

# Zwierzęta doświadczalne i laboratoryjne z pomocą człowiekowi

**Magdalena Mleczo**

**University of California Berkeley, Kalifornia USA, Office of Laboratory Animal Care**

Od wieków zwierzęta towarzyszyły człowiekowi w różnych sytuacjach i były przez niego wykorzystywane do różnych celów, między innymi naukowych. Już obserwacje Arystotelesa dały podwaliny anatomii porównawczej zwierząt i embriologii. W drugim wieku Galen ustalił zasady badań eksperymentalnych, wierząc że tylko tezy oparte na eksperymentach mogą prowadzić do postępu naukowego. W XIX wieku, szczególnie w drugiej połowie, dokonano wielu ważnych odkryć, głównie w zakresie medycyny, takich jak szczepionki zapobiegające infekcji lub stosowanie eteru jako środka znieczulającego. Inne znaczące osiągnięcia w tej dziedzinie to zastosowanie aseptyki oraz poznanie przyczyn rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych. Na początku XX wieku badania naukowe zaczęły wkraczać w nową erę techniki. Postęp w takich dziedzinach jak chemia, radiologia, farmakologia, genetyka i immunologia dały możliwość rozwoju badań naukowych w nowych kierunkach, w tym nad poprawą zdrowia ludzi i zwierząt. Badania z użyciem zwierząt laboratoryjnych zaczęły być szeroko stosowane. W roku 1915 dr Simon D. Brimhall z Mayo Clinic w Rochester (Minnesota), stał się pierwszym lekarzem weterynarii specjalizującym się w zwierzętach laboratoryjnych. Brimhall nie tylko zarządzał dużą zwierzętarnią, ale również rozwinął hodowlę zwierząt laboratoryjnych i prowadził badania nad ich chorobami [3].

Z czasem pojawiła się konieczność większego usystematyzowania wiedzy i osiągnięć w zakresie hodowli zwierząt laboratoryjnych oraz opieki nad nimi. W efekcie tych starań, w roku 1950 powstał w USA Zespół ds. Opieki nad Zwierzętami (Animal Care Panel), który przekształcił się w roku 1967 w Amerykańskie Stowarzyszenie ds. Nauk o Zwierzętach Laboratoryjnych (American Association for Laboratory Animal Science – AALAS). Obecnie AALAS jest wiodącą organizacją zajmującą się sprawami związanymi z nauką o zwierzętach laboratoryjnych w USA [1]. **Badania naukowe z wykorzystaniem zwierząt laboratoryjnych** nie tylko doprowadziły do poprawy zdrowia ludzi i zwierząt, ale jednocześnie pogłębiły wiedzę z zakresu biologii i fizjologii organizmów żywych. Postęp w różnych dziedzinach, a w szczególności w dziedzinie nauk medycznych wymaga prowadzenia badań na modelach zwierzęcych, gdyż na dzień dzisiejszy nie istnieją modele zastępcze, które mogłyby służyć jako odpowiednie "zamienniki" w tego rodzaju badaniach.

Uniwersytet w Berkeley (University of California Berkeley) jest wiodącą placówką dydaktyczną i badawczą w stanie Kalifornia, w USA oraz na świecie. Uniwersytet jest wysoko cenionym ośrodkiem przede wszystkim ze względu na jakość i szeroki zakres programów badawczych oraz wysokie kwalifikacje kadry dydaktycznej. Od lat Uniwersytet w Berkeley konsekwentnie plasuje się wśród pięciu najlepszych uniwersytetów na świecie, wraz z Uniwersytetem Harvard, Stanford, Massachusetts Institute of Technology (MIT). W 2015 roku, według rankingu Uniwersytetów Świata (CWUR), Uniwersytet w Berkeley został umieszczony na siódmym miejscu na świecie i na piątym w USA, a na pierwszym miejscu wśród szkół publicznych. Ranking ten uwzględnia 1000 najlepszych szkół wyższych na całym świecie, publicznych i prywatnych, i analizuje

je biorąc pod uwagę wiele różnych wskaźników, w tym: liczbę uzyskanych Nagród Nobla i innych nagród zdobytych przez wykładowców, absolwentów i pracowników; częstotliwość cytowania naukowców w 21 kategoriach tematycznych; liczbę opublikowanych artykułów w wybranych czasopismach naukowych. UC Berkeley może się poszczycić zatrudnieniem siedmiu laureatów Nagrody Nobla oraz dwunastu pracowników posiadających odznaczenia za wybitne osiągnięcia naukowe – National Medal of Science [2].

UC Berkeley przyciąga najlepszych studentów z całego świata. W 2014 roku, po rozpatrzeniu 40 tys. wniosków przyjęto 3330 nowych studentów, w tym 947 na studia doktoranckie i 2383 na magisterskie, oraz 17 150 studentów na studia licencyjne. UC Berkeley może się pochwalić wieloma wynalazkami, które wielokrotnie miały przełomowe znaczenie dla nauki i ekonomii. Uniwersytet w Berkeley wraz z dynamicznie rozwijającymi się różnego rodzaju programami badawczymi odgrywa kluczową rolę w gospodarce Kalifornii. Jednym z ważnych celów misji badawczej UC Berkeley jest zapewnienie korzyści z badań naukowych, poprzez wdrażanie do praktyki ich wyników. Według stanu na koniec roku 2014 uniwersytet miał na swoim koncie 1530 wynalazków, 344 czynnych umów licencyjnych, 687 aktywnych patentów amerykańskich, 610 aktywnych patentów zagranicznych [6].

Każdego roku ze źródeł zewnętrznych Uniwersytet w Berkeley otrzymuje ponad 500 mln USD wsparcia na prowadzenie różnych projektów badawczych. Wiele z tych projektów to badania wieloletnie. W roku obliczeniowym 2014-2015 uniwersytet otrzymał łącznie ponad 680 mln USD, z czego 56% stanowiły fundusze przyznane przez rząd federalny (w tym Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej, Departament Zdrowia i Usług Społecznych, Fundacja Nauki – National Science Foundation), 14% przez rząd stanu Kalifornia, 6% od sektora prywatnego i 20% z organizacji charytatywnych (non-profit), 4% stanowiły środki własne uniwersytetu [5].

Nadzór nad prawidłowością prowadzenia wszystkich badań prowadzi Biuro Prorektora ds. Nauki. Do zadań tego Biura należy czuwanie nad prawidłowością finansowania badań prowadzonych na Uniwersytecie w Berkeley; nadzorowanie zgodności prowadzenia badań z przepisami federalnymi, stanowymi i uniwersyteckimi; ułatwianie kontaktów między naukowcami uczelni i firmami prywatnymi; służenie pomocą naukowcom z USA i zagranicy. Wiele projektów opiera się na badaniach z udziałem zwierząt, które to badania podlegają działaniu amerykańskiej ustawy o zdrowiu publicznym i opiece nad zwierzętami (U.S. Animal Welfare Act and Public Health Service Policy). Nad prawidłowością prowadzenia tych doświadczeń czuwa Komisja ds. Opieki i Wykorzystywania Zwierząt (Animal Care and Use Committee – ACUC), która zatwierdza i opiniuje wszystkie projekty badawcze i dydaktyczne z wykorzystaniem zwierząt. Bezpośrednią opiekę nad takimi zwierzętami sprawuje Departament ds. Zwierząt Laboratoryjnych – Office of Laboratory Animal Care (OLAC). Departament zatrudnia 45 techników (w tym weterynaryjnych), 3 lekarzy weterynarii oraz kadrę administracyjną [5].

W zwierzętarniach Uniwersytetu Berkeley utrzymywane są ryby, płazy, gady, ptaki i ssaki, które są wykorzystywane jako modele w wielu rodzajach badań naukowych. Departament ds. Zwierząt Laboratoryjnych (OLAC) zarządza czterema zwierzętarniami i jedną stacją doświadczalną. Dzienny średni stan zwierząt na początku roku 2015 przedstawiono w tabeli.

Wiele badań naukowych, przełomowych w swoich dziedzinach, takich jak: żywienie, psychologia, zdrowie publiczne, neurobiologia, biologia nowotworów, immunologia, bioinżynieria, genetyka i zachowanie, było i jest prowadzonych z użyciem zwierząt doświadczalnych i laboratoryjnych.

Model myszy laboratoryjnej (*Mus musculus*) jest najbardziej popularnym i znanym modelem zwierzęcym, wykorzystywanym

Tabela 1

Średni stan zwierząt oraz udział procentowy poszczególnych grup zwierząt w całości stanu zwierzętarni UC Berkeley (Komputerowy system inwentaryzacji OASIS, UC Berkeley, OLAC)

Grupa zwierząt	Średni stan dzienny (liczba klatek)	Udział w stanie zwierząt (%)
Bezkęgowce	2	0,02
Ryby	880	6,89
Płazy	353	2,77
Gady	24	0,19
Ptaki	14	0,11
Ssaki	11 492	90,03
w tym:		
mysz	11 197	
szczury	128	
małpy	19*	

\*Liczba osobników

w badaniach biologicznych i medycznych. Ze względu na swoje szczególne cechy, wiele innych gatunków zwierząt zostało wprowadzonych do badań jako modele zwierzęce.

Takim właśnie modelem, bardzo ciekawym i unikalnym, wykorzystywanym w laboratoriach UC Berkeley jest koliber (*Selasphorus sasin*), który znalazł zastosowanie w badaniach nad biomechaniką, energetyką i ewolucją lotu zwierząt. Badania nad kinematyką lotu i reakcją metaboliczną na zmienne poziomy ruchu powietrza przeprowadzano w tunelu aerodynamicznym. W celu zbadania wydajności lotu, w warunkach laboratoryjnych naukowcy zastosowali kamery rejestrujące trójwymiarowy obraz i pomiary metaboliczne. Badania nad lokomotoryką stawonogów, płazów i gadów dają doskonałą okazję do porównania różnych sposobów poruszania się zwierząt. Zwierzęta, takie jak: kraby, karaluchy, mrówki, chrząszcze, skorpiony, stonogi, gekony i salamandry, wykazują ogromne zróżnicowanie kształtu ciała, liczby nóg i rodzaju ruchu. Sposób poruszania się ma ścisły związek z budową i fizjologią zachowania zwierzęcia. W wyniku współpracy inżynierów, matematyków i informatyków zostały zaprojektowane roboty z wieloma nogami, ale także sztuczne stawy i mięśnie.

Mysz laboratoryjna również znalazła zastosowanie w badaniach bioinżynieryjnych. Posłużyły one do studiów nad kontrolą najprostszyc ruchów kończyn oraz rehabilitacji pacjentów po udarach. Część badań jest prowadzona w warunkach *in vitro*, np. eksperymenty na pojedynczych włóknach mięśniowych. Inna dziedzina – ergonomika, zaczęła coraz bardziej interesować naukowców ze względu na coraz częściej powtarzające się przypadki urazów związanych z systematycznym powtarzaniem tych samych ruchów.

Model myszy stał się również bardzo popularny w neurobiologicznych badaniach podstawowych zachowań niezbędnych



Fot. 1. Mysz laboratoryjna (*Mus musculus*) w czasie badań neurobiologicznych

w egzystencji człowieka, takich jak jedzenie i komunikowanie się. Aby zrozumieć działanie zmysłów dotyku i bólu, naukowcy starają się poznać mechanizmy obwodowe, które kodują bodźce dotykowe i odkryć, w jaki sposób mózg interpretuje te sygnały, przetwarzając je na zachowanie. Myszy mają również zastosowanie w bardzo zaawansowanych badaniach funkcji mózgu, percepcji i procesów myślowych. Badania te koncentrują się na tym, jak kora mózgowa przetwarza informacje i jak wygląda dynamika przepływu tych informacji. Stosując kombinacje elektrofizjologii i technik przetwarzania obrazu naukowcy zaczynają rozumieć wielopoziomowe przetwarzanie impulsów w neuronach, poczynając od pojedynczych synaps, aż po zwoje kory mózgowej.

Innym modelem zwierzęcia laboratoryjnego jest szczur laboratoryjny, który ma również zastosowanie w bardzo skomplikowanych badaniach neurobiologicznych, np. w badaniach plastyczności mózgu dorosłego człowieka i jego funkcji. Celem badań naukowych jest poznanie znaczenia stresu we wczesnych etapach życia człowieka i wykazanie ewentualnego wpływu na podatność na choroby psychiczne w późniejszym etapie życia [5].

Dużą część badań w neurobiologii koncentruje się na doświadczeniach, których zadaniem jest poprawa jakości życia osób obciążonych różnego rodzaju schorzeń neurologicznych. W badaniach tych często wykorzystuje się małpy makaki rezu (*Macaca mulatta*), aby poznać neurologiczne podstawy uczenia się i kontroli procesów odczuwania oraz metody wykorzystania tej wiedzy w praktyce, np. w urządzeniach wykorzystujących połączenia mózg-maszyna (Brain-Machine Interface – BMI). BMI ma za zadanie przekształcenie myśli na działania lub postrzeganie na odczuwanie. Naukowcy założyli, że użytkownik może przekształcić odczytane informacje na dobrowolne działania przy pomocy połączenia pomiędzy mózgiem i urządzeniem protetycznym praktycznie w ten sam sposób, jak to się odbywa przy użyciu naturalnych kończyn. Biegłość w posługiwaniu się urządzeniem protetycznym zdobywa się poprzez uczenie, stosując kombinacje technik wizualnych, dotykowych i słuchowych. BMI jest także doskonałym narzędziem, które może być stosowane w neurologii do poznania procesów uczenia się i adaptacji w mózgu. Pozwala to na wizualizację funkcji układu nerwowego poprzez czasowo-przestrzenne wzorce aktywności neuronalnej, podczas gdy pacjenci wykonują zadania behawioralne.

Oddzielną dziedziną neurobiologii są studia nad podstawami neurobiologicznymi akustyki i zachowań w przestrzeni. Tutaj główną rolę odgrywają badania na nietoperzach, które są jednymi z najbardziej skomplikowanych przestrzennie i akustycznie ssaków na naszej planecie. W sferze przestrzennej wykorzystywana jest niezwykła zdolność nietoperzy do nawigacji podczas lotu. Aby zrozumieć wykorzystywanie przez te zwierzęta akustyki, badania koncertują się na umiejętności nietoperzy do korzystania z sonaru (echolokacji) oraz komunikacji w grupie. Podczas tych prac naukowcy rozwijają również metody badania neuronowej aktywności nietoperzy podczas lotu. Przykładem tego jest niedawno rozwinięta metoda bezprzewodowej rejestracji aktywności neuronowej u swobodnie latających nietoperzy. Ten postęp technologiczny pozwolił na ujawnienie, po raz pierwszy, nerwowego kodowania przestrzeni 3-D u tych ssaków.

Dużą popularnością we wszelkiego rodzaju badaniach nad rozwojem organizmów cieszy się model żaby, w szczególności płata szponiasta (*Xenopus laevis*). W badaniach nad rolą hormonów steroidowych w rozwoju płazów stosowane są żaby z rodzaju *Rana* (np. Northern Leopard Frog – *Rana pipiens*). Główne obszary zainteresowania naukowców prowadzących te doświadczenia to metamorfoza i różnicowanie płci, ale także hormonalna regulacja zachowań agresywnych. Do badań nad procesami metamorfozy były używane ropuchy z gatunku *Bufo boreas*. Badania obejmowały wpływ temperatury na kierunki



rozwoju, interakcję pomiędzy hormonami tarczycy, steroidami i hormonalną regulacją rozwoju gruczołów skóry. Zróżnicowanie płci badano także u innych gatunków, np. u płatany szponiastej (*Xenopus laevis*) oraz żab gatunku *Buegeria buegeri* i *Hyla femoralis*. Z racji dużej dostępności, *Xenopus* posłużył jako dobry model do badań. Natomiast u dwóch pozostałych gatunków obie płcie są łatwo rozróżnialne, dlatego też badania nad różnicowaniem gonad, działaniem enzymów steroidowych i receptorów mogły być przeprowadzane we wczesnym stadium rozwoju gonad (stadium larwy), kiedy znana była już płeć badanych osobników [5].

Inna grupa zwierząt cieszących się wielką popularnością w stosowaniu do badań to ptaki. Wcześniej wspomniane kolibry, pochodzące z wolności, przetrzymywane są w warunkach laboratoryjnych bardzo krótko, po czym wypuszczane są na wolność. Istnieje natomiast duża grupa ptaków, na których przeprowadzane są badania długoterminowe. Do takich należą szpaki z rodziny *Sturnidae*, które wykorzystane są w badaniach nad neuroendokrynologią zachowań rozrodczych. Obserwacje tych ptaków w warunkach laboratoryjnych pomagają określić, w jaki sposób mózg wykrywa sygnały zewnętrzne i przekształca je na sygnały hormonalne i behawioralne. Jednym z przykładów jest śpiew samca szpaka powodujący zwiększenie stężenia hormonów reprodukcyjnych u samicy tego samego gatunku, co powoduje szybsze składanie przez nią jaj, niż gdyby nie słyszała tego śpiewu. Badania na szpakach dotyczą również nowo zidentyfikowanych hormonów, które wpływają na aktywność reprodukcyjną u wszystkich kręgowców, ze szczególnym uwzględnieniem ptaków.

Ptaki wykorzystywane są także do badań nad naturą sygnałów komunikacyjnych u ludzi (mowa, muzyka) i zwierząt. W tym przypadku stosowane jest badanie słuchu ludzi i ptaków śpiewających, z wykorzystaniem technik neurofizjologicznych. Do badań wykorzystywane są zeberki, czyli amadyny zebrowate (*Taeniopygia guttata*). Nadrzędnym celem tych studiów jest poznanie skomplikowanej struktury dźwięków, takich jak mowa człowieka, muzyka i zwierzęce odgłosy oraz jak są one odczytywane przez mózg. Do analizy otrzymanych z rejestracji dźwięku danych i aktywności neuronowych wykorzystywane są komputerowe metody obliczeniowe.

Bardzo interesujące były badania nad hormonalnym podłożem zachowań i morfologii hieny cętkowanej (*Crocota crocuta*), ze szczególnym uwzględnieniem kwestii zróżnicowania płciowego. Do celów badawczych stworzono jedyną na świecie hodowlę i kolonię hien cętkowanych w warunkach wiwaryjno-labo-

ratoryjnych. Zespół naukowców przez 20 lat badał hieny utrzymywane na stacji doświadczalnej położonej na obrzeżach Uniwersytetu Berkeley. Zaobserwowano, że w zakresie rozwoju narządów płciowych samice hien bardzo się różnią od innych samic ssaków. Ponadto, w ramach swoich grup społecznych, dorosłe samice są bardzo agresywne i całkowicie dominują nad dorosłymi samcami w czasie interakcji w grupach. Poprzez badanie tej kolonii naukowcy próbowali ustalić rolę androgenów w zróżnicowaniu płciowym i zachowaniu u ssaków płci żeńskiej i męskiej. W okresie najbardziej wzmoczonych badań kolonia liczyła ponad 40 osobników w różnym wieku. W roku 2014 zakończono badania, kolonia przestała istnieć, a zwierzęta zostały przekazane do ogrodów zoologicznych.

Kolejnym ciekawym zwierzęciem utrzymywanym na UC Berkeley jest gryzoń z rodzaju *Ctenomys* Tuco Tuco (*Ctenomys* sp.). Zwierzę to jest obiektem badań na temat ewolucji różnorodności zachowań wśród kręgowców, ze szczególnym uwzględnieniem ssaków. Łącząc badania terenowe zachowania, ekologii i demografii z molekularną analizą genetycznych pokrewieństw i struktury populacji naukowcy próbują określić przyczyny i skutki zmienności zachowań społecznych ssaków. *Ctenomys* obejmuje zarówno gatunki samotne, jak i społeczne, a badania nad tym gryzoniem mogą być wykorzystywane do analizy przyczyn rozbieżności zachowań między ściśle ze sobą spokrewnionymi gatunkami zwierząt. Porównanie natomiast rodzaju *Ctenomys* i *Spalacopus*, które żyją w grupach, stanowi może ważne ogniwo w zidentyfikowaniu czynników sprzyjających zbieżności zachowań zwierząt, które dzieli nie tylko odległość geograficzna, ale również nie są blisko spokrewnione taksonomicznie [5].

Ryby stanowią kolejną, często stosowaną w badaniach grupę zwierząt. Jednym z gatunków jest ciernik *Gasterosteus aculeatus*, który służy jako model do badań genetycznych podstaw różnorodności organizmów. Cierniki są przykładem niezwyklej adaptacji do zmieniających się warunków. Dzięki stosowaniu odpowiednich krzyżówek w warunkach laboratoryjnych, naukowcy byli w stanie przeprowadzić analizy kodu genetycznego i mapowanie genów odpowiedzialnych za różnice ewolucyjne. Analizy genetyczne populacji innych gatunków zwierząt, u których nastąpiły podobne zmiany ewolucyjne, mogą posłużyć do określenia czy mają tu zastosowanie podobne mechanizmy genetyczne dające w efekcie zmiany fenotypowe.

Danio pręgowany (*Danio rerio*) to kolejny bardzo popularny model zwierzęcia laboratoryjnego. Studia nad tą rybką przyczyniły się do pogłębienia wiedzy na temat historii ewolucyjnej i zmienności genetycznej ludzkości. Na UC Berkeley model ten jest wykorzystywany do badań nad nowotworami, zakażeniami bakteryjnymi i stanami zapalnymi. Wiele z nich ma na celu poznanie przepływu informacji między komórkami. Kilka lat temu odkryto, że gdy zarodki danio zostaną umieszczone w roztworze z cząsteczkami nienaturalnego aminocukru N-azydoacetylgalactosaminy komórki zarodka użyją tych cząsteczek do wbudowania w struktury komórek i do zastąpienia w ten sposób naturalnego aminocukru N-acetylgalactosaminy. Następnie naukowcy, przy użyciu nietoksycznych reakcji chemicznych, dołączyli małą cząsteczkę fluorescencyjną (czerwoną lub zieloną) do "azydowej" części nienaturalnego aminocukru i pod mikroskopem można było zobaczyć świecące komórki dwu- do pięciodniowych zarodków ryb. W czasie rozwoju zarodków można było obserwować przemieszczanie się aminocukru wewnątrz komórki oraz w jakich tkankach się pojawiał.

Bardzo ważny jest program badań nad pestycydami. Tutaj też znalazł zastosowanie model myszy laboratoryjnej. Dzięki tym badaniom podejmuje się próby zoptymalizowania zastosowania pestycydów, poprawienia ich selektywności i wpływu na środowisko tak, aby zmniejszyć ich niekorzystne oddziaływanie na ludzi, zwierzęta domowe i inne gatunki. Naukowcy badają neuroaktywne insektycydy pochodzenia roślinnego i ich syntetycz-



Fot. 2. Hieny cętkowane (*Crocota crocuta*) ze stada doświadczalnego UC Berkeley

ne analogi. Badana jest również toksyczność herbicydów w stosunku do ssaków, z uwzględnieniem związków o prawdopodobnym działaniu rakotwórczym.

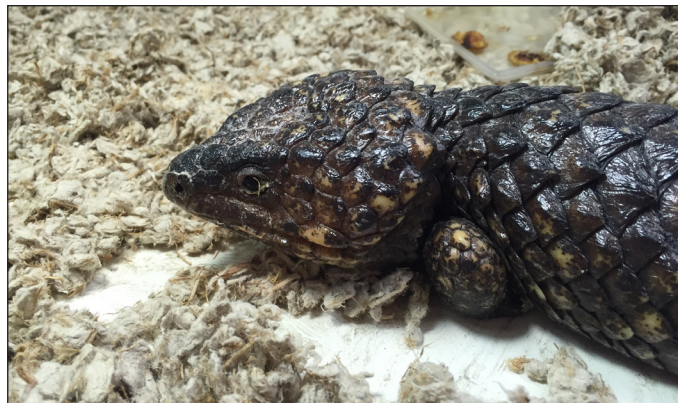
Myszy są z dużym powodzeniem stosowane jako model w badaniach okulistycznych. Przykładem mogą być badania, które skupiają się na określeniu molekularnych i komórkowych mechanizmów limfatycznych i tworzeniu naczyń krwionośnych oraz ich wpływu na choroby oczu, takie jak stan zapalny, odrzucenie przeszczepu rogówki, jaskra. W odróżnieniu od naczyń krwionośnych, które zostały obszernie opisane, układ limfatyczny nie został jeszcze dobrze poznany. Rogówka stanowi idealne podłoże do badań naczyniowych ze względu na jej dostępność, przejrzysty charakter i unaczynienie. Wykazano, że po zaindukowaniu układ limfatyczny rogówki zwiększa w sposób wyraźny przepływ przeciwciał, co znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo powstania stanu zapalnego i odrzucenia przeszczepu. Dalsze badania mogą doprowadzić do odkrycia nowych metod leczenia jaskry. Jest nadzieja, że badania nad chorobami oczu mogą zrewolucjonizować leczenie zaburzeń limfatycznych w całym organizmie człowieka i leczenie schorzeń z tym związanych, jak odrzucenia przeszczepu, choroby zapalne i immunologiczne, otyłość, AIDS, obrzęki [5].

W badaniach okulistycznych, które koncentrują się na rozwoju oka i krótkowzroczności, modelami są kura domowa (*Gallus gallus domesticus*) i świnka morska (*Cavia porcellus*). Krótkowzroczność jest bardzo częstym schorzeniem oczu, mającym znaczący wpływ na koszty opieki zdrowotnej związanej z koniecznością noszenia okularów, soczewek kontaktowych czy poddaniem się zabiegom chirurgicznym oraz leczeniem ich powikłań. Wysoka krótkowzroczność jest główną przyczyną ślepoty. Etiologia krótkowzroczności u ludzi jest nadal słabo poznana i naukowcy mają nadzieję, że dzięki prowadzonym badaniom zwiększy się wiedza na ten temat.

Myszy są stosowane także w innych bardzo ważnych badaniach, których głównym celem jest wyjaśnienie mechanizmów molekularnych leżących u podstaw zaburzeń związanych z otyłością, takich jak cukrzyca, choroby wątroby i dróg żółciowych, a także niektórych nowotworów. Opracowano nowy sposób utrzymywania "dobrego" brązowego tłuszczu, którego spalanie w organizmie pochłania dużo więcej energii niż tłuszczu zwykłego. Okazało się również, że tłuszcz ten pomaga zmniejszyć przyrost masy ciała i obniża poziom glukozy we krwi u myszy. Wykorzystano jako nośnik komórek macierzystych specjalnie przystosowany hydrożel, który wprowadzony do organizmu jako implant odpowiadać będzie za formowanie tkanki macierzystej dla brązowego tłuszczu. Podczas gdy biały tłuszcz – związany z otyłością – gromadzi nadmiar energii, brązowy tłuszcz służy jako generator ciepła do spalania kalorii. W czasie badań naukowcy podawali myszom dietę wysokotłuszczową. Po trzech tygodniach eksperymentu myszy z wtryskiwanym brązowym tłuszczem przybrały o połowę mniej na wadze i miały niższy poziom glukozy we krwi i kwasów tłuszczowych, w porównaniu z myszami kontrolnymi [6].

Modelem zwierzęcym wykorzystywanym na Uniwersytecie Berkeley są również króliki. Badania te dotyczą między innymi transportu jonów w komórkach nabłonka układu oddechowego oraz wpływu bakterii *Pseudomonas aeruginosa* na tę tkankę, w szczególności w przypadku mukowiscydozy. Przyczyną mukowiscydozy są mutacje genu odpowiedzialnego za syntezę błonowego kanału chlorkowego CFTR (cystic fibrosis transmembrane conductance regulator). Mukowiscydoza objawia się tym, że organizm chorego produkuje nadmiernie lepki śluz (ze względu na zmniejszenie wydzielania Cl, Na i wody do dróg oddechowych), który zalega w oskrzelach i jest podłożem dla rozwoju bakterii. Prowadzone badania pomagają w walce z tą groźną chorobą [5].

Niezwykłym modelem badawczym są zwierzęta morskie, np. jeżowce. Głównym tematem tych badań są komórkowe i molekularne podstawy biomineralizacji kolców wapiennego pancerza zarodków jeżowca (*Paracentrotus lividus*) [5].



Fot. 3. Scygn krótkoogonowy (*Trachydosaurus rugosus*), utrzymywany w UC Berkeley, wiek około 20 lat

Wszystkie zwierzęta laboratoryjne, bez względu na gromadę, muszą być przetrzymywane w odpowiednich warunkach, zgodnie z prawem i wymogami badań. W Berkeley zajmuje się tym wcześniej wspomniany Departament ds. Zwierząt Laboratoryjnych (Office of Laboratory Animal Care – OLAC). OLAC zarządza scentralizowanym programem utrzymania i opieki nad zwierzętami, świadczy usługi badawcze, weterynaryjne, prowadzi ewidencję zwierząt i ich zakup oraz wszelkich leków weterynaryjnych, w tym substancji ściśłego zarachowania. Departament prowadzi szkolenia pracowników naukowych i technicznych, którzy pracują ze zwierzętami przy różnego rodzaju programach naukowo-badawczych. We wszystkich zwierzętarniach stosowane są zaostrzone środki bezpieczeństwa, w postaci rejestru osób mających dostęp do budynków przez stosowanie kart magnetycznych oraz 24-godzinne monitorowanie kamerami. Program Opieki nad Zwierzętami Laboratoryjnymi UC Berkeley jest bardzo rygorystyczny i ma na celu zapewnienie optymalnych warunków utrzymania przy ścisłym przestrzeganiu prawa federalnego oraz zasad chowu i wykorzystywania zwierząt laboratoryjnych (Guide for the Care and Use of Laboratory Animals). Uniwersytet jest zarejestrowany jako jednostka badawcza i nieprzerwanie (od 1994 roku) w pełni akredytowany przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Oceny i Akredytacji Programów Utrzymania Zwierząt Laboratoryjnych (Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International – AAALAC). Departament ds. Zwierząt Laboratoryjnych, stojąc na straży prawidłowości prowadzonych badań, musi stosować się do obowiązujących przepisów Amerykańskiego Departamentu Zdrowia Publicznego, Amerykańskiego Departamentu Rolnictwa, Narodowego Komitetu ds. Doświadczalnictwa i przepisów o ochronie zwierząt. W tym celu przeprowadzane są różnego rodzaju inspekcje: kilka razy w roku wewnętrzne inspekcje z ramienia Uniwersytetu, raz w roku z Departamentu Rolnictwa i co trzy lata akredytacja AAALAC oraz doraźne inspekcje Departamentu Zdrowia Publicznego. Wszystkie te działania mają zapewnić nie tylko wysoką jakość prowadzonych badań, ale przede wszystkim doskonałe warunki utrzymania zwierząt laboratoryjnych, z zachowaniem wysokiego standardu higieny i warunków pracy [4].

**Literatura:** 1. American Association for Laboratory Animal Science (AALAS), 1991 – Assistant Laboratory Animal Technician, Training Manual (Vol. ONE). USA, AALAS. 2. Center for World University Ranking (CWUR), 2015 – Retrieved from CWUR: <http://www.cwur.org>. 3. Fox J.B., 2015 – Laboratory Animal Medicine: Historical Perspective. In none, Laboratory Animal Medicine. Chicago: unk. 4. Office of Research Administration and Compliance University of California Berkeley, 2004 – A Faculty Handbook on Research Compliance – Getting through the Maze. UC Berkeley. 5. Office of Vice Chancellor for Research UC Berkeley, 2015 – Retrieved from Berkeley Research: <http://vcresearch.berkeley.edu>. 6. University of California Berkeley News, 2015 – Berkeley News. Retrieved from <http://news.berkeley.edu>