

Medycyna powszechnie kojarzy się przede wszystkim z biologią oraz z chemią – naukami, które pozwalają na dokładne poznanie mechanizmów funkcjonowania organizmu człowieka. Wiedza ta odgrywa kluczową rolę w leczeniu ludzi. Wiele współczesnych metod diagnostycznych oraz niektóre metody terapii byłyby jednak niedostępne, gdyby nie odkrycia w dziedzinie fizyki. Przyjrzyjmy się niektórym metodom diagnostycznym, a także urządzeniom medycznym, których działanie opiera się na odkryciach w dziedzinie fizyki.

■ Ultrasonografia

Ultrasonografia to metoda uzyskiwania obrazów wnętrza ciała pacjenta za pomocą fal ultradźwiękowych. W metodzie tej wykorzystuje się zjawisko rozpraszania i odbicia fali. W różnych tkankach fala jest różnie rozpraszana, a na granicy ośrodków ulega odbiciu. Odpowiedni czujnik rejestruje odbitą falę i zamienia ją na sygnał elektryczny, na podstawie którego komputer tworzy obraz wnętrza ciała. Badanie ultrasonograficzne

(USG) pozwala wykryć m.in. niejednorodności w strukturze tkanek, takie jak kamienie w nerkach lub guzy nowotworowe. Umożliwia również obserwację pracy serca nienarodzonego dziecka oraz wykrycie wad rozwojowych jeszcze na etapie życia płodowego. Szybka diagnoza i leczenie podjęte zaraz po urodzeniu niejednokrotnie ratują życie noworodka.

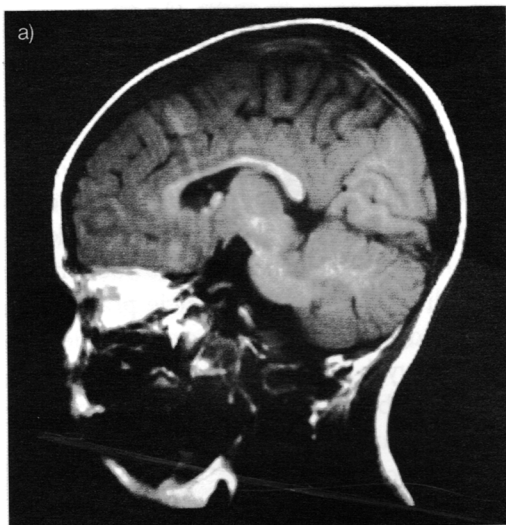
■ Magnetyczny rezonans jądrowy

Jednym ze sposobów na uwidocznienie struktur anatomicznych ciała człowieka oraz ewentualnych patologii jest wykonanie **magnetycznego rezonansu jądrowego**. Metoda ta polega na pobudzaniu jąder atomów wodoru (protonów) w cząsteczkach wody do drgań rezonansowych.

Silne zewnętrzne pole magnetyczne powoduje ułożenie się atomów w przestrzeni w określony, uporządkowany sposób – podobnie zachowuje się igła magnetyczna w pobliżu magnesu. Następnie dostarczana jest energia w postaci impulsów fali



Fig. 1.11. Badanie USG jest nieszkodliwe dla przyszłej matki i jej dziecka.



Ryc. 1.12. Obrazy wnętrza ciała uzyskane za pomocą magnetycznego rezonansu jądrowego – mózgu (a) i stawu kolanowego (b).

elektromagnetycznej o określonej częstotliwości, która powoduje zmianę ustawienia protonów. Po pewnym czasie powracają one do ułożenia początkowego. Podobnie zachowywałaby się igła magnetyczna, gdybyśmy do niej z boku zbliżali i oddalali drugi magnes. Podczas powrotu do położenia początkowego protony oddają energię – wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne, które jest rejestrowane – jest to tzw. **sygnał rezonansowy**. Siła sygnału rezonansowego zależy od ilości wody (gęstości jąder atomów wodoru), która jest różna w różnych tkankach. Dobierając odpowiednio zewnętrzne pole magnetyczne, można sprawić, że na różnych głębokościach w ciele pacjenta odpowiedź rezonansowa będzie zachodzić dla fal pobudzających o innych częstotliwościach.

Analiza siły sygnału rezonansowego przy różnych częstotliwościach umożliwiła uzyskanie mapy struktur (tkanek) w kolejnych warstwach w ciele pacjenta. Odpowiednia obróbka komputerowa sygnałów rezonansowych umożliwia również rekonstrukcję obrazu trójwymiarowego.

Metoda rezonansu magnetycznego jest szczególnie wskazana do obrazowania tkanek miękkich, np. chrząstek, więzadeł w stawach.

Znalazła ona szerokie zastosowanie w badaniach kręgosłupa, naczyń krwionośnych, układu mięśniowego i szkieletowego oraz serca i mózgu.

Dużą zaletą badania tą techniką jest to, że pacjent nie jest narażony na promieniowanie jonizujące. Jedynym ograniczeniem zastosowania tej metody jest silne pole magnetyczne – z tego względu badanie nie może być wykonywane u osób z rozrusznikami serca, z wszczepionymi stymulatorami, metalicznymi implantami ortopedycznymi oraz niektórymi typami zastawek serca.

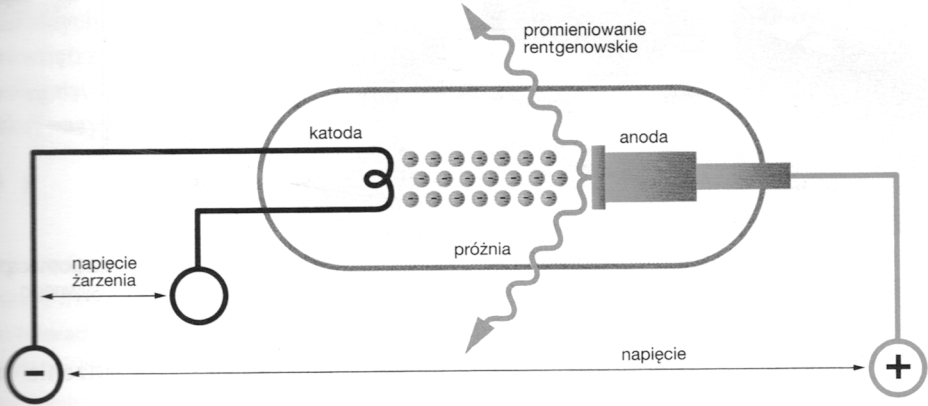
■ Promieniowanie rentgenowskie

Pod koniec XIX w. Wilhelm Roentgen odkrył nowy rodzaj promieniowania. Nazwał je **promieniowaniem X**. Roentgen obserwował, że promieniowanie to z łatwością przenika przez tkanki miękkie, a w mniejszym stopniu przez kości. Dzięki temu, że jest ono pochłaniane przez różne rodzaje tkanek w różnym stopniu, umożliwia uzyskanie obrazu, na którym widać strukturę ciała człowieka. Zjawisko to szybko zaczęto wykorzystywać w celach medycznych.

Promieniowanie rentgenowskie powstaje w tzw. **lampach rentgenowskich**. Również dzisiaj stosuje się to promieniowanie – nie

Schemat lampy rentgenowskiej

W lampie, wewnątrz bańki, w której panuje próżnia, jest umieszczona katoda, która pod wpływem przyłożonego napięcia nagrzewa się i emituje elektrony. Uderzają one w płytkę anody i są w niej wyhamowywane. Podczas hamowania elektrony tracą energię, która jest wysyłana w postaci promieniowania rentgenowskiego.



tylko w aparatach rentgenowskich, za pomocą których otrzymujemy pojedyncze zdjęcia, np. złamanej kości.

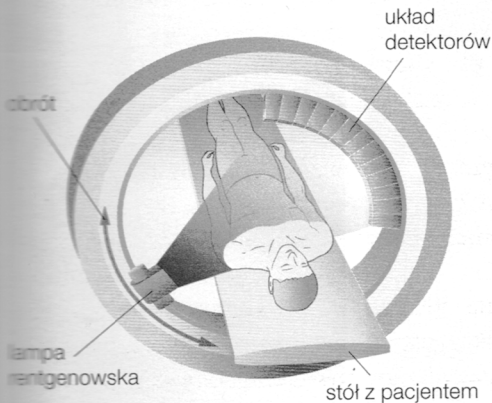
Lampy rentgenowskie są wykorzystywane także w **tomografach komputerowych**, w których lampa porusza się dookoła pacjenta. Promieniowanie przenika przez jego ciało i jest rejestrowane za pomocą umieszczonych po przeciwnej stronie detektorów.

Dzięki temu można, korzystając z komputera, odtworzyć trójwymiarowy obraz

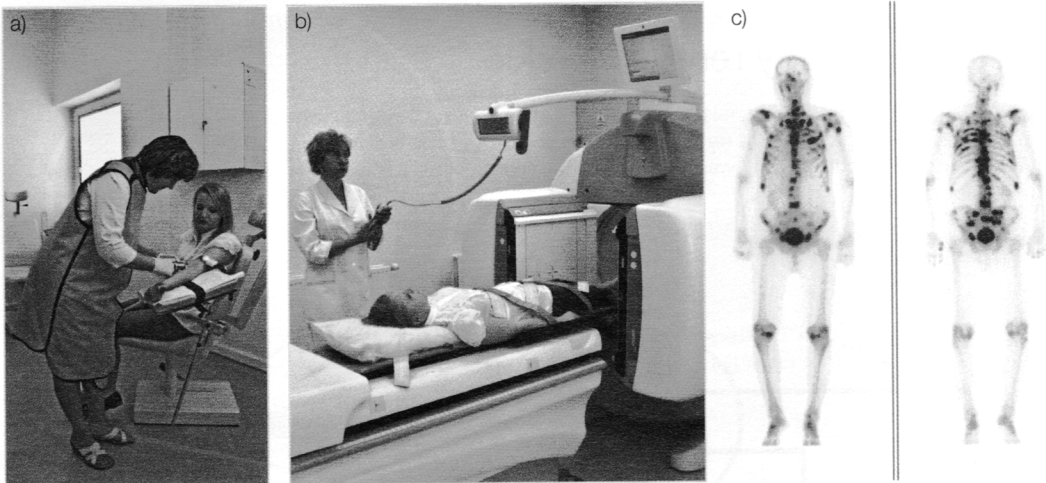
struktur wewnątrz ciała pacjenta, a także uzyskać obrazy przekrojów (kolejnych warstw) danego obszaru ciała. Tomografia komputerowa jest szczególnie wskazana w badaniach tkanek twardych, np. zwyrodnień układu ruchu, złożeń i zwapnień.

■ Promieniowanie jądrowe

W diagnostyce oraz w leczeniu wykorzystuje się również izotopy promieniotwórcze. Stosuje się je np. w badaniach serca, nerek, wątroby, śledziony, mózgu czy tarczycy, a także do wyszukiwania zmian nowotworowych. Badanie polega na podaniu pacjentowi odpowiedniego związku chemicznego zawierającego izotop promieniotwórczy, tzw. **radiofarmaceutyk**. Rodzaj związku chemicznego oraz promieniotwórczy izotop danego pierwiastka dobiera się w zależności od celu badania, np. do badania tarczycy wykorzystuje się radioaktywny jod ^{131}I , do badania kości zaś związki fosforanowe, znakowane radioaktywnym izotopem technetu $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Radiofarmaceutyk szczególnie intensywnie jest



Ryc. 1.13. Schemat działania tomografu komputerowego.



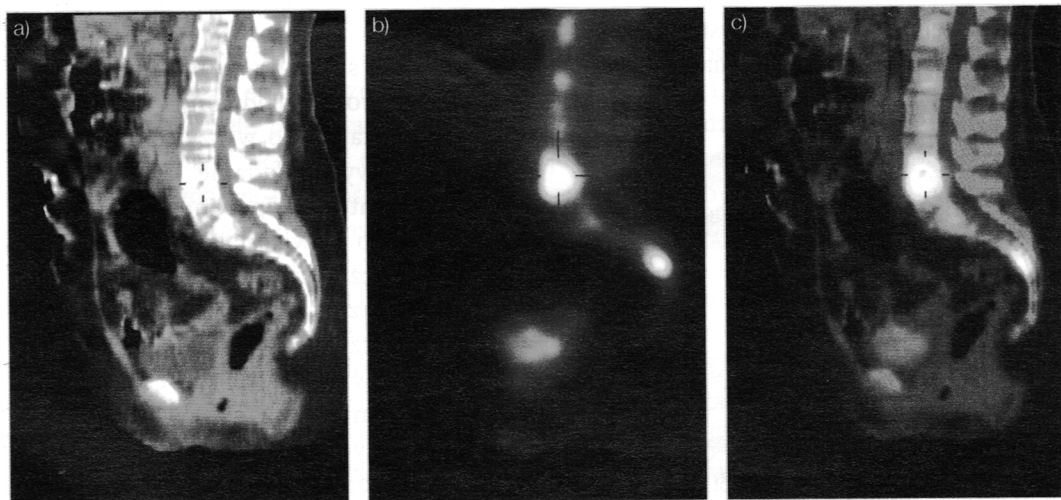
Ryc. 1.14. Pacjenci podawany jest radiofarmaceutyk (a), którego promieniowanie rejestruje się za pomocą gamma kamery (b). Efektem badania jest obraz scyntygraficzny (c), na którym widać ogniska intensywnej gromadzenia radiofarmaceutyku.

wchłaniany przez komórki nowotworowe. Dzieje się tak dlatego, że komórki rakowe wykazują szybszy metabolizm niż komórki zdrowe. Po wchłonięciu izotopu z miejsc, w których się on zgromadził, wysyłane jest promieniowanie rejestrowane za pomocą tzw. gamma kamery. Na podstawie rozkładu promieniowania komputer tworzy obraz nazywany **scyntygramem**, na którym guzy nowotworowe są uwidaczniane w postaci tzw. **ognisk gorących**, czyli

miejsc intensywnej gromadzenia radiofarmaceutyku.

Obecnie w diagnostyce często stosuje się urządzenia hybrydowe umożliwiające połączenie diagnostyki izotopowej i tomografii komputerowej (ryc. 1.15.).

Izotopy promieniotwórcze można wykorzystać również w leczeniu niektórych chorób nowotworowych. Jeden ze sposobów to podanie pacjentowi farmaceutyku, zawierającego dużą dawkę izotopu



Ryc. 1.15. Obraz z tomografu komputerowego (a) został nałożony na obraz scyntygraficzny (b). Połączenie obu obrazów, tzw. fuzja, wyraźniej pokazuje umiejscowienie ognisk chorobowych.

promieniotwórczego. Związek ten jest wchłaniany przez komórki nowotworowe, które obumierają pod wpływem silnego promieniowania.

Inną metodą leczenia za pomocą izotopów promieniotwórczych jest umieszczenie radioaktywnego źródła wewnątrz organizmu w naturalnych jamach ciała, np. w przelyku, lub wewnątrz tkanek. Taka metoda leczenia, polegająca na napromienieniu komórek „z bliska”, nazywa się **brachyterapią**.

Czy wiesz, że...

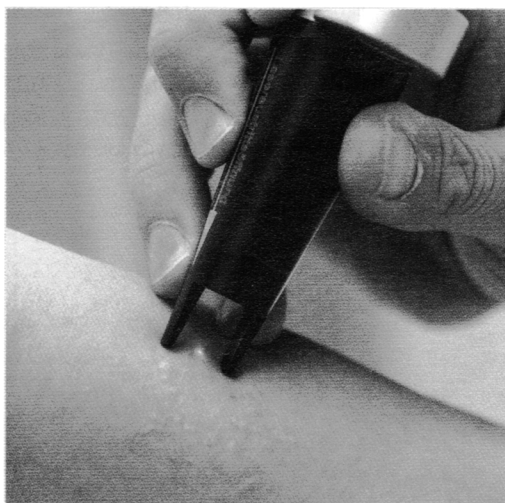
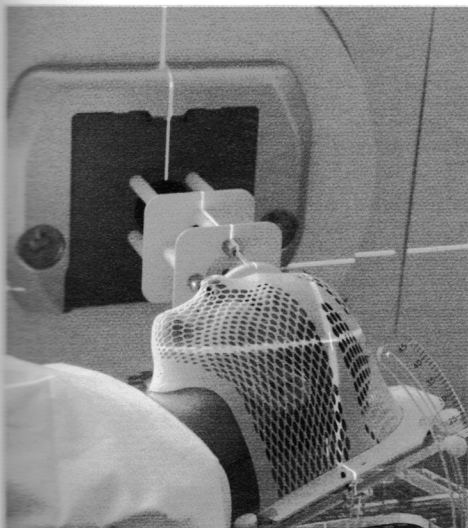
Jedną z metod leczenia nowotworów jest **teleradioterapia**. Polega ona na napromienieniu z zewnątrz guzów nowotworowych za pomocą skoncentrowanych wiązek promieniowania elektromagnetycznego lub wiązek elektronowych. W tej metodzie wykorzystuje się promieniowanie jonizujące, ale jego źródłem zwykle nie są izotopy promieniotwórcze. Promieniowanie to wytwarza się za pomocą lamp rentgenowskich lub specjalnych urządzeń, tzw. akceleratorów, choć można do tego celu wykorzystać również tzw. bomby kobaltowe, zawierające radioaktywny kobalt ^{60}Co .

■ Lasery w medycynie

Lasery znajdują dziś bardzo szerokie zastosowanie. Są obecne w naszych domach w każdym czytniku CD, stosuje się je w przemyśle, telekomunikacji oraz wykorzystuje w wojsku. Również w medycynie znalazły szereg zastosowań. Umożliwiają np. przeprowadzanie bezkrwawych zabiegów chirurgicznych. Wykorzystuje się je także w dermatologii, m.in. do leczenia schorzeń skóry, wspomagania gojenia się ran, usuwania blizn, oraz w ortopedii – do stymulacji komórek przy leczeniu zmian zwyrodnieniowych. W okulistyce są wykorzystywane do korekcji daleko- i krótkowzroczności, astygmatyzmu, zaćmy i jaskry. Jedną z metod leczenia nowotworów polega na nasyceniu komórek rakowych związkiem pochłaniającym światło i naświetleniu ich światłem laserowym.

Powodem tak szerokiego zastosowania laserów jest m.in. to, że można bardzo dokładnie określać energię i natężenie stosowanego światła, a wiązkę laserową da się precyzyjnie skierować w wybrane miejsce.

Medycyna staje się nauką coraz bardziej interdyscyplinarną – łączącą osiągnięcia z różnych dziedzin. Rozruszniki serca i aparaty słuchowe, umożliwiające funkcjonowanie wielu ludziom, nie są dziś niczym niezwykłym.



Ryc. 1.16. Zastosowanie lasera w rehabilitacji.

Prowadzone są intensywne badania nad protezą oka, sztucznymi organami czy egzozszkieletem, który umożliwiłby poruszanie się osobom kalekim. Jak widać, oprócz biologii i chemii,

także inne dziedziny nauki, takie jak fizyka, matematyka, elektronika czy informatyka, znajdują coraz szersze zastosowanie w diagnostyce i leczeniu ludzi.

Podsumowanie

- W wielu metodach diagnostycznych są wykorzystywane różne zjawiska fizyczne.
- Ultrasonografia polega na badaniu wnętrza ciała za pomocą fal ultradźwiękowych.
- Magnetyczny rezonans jądrowy umożliwia obrazowanie struktur ludzkiego ciała dzięki wprawianiu jąder atomowych w drgania rezonansowe.
- Promieniowaniem rentgenowskim prześwietla się ciało pacjenta. Dzięki temu, że w różnym stopniu przenika ono przez różne rodzaje tkanek, można uzyskać obraz wewnętrznej struktury ciała człowieka.
- Promieniowanie rentgenowskie uzyskuje się za pomocą lamp rentgenowskich. Wykorzystuje się je w aparatach rentgenowskich i tomografach komputerowych.
- Izotopy promieniotwórcze wykorzystuje się m.in. do diagnostyki i leczenia chorób nowotworowych.
- Możliwość dokładnego ustalania energii oraz natężenia światła, a także precyzyjnego kierowania wiązki laserowej, przyczyniła się do wykorzystania laserów w wielu działach medycyny.

Pytania i zadania

1. Dowiedz się i wyjaśnij, w jaki sposób bezoperacyjnie można usuwać kamienie nerkowe.
2. Wyjaśnij, dlaczego leczenie za pomocą izotopów promieniotwórczych jest szkodliwe dla zdrowych tkanek.
3. Pacjent po podaniu terapeutycznej dawki izotopu promieniotwórczego musi być przez kilka dni odizolowany od innych osób. Wyjaśnij, dlaczego.
4. Metodą projektu przygotuj prezentację jednego z najnowszych osiągnięć w dziedzinie medycyny lub wyników badań nad sztucznymi organami.