

Chrystian KLONECKI-OLECH, Krzysztof KRYSZTOFORSKI, Zakład Inżynierii Biomedycznej i Mechaniki Eksperymentalnej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrocławska, Wrocław

ALTERNATYWNE METODY KOLONOSKOPII

Streszczenie. Tematem pracy są niekonwencjonalne metody zabiegu kolonoskopii. W szczególności skupiono się na robotach-dźdźownicach, które mogłyby zastąpić typowy kolonoskop.

1. WSTĘP

Kolonoskopia, czyli wprowadzenie doodbytniczo wziernika w celu analizy ścian jelita, jest jednym z najgorzej akceptowanych przez pacjentów badań – zarówno pod względem aspektów psychicznych jak i bólu, jakiego można doświadczyć w czasie i po badaniu. Dlatego też w wielu ośrodkach naukowych podejmuje się prób skonstruowania urządzenia, które mogłoby zastąpić typowy kolonoskop przy uwzględnieniu wysokiej jakości badania, zniwelowaniu nieprzyjemnego odczucia, czy wręcz bólu oraz skróceniu czasu trwania badania. Poza udoskonalaniem tradycyjnych kolonoskopów trwają badania nad kolonoskopią wirtualną oraz próby skonstruowania robotów – dźdźownic, które mogłyby wykonać wziernikowanie jelit.

2. BADANIA KOLONOSKOPOWE

Rak jelita grubego jest jednym z trzech najczęściej występujących nowotworów złośliwych w krajach wysoko rozwiniętych. Rocznie w Polsce zapada na tego typu nowotwór przeszło 13 tysięcy osób, z czego umiera ponad 8 tysięcy, przy czym częstość zachorowań z roku na rok wzrasta [1]. Istotne zatem staje się wykonanie badań przesiewowych w grupach podwyższonego ryzyka, by móc wykryć we wczesnym stadium chorobę.

Przeprowadzenie odpowiedniej ilości badań profilaktycznych jest niewykonalne ze względu na:

- obawę oraz zakłopotanie pacjentów,
- koszty z jakimi wiąże się wykonanie badania, tzn. sterylizacja endoskopu, znieczulenie pacjenta,
- problemy w czasie wykonania zabiegu.

Istnieją możliwości technicznego zniwelowania problemów wynikłych w trakcie badania oraz – dzięki uproszczeniu badania – zmniejszeniu kosztów wynikłych ze znieczulania pacjenta [1,2].

Podczas wykonania badania kolonoskopowego największą trudnością dla lekarzy jest sforsowanie zagięć – wątrobowego (ok. 75°) i śledzionowego (ok. 50°). Wynika to przede wszystkim z konstrukcji endoskopu – w urządzeniu ruchomy jest jedynie końcowy fragment, dzięki czemu istnieje pewien niewielki zakres manewrów, nie mniej nie ma możliwości kontroli pozostałej części endoskopu. U połowy osób, które odczuwają ból podczas wykonywania zabiegu bez znieczulenia, pojawia się on właśnie przy pokonywaniu zagięcia

śledzionowego i w niektórych przypadkach jest na tyle silny, że lekarz postanawia przerwać badanie. Również w przypadku zastosowania znieczulenia, istnieje pewien odsetek osób, u których nie ma możliwości pokonania zagięcia śledzionowego [2].

2. ALTERNATYWNE METODY KOLONOSKOPII

2.1 Kolonoskopia wirtualna

Wirtualna kolonoskopia (kolonografia TK) umożliwia odwzorowanie ścian jelita na podstawie rekonstrukcji obrazów otrzymanych z TK. Wykonane w ten sposób badanie jest znacznie mniej inwazyjne oraz trwa krócej od typowej kolonoskopii, przez co może być wykonywane w ramach badań przesiewowych w celu wczesnego stwierdzenia zmian patologicznych.

Do niewątpliwych zalet kolonoskopii wirtualnej zaliczyć można niewątpliwie nieinwazyjność i bezbolesność. Metoda ta może być przeprowadzona u większości pacjentów, nawet przy braku zgody lekarza na kolonoskopię tradycyjną. Jednocześnie uzyskane obrazy umożliwiają dokładniejsze określenie miejsca występowania patologii i odległości jej wystąpienia względem odbytu, co ułatwia planowanie oraz wykonanie potencjalnej operacji.

Kolonoskopia wirtualna zmusza jednak pacjenta na ekspozycję na promieniowanie jonizujące, nie pozwala na analizę koloru ścian jelita, nie umożliwia pobrania wycinków tkanki. Dodatkowo uzyskane obrazy obarczone są błędem wynikłym z zastosowanych algorytmów rekonstrukcji obrazu, przez co zaniebdywane są pewne szczegóły mogące świadczyć o patologii. Z drugiej strony metoda ta znacznie częściej od kolonoskopii tradycyjnej daje wyniki fałszywe dodatnie zwłaszcza, w przypadku nieprawidłowego oczyszczenia jelit przed badaniem.

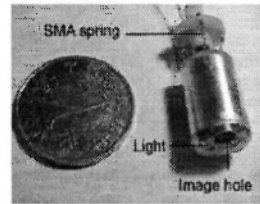
Kolonoskopia tradycyjna umożliwia wykrycie większej ilości zmian patologicznych, pobranie wycinków tkanki jak również dokładne zbadanie fragmentu, który wzbudza podejrzenia lekarza. Nie jest możliwe zatem zastąpienie kolonoskopii tradycyjnej, kolonoskopią wirtualną, nie mniej w badaniach przesiewowych może ona stanowić alternatywę dla obecnie stosowanych kolonoskopów.

2.2 Roboty – dżdżownice

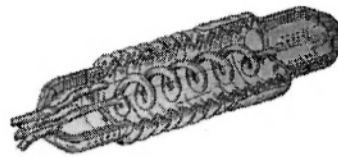
Drugim kierunkiem toczących prac, jaki daje się zaobserwować w ośrodkach badawczych, jest próba skonstruowania robota-dżdżownicy, który mógłby być wprowadzony doodbytniczo do układu pokarmowego. Konstruowane są prototypy robotów, które mogłyby poruszać się wewnątrz rury, jaką tworzy jelito człowieka [3-7].

2.2.1 Roboty oparte o materiały z pamięcią kształtu

Istnieje pewna ilość konstrukcji miniaturowych robotów, w których elementem powodującym przemieszczanie się kolejnych modułów robota, są sprężyny SMA (materiały z pamięcią kształtu), umiejscowione między modułami [3] lub też będące podstawą konstrukcyjną modułu [4,5] (Rys.1,2).



Rys. 1. Konstrukcja z SMA pomiędzy modułami[3]



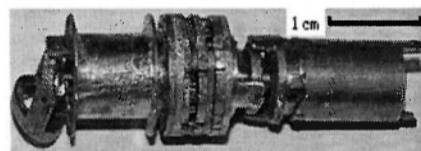
Rys. 2. Konstrukcja z SMA w module [5]

W robotach, które wykorzystują materiały z pamięcią kształtu istnieją dwa zasadnicze problemy: prędkość ruchu robota oraz sposób sterowania sprężynami SMA. Istniejące obecnie konstrukcje osiągają prędkości do ok. 2mm/s co oznacza, iż pokonanie całej długości jelita grubego (ok. 160 cm) trwa co najmniej 800 sekund, czyli ponad 13 minut. Doliczając do tego czas obserwacji poszczególnych obszarów przez lekarza, czas potrzebny na pobranie wycinków, czy też wykonanie drobnych zabiegów nie osiąga się lepszych wyników, niż przy kolonoskopii tradycyjnej.

Drugi wspomniany problem wynika bezpośrednio z konieczności zmiany temperatury materiału z pamięcią kształtu w celu zmiany jego geometrii. Nie ma jednocześnie możliwości odizolowania w pełni układu od temperatury organizmu, jak również organizmu od zmian temperatury układu.

2.2.2 Roboty wykorzystujące silniki prądu stałego

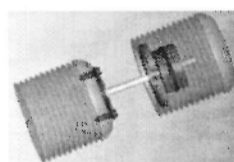
Kolejną grupą robotów są urządzenia wykorzystujące silniki prądu stałego. Analizowana konstrukcja [6] posiada średnicę 12mm. Ze względu na bezprzewodowy sposób zasilania robota, nie osiąga on prędkości wyższych, niż w przypadku robotów opartych o SMA. Innowacją jest natomiast możliwość dopasowania się robota w pewnym zakresie do zagięć jelita, poprzez połączenie kolejnych modułów przegubem Cardana (Rys.3).



Rys. 3. Konstrukcja oparta o silnik DC [6]

2.2.3 Roboty wykorzystujące akтуatory piezoelektryczne

W literaturze można również spotkać konstrukcje oparte o akтуatory piezoelektryczne [7]. Analizowany robot posiada średnicę 14mm oraz umożliwia poruszanie się w jelicie z prędkością 3,34mm/s. Konstrukcja nie posiada możliwości zgięcia jednego modułu względem drugiego – możliwe są natomiast niewielkie, niekontrolowalne zgięcia w zakresie modułu (Rys.4).



Rys. 4 Moduły połączone akтуatorem piezoelektrycznym [7]

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione roboty [3-7] posiadają średnicę w przedziale (10÷22)mm co oznacza, że ich obecność w jelicie grubym zamyka jego światło jedynie w pewnym zakresie. Przeprowadzone testy pokazują poprawny sposób przemieszczania się robota w przygotowanych preparatach jelit, ułożonych w pozycji poziomej. Nie mniej nie wykazano, jak zachowywać się będzie konstrukcja w przypadku odchylenia jelita w kierunku pionowym. Wprawdzie część konstrukcji została wyposażona w zewnętrzną powierzchnię porowatą lub też pofałdowaną, nie mniej nie wykonano testów, które potwierdziłyby możliwość poruszania się robota w odchyleniu od poziomu.

Konstrukcje nie posiadają również możliwości kontrolowanego zgięcia jednego modułu względem drugiego, przez co nie wyeliminowano nacisku na ściany jelita w przypadku zagięć śledzionowego i wątrobowego. Oznacza to, że zastosowanie przedstawionych konstrukcji może powodować podobne odczucia pacjenta podczas forsowania zagięć jelita, jak w przypadku kolonoskopu tradycyjnego.

LITERATURA

- [1] Krakowczyk Ł., Strzelczyk J.K.: Epigenetyczna modyfikacja ekspresji genów w rozwoju raka jelita grubego. *Współczesna Onkologia* 2007, 11(6): 289-294
- [2] Gonciarz M., Petelenz M., Mularczyk A., Mazur W., Kawecki P., Rudner R., Jałowiecki P.: Kolonoskopia bez znieczulenia - doświadczenia własne. *Chirurgia Polska* 2003, 5(1): 1-8
- [3] Yan G., Wang K., Shi J.: Research on microrobot for colonoscopy. *Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, China 2005*
- [4] Carroza M.C., Arena A., Accoto D., Mencciassi A., Dario P.: A SMA-actuated miniature pressure regulator for a miniature robot for colonoscopy. *Journal of Sensors and Actuators* 2003, 105: 119 – 31
- [5] Dario P., Carroza M.C., Lencioni L., Magnani B., D'Attanasio S.: A micro robotic system for colonoscopy. *IEEE Internat. Conf. on Robotics and Automation 1997, vol.1, 1567-1572*
- [6] Wang K., Yan G., Ma G., Ye D.: An earthworm - like robotic endoscope system for human intestine: design, analysis and experiment. *Annals of Biomedical Engineering* 2009, 37(1): 210-221
- [7] Kim B., Park S., Jee C.Y., Yoon S.J.: An earthworm – like locomotive mechanism for capsule endoscopes.

ALTERNATIVE METHODS OF COLONOSCOPY

Summary. This paper presents unconventional methods of colonoscopy. Especially focused on the earthworm robots like a replacement for traditional colonoscope.