

[Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)
[.net](#)
[Innowacje](#)
[Nauka](#)
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie wykorzystania komórek macierzystych

STRESZCZENIE

Komórki macierzyste posiadają unikalne zdolności do samoodnowy i różnicowania się w wyspecjalizowane komórki pełniące konkretne funkcje. Ze względu na te dwie cechy są tematem intensywnych badań naukowców, którzy próbują dowiedzieć się jak i dlaczego dochodzi do różnicowania się komórek macierzystych. Jest to obszar szczególnie atrakcyjny z punktu widzenia medycyny regeneracyjnej i terapii komórkowych gdyż komórki macierzyste to niewyczerpalne źródło różnych, terapeutycznie użytecznych, typów komórek. Takie komórki mogły by być używane do leczenia wielu genetycznych i zwyrodnieniowych chorób, które opierają się dotychczas znanym

metodom leczenia.



WSTĘP

Komórki macierzyste to specjalny rodzaj komórek posiadający unikaną zdolność do samo odnowy i proliferacji. Potrafią one replikować się przez długie okresy czasu i w przeciwieństwie do innych typów komórek namnażać się w nieskończoność. Podczas gdy większość komórek ciała takich jak np. komórki skóry, serca, płuc, nerek, wątroby i inne są wyspecjalizowane w pełnieniu konkretnej funkcji, komórki macierzyste pozostają niewyspecjalizowane do póki nie otrzymają odpowiedniego sygnału aby rozwinąć się w komórkę wyspecjalizowaną. Proces ten nazywa się różnicowaniem i zazwyczaj komórka przechodzi kilka etapów pośrednich nim stanie się w pełni zróżnicowaną jednostką. Zwykle w pierwszej fazie różnicowania postają komórki progenitorowe, które dają początek określonym liniom komórkowym. Naukowcy dopiero poznają sygnały wewnętrzne i zewnętrzne, które zapoczątkowują każdy z etapów różnicowania się komórek. Za sygnały wewnętrzne odpowiedzialne są geny komórki, a zewnętrzne są przekazywane za pośrednictwem związków chemicznych obecnych w matriks międzykomórkowym lub wydzielane przez sąsiednie komórki. Źródłem zewnętrznych sygnałów mogą być także fizyczne oddziaływania pomiędzy komórkami. Wzajemne oddziaływania tych sygnałów wpływają na stopień zróżnicowania komórek. Dlatego też komórki macierzyste różnią się między sobą zdolnością do różnicowania w określone typy komórek a cecha ta zwana jest plastycznością lub potencją. Największą plastyczność wykazują komórki embrionalne - pluripotentne, z których mogą powstać komórki wszystkich 210 tkanek budujących organizm. Dorosłe komórki macierzyste obecne we wszystkich tkankach organizmu są multipotentne i mogą różnicować się jedynie w kilka typów komórek. W kręgu zainteresowań naukowców pozostają komórki macierzyste odkryte w krwi pępowinowej i tkankach pozazarodkowych, które uważa się za stadium pośrednie między komórkami embrionalnymi a dorosłymi. W zależności od miejsca pochodzenia komórek macierzystych można wyróżnić kilka ich typów, choć obecnie coraz częściej komórki takie są klasyfikowane na podstawie obecności lub braku specyficznych markerów. Ze względu na swoje właściwości komórki macierzyste znalazły zastosowanie w medycynie regeneracyjnej i inżynierii tkankowej do leczenia śmiertelnych i opornych na tradycyjne leki chorób, jednakże za nim zostaną wykorzystane na szeroką skalę należy zmierzyć się z podstawowymi problemami jakie narastają wokół ich klinicznego zastosowania. Wśród głównych problemów związanych z ich wykorzystaniem należą działania niepożądane w postaci powstania tkanek rakowych, techniki ich otrzymywania czy kwestie bioetyczne.

Embrionalne komórki macierzyste (ESCs)

Embrionalne komórki macierzyste (ESCs) zostały po raz pierwszy wyizolowane w latach 80., przez kilka niezależnych grup badaczy. Pochodzą one z wewnętrznej masy komórkowej blastocysty we wczesnej fazie zarodka. W stosunkowo prostych warunkach hodowli mogą się różnicować w linie komórkowe charakterystyczne dla wszystkich trzech listków zarodkowych. Dają one początek komórkom hematopoetycznym (HSCs), neuropodobnym, glejowym, dendrycznym, hepatocytom, osteocytom, chondrocytom, adipocytom, kardiomiocytom, komórkom mięśni, skóry, nabłonka i siatkówki. Komórki potomne ESCs tworzą wiele tkanek występujących w organizmie, dlatego prowadzone są badania nad wykorzystaniem ich w medycynie regeneracyjnej i inżynierii tkankowej. Mimo że embrionalne komórki macierzyste łatwo się namnaża w optymalnych warunkach hodowli, są one bardzo podatne na zmiany środowiska takie jak: pH, temperatura czy poziom tlenu. Z tego względu wymagają ciągłego nadzoru a pozostawione same sobie mogą się spontanicznie różnicować

w różne typy komórek. W strefie aktualnych badań pozostaje identyfikacja głównych sygnałów pluripotencji czyli czynników, które pobudzają embrionalne komórki macierzyste do różnicowania się w określony typ komórek. Obecnie używa się ESCs do leczenia zapalenia mięśnia sercowego i chorób płucnych. Naukowcom udało się wyprowadzić linie komórkowe kardiomiocytów i zastosować je do regeneracji mięśnia sercowego. Badania takie przeprowadzono na myszach wszczepiając uzyskane komórki do mięśnia sercowego. Wykazano, że kardiomiocyty zintegrowały się z tkanką mięśnia sercowego i namnażając się odbudowały ją. Podobne badania przeprowadzane były z zastosowaniem progenitorowych komórek płucnych otrzymanych z mysich embrionalnych komórek macierzystych. Włóknienie płuc jest chorobą tkanki śródmiąższowej płuc o dotychczas nie poznanej etiologii, podczas której następuje degeneracja tkanki płucnej, a jedną z metod leczenia jest przeszczep całego płuca. Jednakże naukowcom udało się wyhodować komórki nabłonkowe pęcherzyków płucnych i wszczepić je w miejsce zmienione chorobowo. W badaniach na modelu zwierzęcym odnotowano znaczącą poprawę – zmniejszenie procesu zapalnego i odbudowanie tkanki płucnej, co określono mierząc poziom wysycenia krwi tlenem. W 2010r Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) po raz pierwszy w historii wydała pozwolenie na przeprowadzenie badań klinicznych z użyciem ludzkich komórek embrionalnych (hESC) biotechnologicznej firmie Geron. Badania zostały tak zaprojektowane aby wykazać bezpieczeństwo stosowania hESC w celu odbudowy funkcji rdzenia kręgowego u ludzi. Poprzedzające je badania na modelach zwierzęcych wykazały skuteczność zastosowanych oligodendrocytowych komórek progenitorowych (OPC) w odbudowie funkcji rdzenia kręgowego. Oligodendrocyty to komórki, które naturalnie występują w układzie nerwowym i pełnią kilka ważnych funkcji, m.in. produkują mielinę, która otacza aksony neuronów umożliwiając im przewodzenie impulsów. Badania wykazały, że po wstrzyknięciu komórek OPC do miejsc uszkodzenia w rdzeniu kręgowym nabierały one kompetencji (dojrzały) do dorosłych oligodendrocytów i ponownie otaczały aksony osłonką mielinową oraz produkowały czynniki neurotroficzne dzięki czemu poprawie ulegały funkcje motoryczne badanych zwierząt już w 7 dni po zabiegu. Są to bardzo obiecujące wyniki, gdyż zwyrodnienia ośrodkowego układu nerwowego obejmują takie choroby jak stwardnienie rozsiane, choroba Alzheimerera czy choroba Canavan. W tym roku również ACT - inna firma biotechnologiczna uzyskała zgodę FDA na rozpoczęcie badań klinicznych nad zastosowaniem ludzkich embrionalnych komórek macierzystych do leczenia zwyrodnienia plamki żółtej związanej z wiekiem (ang. Age-related Macular Degeneration, AMD), które jest najczęstszą przyczyną ślepoty. Przeprowadzone dotychczas badania na myszach i szczurach polegające na wszczepieniu komórek siatkówki pozyskanych z embrionalnych komórek macierzystych w miejscu jej uszkodzenia wykazały skuteczność takiej terapii polegającą na zahamowaniu dalszej utraty wzroku. Wszystkie te badania niosą nadzieję na wyleczenie chorób opornych na konwencjonalne metody leczenia, jednakże przed ich klinicznym zastosowaniem należy wyeliminować główne problemy jakie się z tym wiążą. Poza szeroko dyskutowanymi kwestiami etycznymi głównym problemem przy stosowaniu embrionalnych komórek macierzystych jest ich duży potencjał do tworzenia potworniaków. Aktualne badania próbują ominąć ten problem namnażając potrzebne tkanki w warunkach in vitro a następnie przeszczepiając je do uszkodzonego miejsca w organizmie. Niemniej jednak bardzo ważne jest rygorystyczne przestrzeganie procedur w trakcie otrzymywania specyficznych komórek macierzystych a także potrzebne są dalsze badania nad czynnikami pobudzającymi ich różnicowanie się.

Płodowe komórki macierzyste

Odkryte w ostatnich latach płodowe komórki macierzyste oraz komórki macierzyste wyizolowane z krwi pępowinowej oraz innych pozazarodkowych tkanek postrzegane są jako forma przejściowa pomiędzy macierzystymi komórkami embrionalnymi a dorosłymi. Występują one w takich tkankach płodu jak krew, wątroba, szpik kostny, trzustka, nerki, śledziona, kosmówka, a także w tkankach pozazarodkowych: owodni, płynie owodniowym, łożysku, krwi pępowinowej. Wymienione tkanki są

obiecującym źródłem komórek macierzystych, z których następnie można otrzymać m.in. komórki hematopoetyczne kardiomiocyty, hepatocyty, komórki beta trzustki produkujące insulinę, płucne komórki progenitorowe, komórki mięśni, komórki nerwowe w tym neurony dopaminergiczne. Ze względu na swoje pierwotne właściwości, potencjał do namnażania oraz brak rakotwórczości płodowe komórki macierzyste stały się atrakcyjne dla medycyny regeneracyjnej i inżynierii tkankowej. Są one istotne dla badań z kilku powodów. Przede wszystkim można łatwo je pozyskać przy pomocy mało inwazyjnych metod podczas standardowej diagnostyki prenatalnej, posiadają wysoki potencjał proliferacyjny oraz wytwarzają markery charakterystyczne dla pluripotentnych komórek macierzystych. Ponadto w warunkach in vitro wykazano, że mogą się różnicować w komórki wszystkich trzech warstw listków zarodkowych. Za wykorzystaniem płodowych komórek macierzystych przemawia fakt, że po implementacji in vivo nie tworzą guzów, ich pozyskanie jest bezbolesne zarówno dla matki jak i dla dziecka, a także wolne od zastrzeżeń etycznych właściwych dla embrionalnych komórek macierzystych. Najnowsze badania donoszą, że po wszczęciu płodowych komórek macierzystych do modeli uszkodzonych lub chorych organów, są one zdolne: do integracji z tkanką wewnątrz rozwijającej się nerki oraz odbudowy szpiku kostnego u myszy o obniżonej odporności, a przeszczepione w płucach potrafią zróżnicować się do płucnych linii komórkowych. Ponadto komórki macierzyste pobrane z krwi pępowinowej podczas porodu mogą być przechowywane w bankach komórek macierzystych i stanowić źródło komórek do przeszczepów autologicznych na wypadek choroby w przyszłości.

Dorośle komórki macierzyste

W ostatnich latach odkryto komórki macierzyste w wielu tkankach u dorosłych organizmów. Znajdują się one w specyficznym obszarze tzw. niszy komórek macierzystych pomiędzy komórkami wyspecjalizowanymi. Zakłada się, że są to komórki, które podczas embriogenezy nie uczestniczyły w organogenezie lecz pozostały w stanie spoczynku. Ich funkcją jest najprawdopodobniej naprawa uszkodzonej tkanki oraz zastępowanie starych i „zużytych” komórek nowymi. Takie komórki mogą pozostawać w stanie spoczynku lub ulegać różnicowaniu w odpowiedzi na zapotrzebowanie organizmu lub w przypadku zranienia lub uszkodzenia tkanki. Za utrzymanie równowagi między nie zróżnicowanymi a zróżnicowanymi komórkami macierzystymi odpowiedzialna jest skomplikowana sieć sygnałów, do której należą hormony, czynniki wzrostu a także oddziaływania między sąsiednimi komórkami. Uważa się, że symetryczny podział komórek macierzystych prowadzi do zwiększenia ich liczby w obrębie niszy, podział asymetryczny natomiast prowadzi do ich stopniowego wyspecjalizowania. Komórki macierzyste obecne w niektórych tkankach, takich jak np. szpik kostny, skóra, jelita, oczy wykazują tendencje do różnicowania się w normalnych warunkach fizjologicznych, podczas gdy inne przechodzą specjalizacje tylko okazjonalnie, w odpowiedzi na zranienie lub proces regeneracji. W warunkach in vitro ich zdolność do podziałów jest ograniczona, jednak możliwe jest pobudzenie ich zarówno do samoodnowy jak i różnicowania przy pomocy egzogennych czynników wzrostów lub cytokinin. Do tej pory poznano i opisano wiele rodzajów dorosłych komórek macierzystych a wśród nich m.in. znajdujące się w szpiku kostnym komórki macierzyste hematopoezy (HSC) dające początek komórkom krwi, endoteliczne komórki progenitorowe (EPC), mezenchymalne komórki macierzyste (MSC) czy zlokalizowane w sercu macierzyste komórki sercowe (CSC) oraz w mózgu - macierzyste komórki nerwowe (NSC). Te specyficzne dla tkanek komórki macierzyste mogą generować nowe, bardziej wyspecjalizowane komórki i przez to odnawiać tkanki, w których się znajdują jak również regenerować je w przypadku poważnego zranienia. Niektóre dorosłe komórki macierzyste m.in. pozyskane ze szpiku kostnego (BMCs) mogą krążyć we krwi obwodowej, migrować do odległych organów oraz tkanek i wspomagać ich odnowę lub regenerację. Wiele z nich znalazło zastosowanie w leczeniu niektórych genetycznych, hematopoetycznych, sercowych czy neurodegeneracyjnych chorób.

Obecne w szpiku kostnym komórki macierzyste hematopoezy (HSCs) są jednymi z najlepiej opisanych dorosłych komórek macierzystych. Dają one początek wszystkim hematopoetycznym

liniom komórkowych znalezionym we krwi obwodowej, w tym: leukocytom, erytrocytom, trombocytom i innym. Potrafią migrować wraz z krwią obwodową na duże odległości docierając do uszkodzonych tkanek czy organów. HSC mogą być używane do autologicznych i allogenicznych przeszczepów w leczeniu pacjentów z dziedzicznymi chorobami układu odpornościowego, chorobami autoimmunologicznymi oraz różnymi zaburzeniami układu krwiotwórczego do odtworzenia hematopoetycznych linii komórkowych. Transplantacje HSCs stosuje się u chorych na niedokrwistość, wrodzoną małopłytkowość, osteoporozę, u których występują przewlekłe stany zapalne jelit, cukrzyca, białaczka oraz chłoniaki. Poza tym transplantacje HSCs stosuje się także w połączeniu z chemioterapią lub promieniowaniem jonizujących u pacjentów chorych na złośliwe niehematologiczne nowotwory takie jak czerniak, rak siatkówki, nerek, płuc, mózgu, trzustki, prostaty, piersi, jajnika.

W szpiku kostnym poza HSCs występują także mezenchymalne komórki macierzyste (MSCs) niezwiązane bezpośrednio z hematopoezą. Dają one początek takim komórkom jak: osteoblasty, chondrocyty, adipocyty, mioblasty, kardiomiocyty, tenocyty i fibroblasty. Ze względu na swoje właściwości znalazły one szerokie zastosowanie m.in. w medycynie regeneracyjnej przy regeneracji mięśnia sercowego po zawale oraz regeneracji tkanki chrzęstnej i kostnej (np. w przypadku osteoporozy), przy zmniejszaniu reakcji przeszczep przeciwko gospodarzowi po przeszczepieniu komórek krwiotwórczych a także w terapii genowej jako komórki wprowadzające pożądany gen do organizmu.

Wśród dorosłych komórek macierzystych na uwagę zasługują także nerwowe komórki macierzyste i nerwowe komórki progenitorowe (NSCs/NPCs), które charakteryzują się multipotencją i mogą się różnicować w każdy z trzech typów komórek nerwowych: neuronów, oligodendrocytów i astrocytów. W mózgu odkryto dwa obszary występowania tych komórek: obszar podkomorowy komory bocznej oraz zakręt zębaty hipokampa. W ostatnich latach naukowcom udało się otrzymać nerwowe komórki progenitorowe z ESCs oraz z indukowanych pluripotencjalnych komórek macierzystych. Dzięki swoim właściwościom NSCs wszczepione do mózgu mogą przywrócić funkcje utracone w wyniku starzenia się istniejących w nim komórek lub naprawić szkody wynikające z ich uszkodzenia a to otwiera szerokie perspektywy w leczeniu wielu chorób takich jak: udar mózgu, stwardnienie rozsiane, choroba Parkinsona, Alzheimer, Huntingtona czy zespół Downa.

Indukowane pluripotencjalne komórki macierzyste

W związku z falą sporów dotyczących dopuszczalności badań na ludzkich zarodkach zainteresowania naukowców skupiły się wokół komórek somatycznych. W wyniku badań laboratoryjnych w 2006r udało się po raz pierwszy uzyskać indukowane pluripotencjalne komórki macierzyste (iPSC) z fibroblastów myszy. W tym celu przeprogramowano genom fibroblastu dzięki wprowadzeniu do niego, przy pomocy retrowirusa, czterech czynników transkrypcyjnych. W powstałej w ten sposób komórce ulegały ekspresji geny, które są aktywne w początkowych stadiach rozwoju embrionalnego. Czynniki te były zaangażowane w podtrzymanie pluripotencji, która jest zdolnością do generowania wszystkich innych typów komórek. Innymi słowy „cofnięto” dorosłą komórkę somatyczną do stanu w jakim znajdowała się w fazie rozwoju zarodkowego. Rok później przy pomocy podobnie zaprojektowanego doświadczenia udało się otrzymać pluripotencjalne komórki macierzyste z ludzkich komórek skóry. Ludzkie iPSC były podobne do embrionalnych komórek macierzystych pod wieloma względami: morfologicznie, wykazywały podobną zdolność do proliferacji i ekspresję genów. Potrafiły się także różnicować we wszystkie typy komórek charakterystyczne dla trzech listków zarodkowych. Dzięki temu odpowiadają one definicji embrionalnych komórek macierzystych, z tym że nie pozyskuje się ich z embrionów. Aktualnie nie wiadomo czy istnieją znaczące różnice w ich klinicznym zastosowaniu. Najnowsze badania skupiają się wokół opracowania metod wykluczających modyfikacje genetyczną czy wprowadzanie białek w procesie przeprogramowania komórek somatycznych. Trwają badania nad zastosowaniem związków organicznych takich jak np. kwas walproinowy, który jest inhibitorem deacetylazy histonów i przez to odgrywa istotną rolę w procesie

przeprogramowania komórek. Ze względu na swoje właściwości pluripotencjalne komórki macierzyste mogą znaleźć zastosowanie w badaniach nad toksycznością leków i śledzeniem przebiegu choroby zastępując tym samym modele zwierzęce i pozwolić na obserwację choroby w warunkach laboratoryjnych a tkanki powstałe z komórek iPSC mogą poprawiać skuteczność testów przedklinicznych dostarczając dokładniejszych informacji. Ponadto iPSC są idealnym źródłem komórek do transplantacji – stosując je unika się jednocześnie ryzyka odrzucenia przeszczepu przez system odpornościowy jak również kontrowersji związanych z zabijaniem zarodków. Pluripotencjalne komórki macierzyste mogą być użyte w celu przywrócenia funkcji uszkodzonych organów (poprzez zastąpienie starych, zniszczonych komórek, nowymi) oraz rekonstrukcji całych tkanek. iPSC już znalazły zastosowanie w medycynie regeneracyjnej serca Wykazano, że mogą się różnicować się zarówno do kardiomiocytów, miocytów mięśni gładkich naczyń krwionośnych oraz komórek endotelicznych. Dzięki temu umożliwiają regenerację mięśnia sercowego, tworzenie biologicznych rozruszników serca oraz stabilizację elektryczną serca pozawałowego. Pluripotencjalne komórki macierzyste wykorzystywane są również w leczeniu chorób genetycznych takich jak np. zanik girlandowaty boczny polegający na stopniowej utracie wzroku przez chorego na skutek zaniku komórek siatkówki. Komórki iPSC naprawiają szkody wyrządzone defektem genu różnicując się w funkcjonalne komórki siatkówki. Do największych trudności związanych ze stosowaniem iPSC należy ryzyko nowotworzenia, które podobnie jak dla embrionalnych komórek macierzystych jest wysokie. Aktualne badania skupiają się wokół metod i protokołów zwiększających wydajność różnicowania się wyspecjalizowanych linii komórkowych z iPSC.

Podsumowanie

Najnowsze osiągnięcia w badaniach nad komórkami macierzystymi ukazują wiele możliwości ich potencjalnego zastosowania w medycynie regeneracyjnej oraz w leczeniu nowotworów. Terapie oparte na komórkach macierzystych oferują możliwość wymiany starych i „zepsutych” komórek na nowe a także regenerację tkanek i organów. Komórki macierzyste to komórki, które niosą ze sobą ogromny potencjał terapeutyczny do leczenia chorób genetycznych i zwyrodnieniowych, które do tej pory nie poddawały się żadnej z metod terapeutycznych. Mogą być także stosowane, po uprzedniej modyfikacji genetycznej, jako cząsteczki dostarczające lecznicze jednostki do uszkodzonych tkanek lub organów. Jednakże zanim dojdzie do pełnego sukcesu w stosowaniu terapii opartych na komórkach macierzystych konieczne są dalsze badania, które pozwolą zoptymalizować warunki izolacji, ekspansji i różnicowania się ludzkich komórek macierzystych w komórki wyspecjalizowane.

Opracowała: Aleksandra Mazur

Literatura:

1. Deng W. Induced pluripotent stem cells: paths to new medicines. *Embo reports*. 2010, Vol.11 nr 3.
2. Gaspard N., Vanderhaeghen P., From stem cells to neural networks: recent advances and perspectives for neurodevelopmental disorders. *Developmental medicine & child neurology*. 2011, 53:13-17.
3. Kolankowski T., Kurpisz M. Indukowane pluripotencjalne komórki macierzyste — geneza, problem oraz perspektywy wykorzystania w terapii chorób serca. *Kardiologia Polska* 2010, 68 supl. V:412-417
4. Malgieri A., Novelli G., Sangiuolo F. Potential clinical applications of embryonic stem cells w *Embryonic Stem-Cells Recent Advances in Pluripotent Stem Cell-Based Regenerative Medicine*. Atwood C. Silver Spring. 2011:21-48

5. Meyer Jason S. et. al., Optic Vesicle-like Structures Derived from Human Pluripotent Stem Cells Facilitate a Customized Approach to Retinal Disease Treatment, „Stem Cells”, Vol. 674 (2011)
6. Mimeault M., Hauke R., Batra SK. Stem Cells: A Revolution in Therapeutics - Recent Advances in Stem Cell Biology and Their Therapeutic Applications in Regenerative Medicine and Cancer Therapies. State of the art. Nature publishing group. 2007, Vol. 82, nr 3.
7. Mulchandani H. Recent Advances in Neural Stem Cell Research: How Stem Cells in the Brain Are Altered by a Changing Environment. Student Pulse. 2010.
8. Otto R.W., Wright N. A. Mesenchymal stem cells: from experiment to clinic. Fibrogenesis & Tissue repair. 2011, 4:20
9. Urbaniak-Kujda D., Wołowiec D., Tomaszewska-Toporska B., Kapelko-Słowik K., Kuliczkowski K. Mezynchemalne komórki macierzyste: ich biologia i perspektywy zastosowań klinicznych. Acta Haematologica Polonica. 2005, 36, nr 2: 161-166.
10. Valenzuela M., Sidhu K., Dean S., Sachdev P. Nerwowe komórki macierzyste w leczeniu zaburzeń neuropsychiatrycznych. Psychatria. 2007, tom 4, nr 2. 69-86.
11. Yoshida Y., Yamanaka S. Recent Stem cells advances: Induced Pluripotent Stem Cells for Disease Modeling and Stem Cell - Based Regeneration. Circulation 2010, 122:80-87

<https://laboratoria.net/artykul/12266.html>

Informacje dnia: [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#)

Partnerzy