 4 – the external anal sphincter, 5 – the puboanalis muscle. Our own modification based on: (15)

### KONTROWERSJE I NOWE SPOJRZENIE

Wydawać się może, że na temat anatomii EAS wszystko zostało już powiedziane, lecz okazuje się, że wciąż istnieją pewne nieścisłości, których badaczom nie udało się dotąd wyjaśnić, pomimo iż o części z nich dowiedzieć się można z literatury mającej przeszło 50 lat. Przede wszystkim niejasne pozostają miejsca przyczepów poszczególnych części EAS oraz przebieg ich włókien i relacja względem światła kanału odbytu. Istnieją też wątpliwości na temat związku EAS z innymi mięśniami dna miednicy, m.in. mięśniem dźwigaczem odbytu czy mięśniem opuszkowo-gąbczastym. Najnowsza literatura przedstawia też w nieco innym świetle struktury, takie jak środek ściągający krocza czy więzadło odbytowo-guziczne.

W tym miejscu należy wspomnieć o pracach Shafika i Bogduka, rzucających nowe spojrzenie na układ włókien poszczególnych warstw EAS (9, 16). Shafik zwrócił uwagę na jeden niezwykle istotny szczegół związany z anatomią tego mięśnia – zazwyczaj on i jego części przedstawiane są jako koncentryczne, ułożone na sobie struktury typu „pączka z dziurką” (ang. *doughnut*), podczas gdy żaden inny mięsień poprzecznie prążkowany w ludzkim ciele nie prezentuje tego typu morfologii. Wszystkie mięśnie, również typowo okrężne, jak mięsień okrężny oka czy mięsień okrężny ust, mają zawsze początkowy i końcowy punkt przyczepu, czasem tworząc pętlę, czasem dwa pasma oplatające otwór jak dwuwypukła soczewka. O ile współczesne podręczniki z reguły uwzględniają ten fakt, podając punkty przyczepu poszczególnych części EAS, nadal opisują ich działanie jako koncentryczną siłę zwężającą kanał odbytu, co według Shafika nie jest zgodne z prawdą. Opisuje on anatomię poszczególnych części EAS



**Ryc. 3.** Anatomia mięśnia dźwigacza odbytu – widok od góry. 1 – m. łonowo-pochwowy, 2 – m. łonowo-odbytniczy, 3 – m. łonowo-guziczny, 4 – m. biodrowo-guziczny. W modyfikacji własnej na podstawie: (15)

**Fig 3.** Anatomy of the levator ani muscle – top views. 1 – the pubovaginal muscle, 2 – the puborectalis muscle, 3 – the pubococcygeal muscle, 4 – the iliococcygeus muscle. Our own modification based on: (15)

### CONTROVERSY AND A NEW PERSPECTIVE

It may seem that everything has already been said about EAS anatomy, but as it turns out, there are still some inaccuracies that researchers have not yet been able to explain, although some of them can be found in the literature from more than 50 years ago. First of all, the attachment points for the individual parts of the EAS, the course of their fibers and their relation to the anal canal remain unclear. There are also doubts about the relationship between the EAS and other pelvic floor muscles, including the levator ani and the bulbospongiosus muscle. Recent literature also presents structures such as the perineal body or the anococcygeal ligament in a slightly different light.

At this point, it is worth mentioning the papers by Shafik and Bogduk, who shed new light at the arrangement of fibers of individual EAS layers (9, 16). Shafik pointed out one extremely important detail related to the anatomy of this muscle, namely EAS and its parts are usually showed as concentric, stacked, doughnut-shaped structures, while no other striated muscle in the human body shows such morphology. All muscles, including the typical circular ones, such as the orbicularis oculi or orbicularis oris muscle of the mouth, always have a origin and insertion points, sometimes forming loops or two bands surrounding the opening like a biconvex lens. While modern textbooks generally take this fact into account when listing the attachment points of the individual parts of the EAS, they still describe their action as a concentric force constricting the anal canal, which according to Shafik is not true. He describes the anatomy of the individual EAS parts as loops anchored alternately anteriorly (for the subcutaneous and deep part) and posteriorly (for the superficial part) from the anus. This way, the anal canal is kinked rather than

jako pętli zakotwiczonych naprzemiennie do przodu (dla części podskórnej i głębokiej) i do tyłu (dla części powierzchownej) od odbytu. W ten sposób, podczas skurczu mięśnia dochodzi raczej do załamania (ang. *kinking*) kanału odbytu niż do jego zwężenia, co zapewnia lepsze jego domknięcie.

Shafik zwraca też uwagę na ścisły związek części głębokiej EAS z mięśniem dźwigaczem odbytu, konkretnie z mięśniem łonowo-odbytniczym. Powszechnie wiadomy jest udział PRM w utrzymaniu stolca. Wiele prac, w tym ww., podkreślają jednak, że włókna obu tych mięśni się ze sobą splatają do tego stopnia, że w zasadzie są od siebie nieodróżnialne. Niektóre prace wprost podają w wątpliwość istnienie części głębokiej EAS, twierdząc, że są to tak naprawdę włókna PRM (17). Warto też w tym miejscu zwrócić uwagę na pewną różnicę w anatomii EAS pomiędzy płcią męską i żeńską – u kobiet do przodu i obustronnie bocznie od odbytu jest on znacząco mniejszy (wytwarza krótszy kanał), nie ma jednak istotnej różnicy ku tyłowi od odbytu (4). Być może ma to związek z różnicami w morfologii EAS i PRM u kobiet i u mężczyzn, lecz nie jest to jednoznacznie opisane.

Zifan i wsp. wykonując badanie traktografii rezonansu magnetycznego, badając przebieg włókien mięśni dna miednicy, dostrzegli, że część włókien EAS tak naprawdę nie kończy się w ciełe krocza, tylko biegną do przodu i do boku jako przeciwstronne mięśnie opuszkowo-gąbczaste i poprzeczne powierzchowne krocza (18). Do podobnego wniosku doszedł też Shafik, wykonując badanie na preparatach anatomicznych, w którym wyróżnił trzy warstwy ciała krocza – powierzchowną, w której przebiegają włókna EAS, przechodząc w przeciwstronny mięsień opuszkowo-gąbczasty, środkową, w której łączą się włókna przeciwstronnych mięśni poprzecznych powierzchownych krocza, oraz głęboką, w której łączą się włókna obustronnych mięśni poprzecznych głębokich krocza (19). W związku z tym ciało krocza nie powinno być traktowane jako punkt przyczepu końcowego, raczej jako punkt tranzytowy na kształt ścięgni pośredniego w mięśniach dwubrzuścowych czy też smug ścięgniętych w mięśniach prostym brzucha. Znaczenie tego zjawiska nie zostało jeszcze poznane.

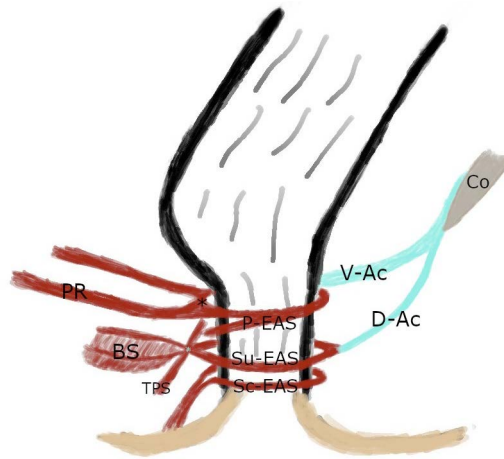
Więzadło odbytowo-guziczne również okazuje się nie być tak oczywistą strukturą anatomiczną. Japońscy autorzy po przeanalizowaniu jego budowy stwierdzili, że składa się ono z dwóch warstw – brzusznej, która jest szersza, położona głębiej i składa się z luźno ułożonych włókien, oraz grzbietowej – cienkiej, bardziej powierzchownej i składającej się z gęsto upakowanych włókien (20). Obie warstwy zbiegają się w okolicy wierzchołka kości krzyżowej, rozchodzą natomiast w okolicy odbytu. Warstwa brzuszna będąca przedłużeniem powięzi przedkrzyżowej przyłącza się do CLML, zaś warstwa grzbietowa mająca komunikację z okostną kości guzicznej łączy się z EAS. W strukturze więzadła odbytowo-guzicznego zidentyfikowano też gęstą sieć cienkich naczyń krwionośnych, mogącą być źródłem krwawienia w przypadku przecięcia więzadła, a także włókna mięśniowe gładkie. Pomiedzy warstwami więzadła znajduje się luźna tkanka łączna, co może potencjalnie wprowadzić w błąd chirurga preparującego w tej okolicy i doprowadzić do nieprawidłowego rozpoznania

narrowed during muscle contraction, which ensures better closure.

Shafik also draws attention to the close relationship between the deep part of the EAS and the levator ani muscle, specifically the puborectalis muscle. PRM has a well-known role in holding stool. However, many works, including the above-mentioned ones, emphasize that the fibers of both muscles intertwine to such an extent that they are virtually indistinguishable from each other. Some papers openly question the existence of the deep part of the EAS, claiming that these are actually PRM fibers (17). It is also worth noting here that the anatomy of the EAS differs between males and females; EAS is significantly smaller anteriorly and bilaterally lateral to the anus (creates a shorter canal), without significant difference posteriorly from the anus in women (4). This may be related to the differences in EAS and PRM morphology in women and men, but it is not clearly described.

Zifan et al., who conducted a magnetic resonance tractography study to assess the course of the pelvic floor muscle fibers, noticed that some EAS fibers do not actually end in the perineal body, but extend anteriorly and laterally as contralateral bulbospongiosus and transverse superficial perineal muscles (18). A similar conclusion was also reached by Shafik, who assessed anatomical specimens and distinguished three layers of the perineal body: the superficial one, in which the EAS fibers run, extending to the contralateral bulbospongiosus muscle; the middle one, in which the fibers of the contralateral superficial transverse muscles of the perineum join; and the deep one, where the fibers of the bilateral deep transverse muscles of the perineum connect (19). Therefore, the perineal body should not be treated as an end attachment point, but rather as a transit point, similar to the intermediate tendon in the digastric muscles or the tendinous intersections in the rectus abdominis. The importance of this phenomenon is not yet known.

The anococcygeal ligament also turns out to be a less obvious anatomical structure. Japanese authors analysed its structure and found that it has two layers, i.e. a ventral layer, which is wider, deeper and consists of loosely arranged fibres, and a thin, more superficial dorsal layer consisting of densely packed fibres (20). Both layers converge near the apex of the sacrum and diverge near the anus. The ventral layer, which is an extension of the presacral fascia, joins the CLML, and the dorsal layer, which communicates with the coccyx periosteum, joins the EAS. A dense network of thin blood vessels, which may be a source of bleeding if the ligament is cut, as well as smooth muscle fibers were also identified in the anococcygeal ligament. There is loose connective tissue between the layers of the ligament, which could potentially confuse the surgeon dissecting in this area and lead to misinterpretation of the space. Interestingly, the edge of the levator ani muscle seems to run parallel to the ligament, but does not connect to it.



**Ryc. 4.** Schematyczne przedstawienie omawianych struktur mięśniowo-włóknistych okolicy odbytu. Opis w tekście. Materiał własny

**Fig. 4.** Schematic interpretation of mentioned fibromuscular structures. Description in text. Own work

przestrzeni. Co ciekawe, brzeg mięśnia dźwigacza odbytu zdaje się przebiegać równolegle w pobliżu więzadła, lecz się z nim nie łączy.

Rycina 4 podsumowuje w schematyczny sposób to, co wiemy o zwieraczu zewnętrznym odbytu w świetle przedstawionej nowej literatury. Najniżej położona jest warstwa podskórna (Sc-EAS), łącząca się ze skórą krocza do przodu od odbytu, tworząc pętlę obejmującą kanał odbytu od tyłu. Wyżej znajduje się warstwa powierzchowna (Su-EAS), mająca kształt soczewkowaty, łącząc się do tyłu z grzbietową warstwą więzadła odbytowo-guzicznego (D-Ac), zaś do przodu przechodząc tranzytem przez ciało krocza (jasna gwiazdka), tworząc następnie włókna mięśnia opuszkowo-gąbczastego (BS) i poprzecznego powierzchownego krocza (TPS). Warstwa głęboka (P-EAS), o niewiadomym punkcie początkowym zlokalizowanym prawdopodobnie do przodu od kanału odbytu, tworzy pętlę obejmującą kanał od tyłu, zaś jej włókna mieszają się z włóknami mięśnia łonowo-odbytniczego (PR). Mięsień ten biegnie daleko do przodu w stronę kości łonowych, lecz w okolicy kanału odbytu wytwarza też włókna przedodbytnicze (czarna gwiazdka). Więzadło odbytowo-guziczne tworzy dwie warstwy, wcześniej wspomnianą grzbietową, łączącą się prawdopodobnie wyłącznie z częścią powierzchowną EAS, oraz warstwę brzusznią (V-Ac), która łączy się z włóknami wspólnej podłużnej warstwy mięśniowej (na rycinie widoczna jako ściana odbytnicy). Obie warstwy więzadła zbiegają się ze sobą ku tyłowi i dochodzą do szczytu kości guzicznej (Co).

## PODSUMOWANIE

Anatomia dna miednicy jest trudnym zagadnieniem, nie tylko z punktu widzenia dydaktyki, ale też klinicznie i naukowo. Wiele lat poświęcono na badanie struktury mięśnia zwieracza zewnętrznego, jednak wciąż pewne aspekty jego anatomii pozostają niewyjaśnione, a stare, zdezaktualizowane

Figure 4 schematically summarizes knowledge about the external anal sphincter in the light of the new literature presented. The subcutaneous layer (Sc-EAS), which connects to the perineal skin anteriorly from the anus, forming a loop wrapping around the anal canal posteriorly, is the lowest-lying layer. Above lays the superficial layer (Su-EAS), which is lenticular in shape, joining posteriorly to the dorsal layer of the anococcygeal ligament (D-Ac), and passing anteriorly through the perineal body (bright asterisk), then forming muscle fibers of the bulbospongiosus muscle (BS) and superficial transverse perineal (STP) muscle. The deep layer (P-EAS), with an unknown origin probably anterior to the anal canal, forms a loop posteriorly and its fibers mix with those of the PR muscle.

This muscle runs far anteriorly towards the pubic bones, but also gives pre-rectal fibers near the anal canal (black asterisk). The anococcygeal ligament is divided into two layers, the previously mentioned dorsal layer, which probably connects only with the superficial part of the EAS, and the ventral layer (V-Ac), which connects to the fibres of the common longitudinal muscular layer (seen in the figure as the rectal wall). Both layers of the ligament converge posteriorly and reach the apex of the coccyx (Co).

## CONCLUSIONS

The anatomy of the pelvic floor is a challenging topic, not only from the educational, but also clinical and scientific point of view. Although many years have been devoted to investigating the structure of the external sphincter muscle, some aspects of its anatomy still remain unexplained, and old, outdated dogmas are still repeated in textbooks. The above-mentioned studies, which shed new light on the anatomy

dogmaty wciąż bywają powtarzane w podręcznikach. Wyżej wymienione badania rzucające nowe światło na anatomię EAS stanowią też obszerne pole do dalszych badań mogących rozwiązać chociaż część niejasności. Z klinicznego punktu widzenia dokładne poznanie i zrozumienie anatomii EAS może doprowadzić do rozwoju nowych, lepszych technik rekonstrukcyjnych w przypadku urazów aparatu zwieraczowego i leczenia nietrzymania stolca.

of EAS, also leave a wide field for further research that may dispel at least some of the ambiguities. From a clinical point of view, a thorough knowledge and understanding of the EAS anatomy may lead to the development of new and better reconstructive techniques for sphincter injuries and treatment of faecal incontinence.

#### Konflikt interesów

#### Conflict of interest

Brak konfliktu interesów

None

#### Adres do korespondencji:

#### Correspondence:

\*Arkadiusz Kowalczyk  
Zakład Anatomii Prawidłowej  
i Klinicznej, Centrum Biostruktury  
Warszawski Uniwersytet Medyczny  
ul. Chałubińskiego 5, 02-004 Warszawa  
tel.: (22) 629-52-83  
arkadiusz.m.kowalczyk@gmail.com

#### Piśmiennictwo/References

1. Hawes SK, Ahmad A: Fecal incontinence: A woman's view. *Am J Gastroenterol* 2006; 101(suppl. 3): s610-617.
2. Meister MR, Rosenbloom JI, Lowder JL, Cahill AG: Techniques for Repair of Obstetric Anal Sphincter Injuries. *Obstet Gynecol Surv* 2018; 73(1): 33-39.
3. Raizada V, Mittal RK: Pelvic Floor Anatomy and Applied Physiology. *Gastroenterol Clin North Am* 2008; 37(3): 493-509.
4. Rociu E, Stoker J, Eijkemans MJC, Lameris JS: Normal anal sphincter anatomy and age- and sex-related variations at high-spatial-resolution endoanal MR imaging. *Radiology* 2000; 217(2): 395-401.
5. Delancey JOL, Togliola MR, Perucchini D: Internal and external anal sphincter anatomy as it relates to midline obstetric lacerations. *Obstet Gynecol* 1997; 90(6): 924-927.
6. Wu Y, Dabhoiwala NF, Hagoort J et al.: 3D topography of the young adult anal sphincter complex reconstructed from undeformed serial anatomical sections. *PLoS One* 2015; 10(8): 1-15.
7. Lee JH, Pretorius DH, Weinstein M et al.: Transperineal three-dimensional ultrasound in evaluating anal sphincter muscles. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; 30(2): 201-209.
8. Vesalius A: *De Humani Corporis Fabrica*. Basel 1543.
9. Bogduk N: Issues in anatomy: the external anal sphincter revisited. *Aust N Z J Surg* 1996; 66(9): 626-629.
10. Levy E: Anorectal musculature. *Am J Surg* 1936; 34(1): 143-198.
11. Raizada V, Bhargava V, Karsten A, Mittal RK: Functional morphology of anal sphincter complex unveiled by high definition anal manometry and three dimensional ultrasound imaging. *Neurogastroenterol Motil* 2011; 23(11): 1013.
12. Bochenek A, Reicher M: *Anatomia człowieka, tom II*. Warszawa 2015: 695-696.
13. FIPAT. *Terminologia Anatomica*. 2nd ed. Federative International Programme for Anatomical Terminology 2019.
14. Ciszek B: *Anatomia dna miednicy u kobiety*. [W:] Baranowski W (red.): *Uroginekologia*. Medical Tribune Polska, Warszawa 2018: 21.
15. Ashton-Miller JA, DeLancey JOL: Functional anatomy of the female pelvic floor. *Ann N Y Acad Sci* 2007; 1101: 266-296.
16. Shafik A: A new concept of the anatomy of the anal sphincter mechanism and the physiology of defecation. The external anal sphincter: a triple-loop system. *Invest Urol* 1975; 12(5): 412-419.
17. Oh C, Kark AE: Anatomy of the external anal sphincter. *Br J Surg* 2005; 59(9): 717-723.
18. Zifan A, Reisert M, Sinha S et al.: Connectivity of the Superficial Muscles of the Human Perineum: A Diffusion Tensor Imaging-Based Global Tractography Study. *Sci Rep* 2018; 8(1): 1-10.
19. Shafik A, Sibai O El, Shafik AA, Shafik IA: A novel concept for the surgical anatomy of the perineal body. *Dis Colon Rectum* 2007; 50(12): 2120-2125.
20. Kinugasa Y, Arakawa T, Abe SI et al.: Anatomical reevaluation of the anococcygeal ligament and its surgical relevance. *Dis Colon Rectum* 2011; 54(2): 232-237.

#### nadesłano/submitted:

14.07.2023

#### zaakceptowano do druku/accepted:

04.08.2023