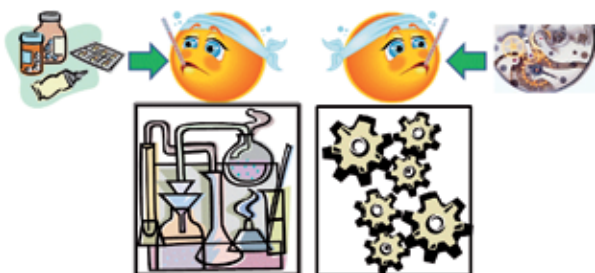




NADEJŚCIE CYBORGA

Ryszard Tadeusiewicz (Kraków)

Jednym z przejawów postępu medycyny jest coraz większe nasycenie procedur medycznych różnymi zabiegami, które odbywają się przy wykorzystaniu wytworów nowoczesnej techniki, a zwłaszcza urządzeń powstających w ramach tak zwanej inżynierii biomedycznej. Wynika to, między innymi, z postępu techniki jako takiej (trudno było myśleć o tomografii komputerowej, gdy jedynymi maszynami matematycznymi były liczydła), ale także ze zmiany sposobu widzenia organizmu człowieka i toczących się w nim procesów. Pomińmy w tych rozważaniach odległe w czasie okresy rozwoju medycyny, gdy zagadnienia zdrowia i choroby uważano za następstwo procesów magicznych („rzucanie uroków”), więc leczenie także odwoływało się do czynności magicznych (okadzanie pacjenta, bicie w bębny, tańce współplemieńców, itp.). Pomińmy także przez chwilę chirurgię, która zawsze polegała i polega na stosowaniu praktyk naprawczych według prostej (w sensie koncepcji, ale oczywiście nie w sensie realizacji) zasady: „uszkodzone – wyrzucić”. Jeśli przy tych założeniach spojrzymy na rozwój medycyny nowożytnej, to obserwujemy ogromną dominację biochemii. Jest to naturalną konsekwencją faktu, że naukowe poznanie procesów biologicznych na przełomie XIX i XX wieku odbywało się głównie właśnie za sprawą odkryć w obszarze chemii. Ponieważ biolodzy potrafili opisać, co się dzieje w organizmie człowieka od strony toczących się tam procesów biochemicznych, a opis ten był medycznie użyteczny – optyka lekarzy zaczęła wyglądać tak, jak to przedstawiono na rycinie 1 po jej lewej stronie: Pacjent był postrzegany jako swoisty reaktor chemiczny, w którym toczą się określone procesy biochemiczne, prowadzące do przyswajania jednych substancji, wydalania innych, syntezy pewnych związków oraz przemiany jednych w drugie itd.



Ryc. 1. Organizm pacjenta widziany jako reaktor chemiczny lub jako zbiór złożonych mechanizmów. Opis w tekście. (Opracowanie własne, w którym wykorzystano clipart z pakietu MS Office)

Naturalną konsekwencją takiego rozumienia natury procesów życiowych było (i jest) oparcie procesów diagnostyki i terapii także na bazie chemii. Aby uzyskać podstawę do rozpoznania choroby lekarz wymaga dziś w pierwszej kolejności wykonania szeregu analiz chemicznych (na przykład składu osocza krwi, moczu, czasem także innych płynów ustrojowych i tkanek) i wiedzę o wykrytych tam substancjach i ich stężeniach wykorzystuje przy podejmowaniu decyzji. Podobnie jest z leczeniem. W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że cała współczesna farmakologia opiera się na modelu reaktora chemicznego, do którego czasem trzeba coś „dorzucić” żeby procesy, jakie w nim się toczą przebiegały sprawniej i wydajniej.



Ryc. 2. Przykład badania mechanizmów funkcjonujących w obrębie ciała człowieka – elektroencefalografia (rycina ze strony <http://people.brandeis.edu/~sekuler/imgs/rwsEEG.jpg>)

Taki model biochemiczno-farmakologicznej medycyny trwa do dziś, ale jest już powoli wypierany przez inne modele, które teraz omówimy.

Postęp biofizyki, a także szeroko rozumianej inżynierii biomedycznej sprawił, że obok tego wyżej opisanego tradycyjnego modelu silnie opartego na chemii pojawia się coraz częściej dodatkowy (nie konkurencyjny, ale właśnie dodatkowy) model wnętrza ciała człowieka jako skomplikowanego i bardzo precyzyjnego mechanizmu (patrz ryc. 1 po prawej stronie). To widzenie człowieka jako swoistej maszyny skutkuje tym, że w procesie pozyskiwania informacji diagnostycznych coraz częściej korzystamy z urządzeń, które pozwalają śledzić i analizować określone aspekty działania tej wewnętrznej „maszyny”. Na przykład cewnikowanie umożliwia pomiar ciśnień i przepływów różnych płynów w różnych narządach, fonokardiografia pomaga badać tony i szmery pracującego serca, spirometria bada przepływ gazów w systemie oddychania, elektroencefalografia pozwala śledzić elektryczną aktywność mózgu, gastroscopia umożliwia obejrzenie wnętrza żołądka itd. – patrz ryc. 2.

Również do leczenia wykorzystuje się coraz częściej oddziaływania fizyczne, a nie tylko chemiczne (na przykład leczenie polami elektromagnetycznymi – ryc. 3), a także różne urządzenia techniczne – na przykład roboty chirurgiczne – ryc. 4).



Ryc. 3. Leczenie za pomocą oddziaływania pól elektromagnetycznych na organizm człowieka (rycina ze strony <http://www.bryza.afp.pl/foto/rehabilitacja/fizykoterapia-magnetronik.jpg>)



Ryc. 4. Roboty są coraz częściej wykorzystywane w chirurgii (rycina ze strony http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2008_Groups/group12/Robotic%20surgery_clip_image001_0000.jpg)

Zdarza się jednak, że choroba jest tak poważna i trudna, że ani leczenie farmakologiczne ani maszyny wspomagające terapię nie są w stanie pacjentowi pomóc. Po prostu pewne narządy zostają tak zniszczone przez chorobę, że nic nie jest w stanie ich uratować. Co więcej, do takiego bezpowrotnego zniszczenia może dochodzić także w wyniku różnego typu wypadków (na przykład drogowych), w następstwie zbrodni (okaleczenie zakładnika przez porywaczy), a także w wyniku procesów związanych z naturalnym, ale wadliwym rozwojem (na przykład dzieci rodzące się z wrodzoną wadą serca). Co wtedy?

Patrząc na ciało człowieka, jako na skomplikowaną maszynę, możemy łatwo odpowiedzieć na to pytanie: niedorozwinięty, uszkodzony lub zniszczony narząd trzeba po prostu wymienić.

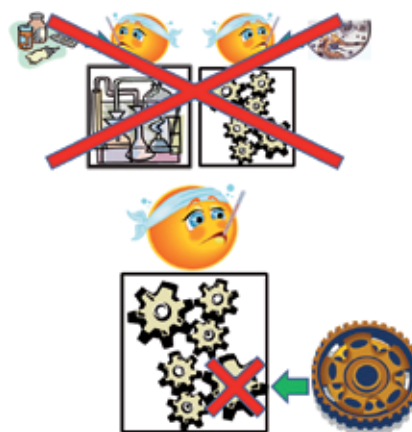
No dobrze – wymienić, ale na co?

Do niedawna jedyną możliwością była transplantacja, czyli pobranie narządu od innego człowieka.

Nie zawsze jednak łatwo jest znaleźć dawcę, zwłaszcza w odniesieniu do tych narządów, które w ciele człowieka występują jako pojedyncze – na przykład serce. Tutaj warunkiem życia człowieka, który jest biorcą narządu, jest śmierć człowieka, który jest jego dawcą. Rodzi to szereg problemów natury

prawnej i moralnej. Nie dość na tym – istnieje bariera immunologiczna, która powoduje, że nie każda operacja przeszczepienia narządu może się udać. Nie jest to tematem tego artykułu, więc problem ten tylko wzmiankujemy, ale nie rozwijamy go, chociaż przy okazji warto zasugerować Czytelnikom celowość poszukiwania i studiowania informacji także i na ten temat, który jest jednym z bardziej frapujących problemów współczesnej biologii i medycyny.

Na szczęście obok rozwiązań bazujących na transplantacji organów od innych ludzi istnieje dziś alternatywa techniczna. Wynika ona z osiągnięć wzmiankowanej wyżej inżynierii biomedycznej, które nie tylko oznaczają rozwój aparatów wspomagających diagnostykę oraz klasyczną terapię, ale również zmierzają do budowy technicznych „części zamiennych” dla człowieka. Dziedzina inżynierii biomedycznej zwana techniką sztucznych narządów rozwija się dziś niezwykle szybko. Dzięki niej problem, co zrobić z uszkodzonym lub utraconym naturalnym narządem jest łatwy do rozwiązania: Po prostu należy zastosować odpowiednią maszynę! (ryc. 5).



Ryc. 5. Sztuczne narządy mogą coraz skuteczniej zastępować narządy naturalne. (Opracowanie własne w którym wykorzystano clipart z pakietu MS Office)

Jako pierwsze sztuczne narządy pojawiły się protezy utraconych kończyn i chociaż postęp w tej dziedzinie jest także ogromny (ryc. 6) – sama zasada ich budowy nie uległa zmianie od stuleci.

Dla naprawy kończyny nie koniecznie trzeba zresztą wymieniać ją w całości – bardzo popularne są tak zwane endoprotezy, to znaczy wszczepiane do ciała człowieka sztuczne elementy zastępujące wybrane elementy szkieletu (ryc. 7) albo na przykład ścięgna.

Majstrując wewnątrz ciała człowieka możemy wymieniać poszczególne narządy na urządzenia techniczne. Zmierzamy do stworzenia sztucznej wątroby (ryc. 8), wciąż niedoścignym marzeniem jest sztuczne serce (ryc. 9), coraz śmielej poczynamy sobie z protezowaniem fragmentów systemu nerwowego.

Zwłaszcza ten ostatni wątek wart jest obszerniejszego komentarza – chociażby z tego powodu, że ten artykuł ukazuje się w kontekście „Tygodnia mózgu”. Otóż zastępowanie fragmentów systemu nerwowego przez sztuczne urządzenia protetyczne rozpoczęło się już jakiś czas temu od protezowania narządów zmysłów. Przykładem udanego i szeroko stosowanego urządzenia tego typu może być implant ślimakowy (ryc. 10), który wszczepiany jest do ucha wewnętrznego osób z całkowitą wrodzoną lub nabytą głuchotą – i przywraca im słuch w takim stopniu, że mogą się swobodnie porozumiewać z innymi ludźmi, słysząc dźwięki otoczenia, a nawet muzykę.



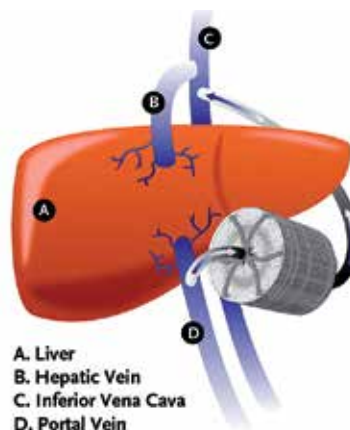
Ryc. 6. Proteza ręki – dawniej i dziś (wykorzystano obrazy ze stron http://www.myhandicap.com/uploads/pics/i-LIMB_01.jpg oraz <http://stores.chrisboonearts.com/catalog/Pirate%20Hook.jpg>)



Ryc. 7. Endoproteza stawu biodrowego – element z metalu i ceramiki zastępujący fragment naturalnego szkieletu (rycina ze strony <http://www.pzwl.pl/cms/portal2/gfx/upload/181.jpg>)

Wielki wysiłek wkładany jest na całym świecie w prace, których celem jest łączenie za pomocą urządzeń elektronicznych fragmentów systemu, które utraciły ze sobą kontakt. Problem ten ma autentycznie dramatyczny wymiar, ponieważ jest ogromna liczba ludzi (szacuje się, że w samych Stanach Zjednoczonych dotyczy to 2,8 miliona potencjalnych pacjentów), którzy są przykuci do wózka inwalidzkiego przez zranienia lub choroby, które doprowadziły do przerwania rdzenia kręgowego. U tych ludzi pojawia się problem określany jako tetraplegia albo paraplegia, co w przekładzie na język potoczny oznacza po prostu paraliż, objawiający się bezwładem jednej albo obu nóg. Problem jest o tyle dramatyczny, że w od-

różnieniu od paraliżu wywołanego innymi przyczynami (na przykład udarem mózgu) mamy tu w pełni sprawne ośrodki sterowania ruchem w samym mózgu jako takim, ale sterowanie jest nieskuteczne, bo sygnały od mózgu do odpowiedniego segmentu rdzenia po prostu nie dochodzą.



Ryc. 8. Schemat sztucznej wątroby (rycina ze strony http://www.hivan-dhepatitis.com/0_images2009/liver_artificial.gif)



Ryc. 9. Jedna z konstrukcji wciąż niedoskonałego sztucznego serca (rycina ze strony http://dsc.discovery.com/news/2006/09/06/gallery/artificial-heart_zoom.jpg)



Ryc. 10. Najbardziej znane urządzenie techniczne współpracujące wprost z nerwami – implant ślimakowy (rycina ze strony http://www.slyszymy.pl/data_images/11/uszy.jpg)

Ponieważ po drugiej stronie wzmiankowanej przerwy w rdzeniu kręgowym są także sprawne układy motoneuronów zlokalizowanych w rdzeniu kręgowym, które bezpośrednio sterują mięśniami, więc gdyby udało się te elementy połączyć, to pacjent byłby

uzdrowiony. Potrzebny jest tylko układ pośredniczący, którego przykładowe rozwiązanie pokazano na ryc. 11.



Ryc. 11. Urządzenie do przesyłania sygnałów od żywych neuronów do układów scalonych i odwrotnie jest kluczem do systemów, z pomocą których elektronika mogłaby zastępować fragmenty mózgu (rycina ze strony <http://www.abc.net.au/science/news/img/techno/neuronchip290306.jpg>)

Postęp techniki w zakresie tworzenia sztucznych narządów jest niezwykle szybki, podobnie jak postęp medycyny w zakresie ich coraz skuteczniejszego stosowania. Niezbyt odległa jest więc sytuacja, w której sztuczne narządy, jako części zamienne dla człowieka, będą równie popularne jak elementy wykorzystywane dziś przy naprawie samochodów. W tej sytuacji lekarz zamiast leczyć chory narząd będzie mógł zalecić jego wymianę – i będzie to w wielu przypadkach rozwiązanie najkorzystniejsze dla pacjenta. Ale na marginesie tych niewątpliwych sukcesów nauki i techniki pojawia się wizja, która do tej pory była obecna wyłącznie na kartach powieści fantastycznych. Chodzi o problem tak zwanego cyborga, tworu po części biologicznego, ale po części sztucznego, cybernetycznego (stąd nazwa). W literaturze fantastycznej mówi się głównie o cyborgach budowanych celowo jako hybryda maszyny i człowieka – najczęściej z przeznaczeniem do walki

(Terminator, RoboCop), albo do eksploracji Kosmosu. Tymczasem postępująca wymiana narządów może spowodować, że całkiem zwykły człowiek, trochę pechowy (wypadki) albo chorowity – może stać się w niezauważalny dla siebie sposób cyborgiem, bo coraz więcej części jego ciała będzie w istocie wytworami techniki. Pojawia się w tym kontekście także wątek pewnego niepokoju, czy ten proces powolnej transformacji człowieka w maszynę nie posunie się za daleko – i ile musi być człowieka w człowieku, żeby to jeszcze nadal był człowiek?

Takich i podobnych pytań można stawiać wiele, a postęp techniki będzie powodował, że będą one coraz bardziej aktualne i będą dotyczyły nie jakichś tam bohaterów filmowych, tylko naszych najbliższych lub nas samych. Postępu jednak zatrzymać się nie da, a jego hamowanie w dziedzinie omawianych tu sztucznych narządów będzie prowadzić do tego, że ludzi, których te techniczne części zamienne dla ludzkiego ciała mogłyby uratować, po prostu skazemy na śmierć (ryc. 12).



Ryc. 12. Przeciwnikom sztucznych narządów, którzy straszą nas wizją cyborga, warto przypomnieć jaka jest alternatywa... (Wykorzystano clipart z pakietu MS Office oraz rycina ze strony <http://media.photobucket.com/image/cyborg/silverbeam/A%20CSM%20Blog/cyborg.jpg>)

Prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz jest kierownikiem Katedry Automatyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Laboratorium Biocybernetyki w tej Katedrze. Jest członkiem Polskiej Akademii Nauk (prezes Krakowskiego Oddziału PAN) oraz Polskiej Akademii Umiejętności (przewodniczący Komisji Nauk Technicznych). E-mail: rtad@agh.edu.pl

MÓZG NA DOPALACZACH

Jolanta B. Zawilska, Jakub Wojcieszak, Paulina Kuna (Łódź)



W 2008 roku otworzono pierwszy w Polsce sklep z tzw. dopalaczami. Towarzyszyło temu duże zainteresowanie nie tylko potencjalnych klientów i osób szukających nowych wrażeń, ale również mediów. Obecnie sklepy tego typu można spotkać w różnych miastach. Są reklamowane na wiele sposobów, tak, aby oferowany w nich asortyment mógł dotrzeć do jak najszerszej grupy odbiorców. Burza wywołana pojawieniem się dopalaczy spowodowała, że szybko zostały objęte regulacjami prawnymi.

Uchwalona 20 marca 2009 r. nowelizacja ustawy o przeciwdziałaniu narkomanii zaliczyła wiele z substancji zwanych dopalaczami, dotychczas dostępnych w wolnej sprzedaży, do środków odurzających grupy I-N i uznała ich posiadanie za nielegalne. Nie ulega wątpliwości, że dopalacze cieszą się, poniekąd zasłużoną, złą sławą. Większość z nas o dopalaczach słyszała bądź czytała. A jednak, czy potrafimy wymienić te najczęściej stosowane, powiedzieć jak działają i dlaczego mogą być niebezpieczne?