



SPRAWNOŚĆ BARIERY ANTYOKSYDACYJNEJ W CYKLU ŻYCIA CZŁOWIEKA

dr n.med. Sławomir Puczkowski

1. Wprowadzenie: Ewolucja i rola bariery antyoksydacyjnej

Sprawność bariery antyoksydacyjnej, kluczowego systemu obronnego organizmu, jest uzależniona od złożonej interakcji wielu czynników. Jej wydolność podlega dynamicznym zmianom w ciągu życia, co wymaga odmiennego podejścia w profilaktyce i terapii w zależności od wieku. Podstawą do zrozumienia tej dynamiki jest znajomość mechanizmów leżących u podstaw stresu oksydacyjnego oraz działania wolnych rodników tlenowych (RFT).

Stres oksydacyjny definiuje się jako stan braku równowagi, w którym produkcja reaktywnych form tlenu (wolnych rodników) przewyższa zdolność organizmu do ich neutralizowania. Wolne rodniki to niestabilne atomy lub cząsteczki, posiadające niesparowany elektron na powłoce zewnętrznej, co czyni je niezwykle reaktywnymi. Dążą one do "kradzieży" elektronu z innych cząsteczek, wchodząc w reakcje z kluczowymi komponentami komórek, takimi jak lipidy, białka i DNA. W rezultacie dochodzi do uszkodzenia struktur komórkowych, co zaburza ich funkcjonowanie, przyspiesza procesy starzenia i przyczynia się do rozwoju wielu chorób cywilizacyjnych, w tym neurodegeneracyjnych i nowotworów.

W odpowiedzi na te zagrożenia, organizm ludzki wykształcił złożony system obronny, znany jako **Antioxidant Defense System (ADS)**, działający na trzech wzajemnie uzupełniających się liniach obrony:

1. **Pierwsza linia obrony:** Zapobiega wytwarzaniu wolnych rodników. Jej rolę pełnią przede wszystkim enzymy, takie jak dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), katalaza i peroksydaza glutationowa (GPx).

2. **Druga linia obrony:** Neutralizuje wolne rodniki, które już powstały, zanim zdążą one spowodować uszkodzenia. Należą do niej związki niskocząsteczkowe, takie jak glutation, witaminy A, C i E, kwas moczowy oraz flawonoidy.
3. **Trzecia linia obrony:** Obejmuje mechanizmy naprawcze, które eliminują już uszkodzone komórki i naprawiają uszkodzenia w lipidach, białkach oraz DNA.

Różnice w sprawności tej bariery na poszczególnych etapach życia wynikają z unikalnych dla danego wieku czynników, takich jak etap rozwoju fizjologicznego, obciążenie genetyczne, styl życia czy choroby towarzyszące, co zostanie szczegółowo omówione w dalszej części raportu.

2. Podstawowe elementy i synergia systemu antyoksydacyjnego

System antyoksydacyjny składa się z dwóch głównych grup substancji: endogennych, wytwarzanych przez organizm, oraz egzogennych, które muszą być dostarczone z zewnątrz. Ich wzajemna współpraca jest fundamentalna dla utrzymania równowagi.

Antyoksydanty endogenne i egzogenne

- **Antyoksydanty endogenne (wewnętrzne):** Należą do nich przede wszystkim enzymy, kluczowe dla pierwszej linii obrony, takie jak dysmutaza nadtlenkowa (SOD), katalaza i peroksydaza glutationowa (GPx). Ważne są również substancje nieenzymatyczne, w tym glutation, koenzym Q10 (ubichinon), kwas liponowy, bilirubina i ferrytyna. Glutation, stabilizując błony komórkowe, wspomaga odtruwanie organizmu, natomiast ferrytyna

wiąże żelazo, ograniczając jego dostępność do tworzenia wolnych rodników.

- **Antyoksydanty egzogenne (zewnętrzne):** Są to związki dostarczane z pożywieniem.
- **Witaminy:** Witamina C (kwas askorbinowy) neutralizuje RFT i regeneruje zużytą witaminę E. Witamina E (α -tokoferol) chroni błony komórkowe przed utlenianiem lipidów. Witamina A (retinol i beta-karoten) wspiera ochronę komórkową, a jej niedobór może prowadzić do chorób neurodegeneracyjnych.
- **Składniki mineralne:** Selen (Se) jest niezbędnym pierwiastkiem śladowym i kluczowym składnikiem enzymów antyoksydacyjnych, w tym peroksydazy glutationowej. Mangan (Mn) i cynk (Zn) wchodzi w skład enzymu dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), są niezbędne do jego funkcjonowania. SOD jest najważniejszym elementem bariery antyoksydacyjnej, ponieważ utylizuje anionorodnik ponadtlenkowy, przemieniając go w rodnik hydroksylowy. Rodnik hydroksylowy jest utylizowany przez witaminy C, E, A i antyoksydanty roślinnego pochodzenia (flawony, polifenole, karotenoidy).
- **Fitochemikalia:** Karotenoidy, likopen, luteina i zeaksantyna, oraz polifenole, np. kwercetyna, luteolina, dodatkowo resweratrol i kurkumina, są związkami o udowodnionej aktywności antyoksydacyjnej, obecnymi w owocach, warzywach i ziołach.

Synergia i wzajemna zależność składników

Mechanizmy działania przeciwutleniaczy funkcjonują w złożonej, współdziałającej sieci. Przykładem tej zależności jest relacja między witaminą E, witaminą C i glutationem. Witamina E, po zneutralizowaniu

wolnego rodnika, sama staje się mniej aktywna. Jej pierwotna forma może zostać zregenerowana tylko w obecności witaminy C i glutationu. W przypadku braku tych substancji, zużyta witamina E może przekształcić się w związek prooksydacyjny, przyczyniając się do dalszych uszkodzeń komórek. Podobnie, bez wystarczającej podaży cysteiny, organizm nie jest w stanie wyprodukować glutationu, co w konsekwencji osłabia cały system antyoksydacyjny.

Taka kaskadowa i wzajemna zależność oznacza, że niedobór jednego kluczowego elementu może sparaliżować lub drastycznie ograniczyć efektywność całej bariery, niezależnie od dostępności innych substancji. Dlatego holistyczne podejście do diety i suplementacji, uwzględniające całą sieć powiązań, jest znacznie skuteczniejsze niż koncentrowanie się na pojedynczych składnikach.

Typ Antyoksydantu	Nazwa substancji	Funkcja i rola	Przykładowe źródła
Endogenne - Enzymatyczne	Dysmutaza nadtlenkowa (SOD), Katalaza, Peroksydaza glutationowa (GPx)	Pierwsza linia obrony; zapobiegają wytwarzaniu RFT	Wytwarzane naturalnie w organizmie
Endogenne - Nieenzymatyczne	Glutation, Koenzym Q10, Bilirubina, Ferrytyna	Neutralizują RFT, wspierają detoksykację i ochronę komórek	Wytwarzane naturalnie w organizmie

Egzogenne - Witaminy	Witamina C, Witamina E, Witamina A	Neutralizacja wolnych rodników, ochrona błon komórkowych, regeneracja innych antyoksydantów	Owoce cytrusowe, papryka, oleje roślinne, orzechy, marchew, jaja, nabiał
Egzogenne - Minerale	Selen, Cynk, Mangan	Kluczowe kofaktory dla enzymów antyoksydacyjnych, wsparcie odporności	Orzechy brazylijskie, ostrygi, mięso, produkty pełnoziarniste
Egzogenne - Fitochemikalia	Karotenoidy (likopen, luteina), Polifenole (luteolina, galusan epigalokatechiny, resweratrol, kwercetyna)	Działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne i ochronne dla DNA	Pomidory, zielone warzywa, jagody, winogrona, zielona herbata

3. Czynniki wpływające na barierę antyoksydacyjną u dzieci

Sprawność bariery antyoksydacyjnej u dzieci jest w dużej mierze determinowana przez naturalne procesy rozwojowe, a nie tylko przez czynniki zewnętrzne, co odróżnia tę grupę od dorosłych. Najbardziej wrażliwy jest okres niemowlęcy, zwłaszcza u dzieci urodzonych przedwcześnie.

Fizjologiczna niedojrzałość systemu antyoksydacyjnego jest kluczowym czynnikiem ryzyka dla wcześniaków. U dzieci urodzonych przedwcześnie,

stężenie kluczowych składników bariery antyoksydacyjnej, takich jak alpha-tokoferol, peroksydaza glutationowa czy witamina C, jest fizjologicznie niskie. Jednocześnie, organizm wcześniaka charakteryzuje się zwiększoną produkcją reaktywnych form tlenu. Taka dysproporcja sprawia, że są one wyjątkowo podatne na stres oksydacyjny, który może prowadzić do poważnych schorzeń, w tym retinopatii wcześniaków (ROP).

Czynniki genetyczne również odgrywają istotną rolę w funkcjonowaniu bariery antyoksydacyjnej już od wczesnych lat życia. Zmienność genetyczna, w tym polimorfizmy, może wpływać na aktywność enzymów, które kodują. Przykładem jest zespół Downa (trisomia 21), gdzie nadmiar chromosomu może prowadzić do podwyższonego poziomu dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), co wpływa na zdolności antyoksydacyjne organizmu.

Dieta stanowi jeden z najważniejszych czynników wpływających na kształtowanie odporności i sprawności bariery antyoksydacyjnej u dzieci. Prawidłowe odżywianie, bogate w witaminy, minerały i składniki bioaktywne z warzyw i owoców, jest niezbędne do ochrony komórek układu nerwowego przed utlenianiem, co ma kluczowe znaczenie dla rozwoju poznawczego. Niedobory pokarmowe, zwłaszcza niedożywienie białkowo-kaloryczne, mogą prowadzić do zaniku tkanki limfoidalnej i upośledzenia odporności wrodzonej i nabytej. Tworzy się błędne koło, w którym powstaje tendencja do osłabienia funkcji antyoksydacyjnych, które bezpośrednio degradują system immunologiczny. W przypadku chorób infekcyjnych lub metabolicznych taki stan utrudnia powrót do zdrowia. Dodatkowo dziecko z zaburzeniami bariery antyoksydacyjnej i ze słabą immunologią, ma mało wydajne mechanizmy detoksykacyjne. Dlatego bardzo szybko w organizmie dziecka kumulują się metale

toksyczne, które zawsze znajdują się w naszym środowisku. Ich ilość dla zdrowego człowieka nie stanowi zagrożenia, ale dla młodego rosnącego organizmu z zaburzeniami immunologicznymi jest bardzo dużym problemem. Kumulujące się w organizmie dziecka pierwiastki toksyczne (ołów, rtęć, kadm, arsen) zaburzą procesy wzrostu i dojrzewania organizmu. Pojawiają się złe tendencje zdrowotne. Dlatego w dzisiejszych czasach mamy pandemię np.: alergii i problemów psycho - emocjonalnych (układ immunologiczny jest bezpośrednio powiązany z układem nerwowym). W pierwszych latach karmienia piersią mama musi mieć bardzo dobrze odżywiony organizm, ponieważ karmienie piersią dostarcza wielu czynników humoralnych, które chronią organizm dziecka przed zakażeniami i alergiami, wspierając tym samym jego naturalne mechanizmy obronne bariery antyoksydacyjnej.

4. Czynniki wpływające na barierę antyoksydacyjną u dorosłych

W przeciwieństwie do dzieci, u których sprawność bariery jest procesem dojrzewania, u osób dorosłych jest ona przede wszystkim kształtowana i modulowana przez czynniki modyfikowalne, takie jak styl życia i ekspozycja na środowisko zewnętrzne.

Czynniki środowiskowe i nawyki żywieniowe

Nieodpowiednia dieta, oparta na żywności wysoko przetworzonej, tłuszczach trans i prostych cukrach, jest jednym z głównych czynników zwiększających produkcję wolnych rodników. Z drugiej strony, dieta bogata w naturalne antyoksydanty zawarte w owocach, warzywach, zbożach, orzechach i strączkach wspiera naturalne mechanizmy obronne organizmu. Do kluczowych czynników generujących stres oksydacyjny u

dorostych należą również: promieniowanie UV, zanieczyszczenia powietrza, palenie tytoniu i spożywanie alkoholu.

Rola aktywności fizycznej

Wpływ aktywności fizycznej na barierę antyoksydacyjną ma charakter dwubiegunowy. Umiarkowany i regularny wysiłek, działając na zasadzie hormezy, wzmacnia enzymatyczną obronę antyoksydacyjną organizmu, co sprzyja utrzymaniu równowagi między produkcją wolnych rodników a zdolnościami neutralizacyjnymi. Z kolei nadmierny, długotrwały wysiłek fizyczny bez odpowiedniej regeneracji może prowadzić do przeciążenia mechanizmów obronnych i nasilenia stresu oksydacyjnego, co dotyczy zwłaszcza sportowców wyczynowych.

Wpływ przewlekłego stresu

Długotrwały stres psychiczny ma głęboki wpływ na stan fizjologiczny organizmu, w tym na barierę antyoksydacyjną. Uwalnia on kaskadę reakcji chemicznych, prowadząc do zwiększonej produkcji reaktywnych form tlenu. Stres chroniczny podnosi poziom kortyzolu, co wywołuje stany zapalne, które z kolei nasilają stres oksydacyjny. W ten sposób tworzy się samonapędzający się, destrukcyjny cykl, w którym problem psychologiczny manifestuje się w postaci fizjologicznego uszkodzenia, np. na poziomie komórek skóry czy jelit. Ostatecznie, uszkodzenia te prowadzą do przyspieszonego starzenia się skóry (np. zmarszczki, utrata elastyczności) oraz do rozwoju chorób przewlekłych.

Czynniki genetyczne

Indywidualne predyspozycje genetyczne, takie jak polimorfizmy, mogą znacząco wpływać na wydajność bariery antyoksydacyjnej u osób dorosłych. Polimorfizmy genów kodujących enzymy antyoksydacyjne, np. genu SOD-2, mogą skutkować obniżoną aktywnością tych enzymów,

zwiększając podatność organizmu na stres oksydacyjny, zwłaszcza w warunkach dużego obciążenia fizycznego. Innym przykładem jest polimorfizm genu COMT, wpływający na metabolizm hormonów stresu. U osób z tą mutacją hormony stresu działają dłużej, co prowadzi do wzmożonej produkcji wolnych rodników i zwiększa zapotrzebowanie na wsparcie antyoksydacyjne.

5. Czynniki wpływające na barierę antyoksydacyjną u seniorów

U osób starszych wydolność bariery antyoksydacyjnej spada w wyniku naturalnych procesów degeneracyjnych, a dodatkowo jest obciążana przez złożone czynniki zdrowotne, takie jak choroby przewlekłe i stosowanie wielu leków.

Naturalne procesy starzenia

Starzenie się jest procesem fizjologicznym, który wiąże się ze stopniowym spadkiem wydajności enzymów antyoksydacyjnych, co zwiększa podatność organizmu na stres oksydacyjny. Teorie wolnorodnikowa i mitochondrialna starzenia zakładają, że uszkodzone mitochondria, będące głównym źródłem wolnych rodników, produkują ich coraz więcej, tworząc błędne koło prowadzące do postępujących uszkodzeń. Dodatkowo, z każdym podziałem komórkowym skracają się telomery - końcowe fragmenty chromosomów. Po osiągnięciu krytycznej długości komórki tracą zdolność do podziału i obumierają, co jest jednym z fundamentalnych mechanizmów biologicznego starzenia i ogranicza zdolności regeneracyjne organizmu.

Choroby przewlekłe i leki

Choroby typowe dla wieku podeszłego, takie jak cukrzyca, miażdżyca czy schorzenia neurodegeneracyjne, są ściśle związane ze stresem oksydacyjnym i przewlekłymi stanami zapalnymi. Stres oksydacyjny jest zarówno ich przyczyną, jak i skutkiem.

Unikalnym i szczególnie istotnym wyzwaniem dla seniorów jest **polipragmazja**, czyli jednoczesne stosowanie wielu leków, co zwiększa ryzyko niekorzystnych interakcji i działań niepożądanych. Mechanizmy farmakokinetyczne, takie jak wchłanianie, dystrybucja, metabolizm i wydalanie leków, ulegają znaczącym zmianom z wiekiem. Zmniejsza się masa i sprawność wątroby, pogarsza się przepływ krwi w układzie pokarmowym, a enzymy wątrobowe stają się mniej aktywne. Te zmiany prowadzą do wydłużenia czasu półtrwania leków i ich kumulacji w organizmie, co może skutkować toksycznością.

Dodatkowo, przewlekłe stany chorobowe oraz unieruchomienie mogą prowadzić do niedożywienia, co zaburza wchłanianie substancji odżywczych i leków rozpuszczalnych w tłuszczach, a także osłabia eliminację szkodliwych metabolitów. Istnieją również leki (np. antykoncepcyjne czy sterydy), które mogą bezpośrednio generować stres oksydacyjny, co w połączeniu z osłabionym metabolizmem staje się podwójnym obciążeniem dla organizmu seniora.

6. Analiza porównawcza i synteza wniosków

Analiza czynników wpływających na barierę antyoksydacyjną w różnych grupach wiekowych ujawnia zarówno wspólne, jak i unikalne mechanizmy, które decydują o jej sprawności.

Dieta, genetyka i aktywność fizyczna to uniwersalne determinanty, jednak ich rola i kontekst są specyficzne dla danego etapu życia. U dzieci kluczowym czynnikiem jest **fizjologiczna niedojrzałość** systemu. Ich bariera jest dynamicznie rozwijającym się procesem, który jest wspierany przez prawidłowe odżywianie i chroniony przed nadmiernym obciążeniem.

U dorosłych o sprawności bariery decydują przede wszystkim **czynniki modyfikowalne**, takie jak styl życia, chroniczny stres i zanieczyszczenia środowiska. W tej grupie obserwuje się złożone pętle sprzężenia zwrotnego, np. między stresem psychicznym a uszkodzeniami fizjologicznymi.

Z kolei u seniorów bariera jest osłabiana przez **naturalną degenerację** (spadek aktywności enzymów, skracanie telomerów) oraz przez **złożoność medyczną** związaną z chorobami współistniejącymi i polipragmazją. U osób w podeszłym wieku, sam proces leczenia może stać się źródłem stresu oksydacyjnego ze względu na zaburzenia farmakokinetyki leków.

Istnieje również płynne przejście między tymi etapami, a czynniki z jednego okresu życia wpływają na kolejny. Genetyczne predyspozycje z dzieciństwa mogą determinować podatność na zmęczenie w dorosłym życiu. Z kolei chroniczne obciążenie organizmu niewłaściwym stylem życia w wieku dorosłym (np. zanieczyszczenia, stres, zła dieta) kumuluje się i przyczynia się do rozwoju chorób dominujących w wieku senioralnym, co dodatkowo osłabia barierę antyoksydacyjną i przyspiesza proces starzenia.

Poniższa tabela podsumowuje kluczowe czynniki wpływające na barierę antyoksydacyjną w poszczególnych grupach wiekowych.

Czynnik	Dzieci	Dorośli	Seniorzy
Fizjologia	Fizjologiczna niedojrzałość bariery, dynamiczny rozwój systemu	Stabilny, w pełni wykształcony system	Spadek aktywności enzymów, degradacja mitochondriów, skracanie telomerów
Dieta	Niezbędna do rozwoju odporności; karmienie piersią, dieta bogata w antyoksydanty	Kluczowy czynnik modyfikowalny; przetworzona żywność vs. dieta roślinna	Utrudnione wchłanianie substancji; zapobieganie niedożywieniu
Aktywność fizyczna	Wzmacnia odporność	Umiarkowana wzmacnia barierę; nadmierna może być prooksydacyjna	Musi być dostosowana do stanu zdrowia i konsultowana z lekarzem
Stres	Związany z infekcjami i niedożywieniem	Przewlekły stres psychiczny generuje RFT i stany zapalne ¹	Niską odporność psychiczną nasilają czynniki społeczne i środowiskowe
Genetyka	Wpływa na aktywność enzymów od urodzenia; polimorfizmy	Wpływa na reakcję na stres fizyczny i psychiczny (np. COMT, SOD-2)	Wpływa na podatność na choroby wieku starczego

Inne czynniki	Mleko matki, unikanie zanieczyszczeń	Promieniowanie UV, zanieczyszczenia, używki (papierosy, alkohol)	Polipragmazja, zmieniona farmakokinetyka leków, choroby przewlekłe
----------------------	--------------------------------------	--	--

7. Rekomendacje i praktyczne wskazówki

Podejście do wzmacniania bariery antyoksydacyjnej powinno być zindywidualizowane i dostosowane do specyficznych wyzwań każdej grupy wiekowej.

- **Dzieci:** Kluczowe jest wspieranie ich naturalnego rozwoju. Zaleca się zapewnienie zbilansowanej diety bogatej w antyoksydanty, z naciskiem na spożywanie co najmniej 400 gramów warzyw i owoców dziennie. W przypadku niemowląt, karmienie piersią dostarcza cennych czynników wspierających odporność. Należy również minimalizować ekspozycję na czynniki środowiskowe, takie jak dym papierosowy czy zanieczyszczenia.
- **Dorośli:** Rekomendacje koncentrują się na modyfikacji stylu życia w celu zminimalizowania obciążenia wolnymi rodnikami. Podstawą jest zrównoważona dieta, zawierająca produkty bogate w antyoksydanty (np. warzywa, owoce, orzechy, oleje roślinne, przyprawy). Niezbędna jest także umiarkowana, regularna aktywność fizyczna (150-300 minut tygodniowo o umiarkowanej intensywności), unikanie używek i nadmiernej ekspozycji na promieniowanie UV. Kluczowa jest również redukcja stresu chronicznego poprzez techniki relaksacyjne, które przerywają destrukcyjne pętle fizjologiczne.

- **Seniorzy:** Celem jest wsparcie naturalnie osłabionego systemu. Zaleca się dietę bogatą w antyoksydanty oraz, w razie niedoborów, rozważenie suplementacji po konsultacji z lekarzem lub dietetykiem. Aktywność fizyczna powinna być dostosowana do indywidualnego stanu zdrowia i kondycji. W przypadku stosowania wielu leków, niezbędna jest ścisła współpraca z lekarzem w celu monitorowania dawek i unikania potencjalnie szkodliwych interakcji, co pomoże ograniczyć obciążenie organizmu.

8. Podsumowanie

Sprawność bariery antyoksydacyjnej to dynamiczny wskaźnik zdrowia, który zmienia się w ciągu życia. U dzieci jej wydolność zależy od etapu rozwoju fizjologicznego, a kluczowe jest wspieranie jej wzrostu poprzez odpowiednie odżywianie. U dorosłych to przede wszystkim styl życia i ekspozycja na czynniki środowiskowe determinują jej stan, zagrażając równowadze między antyoksydantami a wolnymi rodnikami. Z kolei u seniorów bariera ulega naturalnej degeneracji, a jej wydolność jest dodatkowo osłabiana przez procesy chorobowe i złożoną farmakoterapię. Utrzymanie wydolności bariery antyoksydacyjnej wymaga zatem zindywidualizowanego, holistycznego podejścia, uwzględniającego wiek oraz unikalne wyzwania na każdym etapie życia. Najlepszym sposobem na uzyskanie optymalnego stanu odżywienia organizmu jest analiza pierwiastkowa włosów (APW w NZOZ Biomol-Med), dzięki której każdy może uzupełnić braki żywieniowe, wyeliminować nadmiar i usunąć pierwiastki toksyczne.

Cytowane prace

1. Stres oksydacyjny: co to, przyczyny, objawy, badanie, jak leczyć - Natu.Care, <https://natu.care/pl/zdrowie/stres-oksydacyjny>
2. Antyoksydanty - czym są i jaką rolę pełnią w organizmie? - formeds.pl, <https://formeds.pl/blogs/blog-przepisy/antyoksydanty-czym-sa-i-jaka-role-pelnia-w-organizmie>
3. Stres oksydacyjny i jego wpływ na procesy starzenia się - enel-med, <https://enel.pl/enelzdrowie/uroda/stres-oksydacyjny-i-jego-wplyw-na-procesy-starzenia-sie>
4. Antyoksydanty. Wszystko, co chcesz wiedzieć o ich wpływie na zdrowie - Dietetycy.org, <https://dietetycy.org.pl/antyoksydanty/>
5. Antyoksydanty (przeciwutleniacze). Rodzaje, źródła, jak dbać o ich optymalny poziom - Centrum Wiedzy ALAB laboratoria, <https://www.alab.pl/centrum-wiedzy/antyoksydanty-przeciwutleniacze-rodzaje-zrodla-jak-dbac-o-ich-optymalny-poziom/>
6. Stres oksydacyjny cz. 4 - system antyoksydacyjny - ALAB, <https://www.alab.pl/centrum-wiedzy/stres-oksydacyjny-cz-4-system-antyoksydacyjny/>
7. Antyoksydanty (przeciwutleniacze) - źródła i działanie - Zwrotnikraka.pl, <https://www.zwrotnikraka.pl/antyoksydanty-przeciwutleniacze-profilaktyka-raka/>
8. Stres oksydacyjny: objawy, przyczyny i skuteczne metody ochrony - unicornbeauty, <https://unicornbeauty.com.pl/stres-oksydacyjny>
9. Suplementy na stres oksydacyjny - niezbędny na sezon wakacyjny - Sklep Życia, <https://www.sklepzycia.pl/pl/n/Suplementy-na-stres-oksydacyjny-niezbednik-na-sezon-wakacyjny/360>
10. Jak stres oksydacyjny powoduje starzenie się organizmu? Jak go wyeliminować? - Gabinet kosmetyczny Poczucie Piękna, <https://www.poczuciepiekna.pl/wszystkie-aktualnosci/354-jak-stres-oksydacyjny-powoduje-starzenie-sie-organizmu>
11. Ocena wybranych parametrów układu antyoksydacyjnego w erytrocytach u wcześniaków badanych przesiewowo w kierunku ROP - Klinika Oczna, <https://www.klinikaoczna.pl/Journal/-124/pdf-48926-10>

12. Untitled - Wydział Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, <https://naukiozdrowiu.umed.lodz.pl/wp-content/uploads/2019/10/autoreferat-1.pdf>
13. Rola wybranych czynników żywieniowych w kształtowaniu odporności dzieci, <http://phie.pl/pdf/phe-2017/phe-2017-2-110.pdf>
14. W jaki sposób żywienie dzieci wpływa na ich rozwój poznawczy i wyniki w nauce?, [https://ncez.pzh.gov.pl/dzieci-i-młodzież/dzieci-przedszkolne-i-szkolne/w-jaki-sposob-zywienie-dzieci-wplywa-na-ich-rozwoj-poznawczy-i-wyniki-w-nauce/](https://ncez.pzh.gov.pl/dzieci-i-mlodziez/dzieci-przedszkolne-i-szkolne/w-jaki-sposob-zywienie-dzieci-wplywa-na-ich-rozwoj-poznawczy-i-wyniki-w-nauce/)
15. Środa z profilaktyką - Stres oksydacyjny - zasady profilaktyki - NFZ ŁÓDŹ, <https://www.nfz-lodz.pl/dlapacjentow/nfz-blizej-pacjenta/9467-sroda-z-profilaktyka-stres-oksydacyjny-zasady-profilaktyki>
16. Ten krem ochrania skórę jak tarcza. Niestraszny mu wiatr, mróz ani słońce. Hit! - Uroda, <https://kobieta.onet.pl/uroda/ten-krem-ochrania-skore-jak-tarcza-niestraszny-mu-wiatr-mroz-ani-slonce-hit/1zbzcjh>
17. Starzenie organizmu - objawy, przyczyny. Jak je opóźnić?, <https://bmpharma.pl/blogs/post/starzenie-organizmu>
18. Aktywność fizyczna a stres oksydacyjny - Narodowe Centrum Edukacji Żywieniowej, https://ncez.pzh.gov.pl/ruch_i_zywienie/aktywnosc-fizyczna-a-stres-oksydacyjny/
19. Antyoksydanty, wolne rodniki - a aktywność fizyczna - Dietetycy.org, <https://dietetycy.org.pl/antyoksydanty-wolne-rodniki-a-aktywnosc-fizyczna/>
20. Stres a skóra: jak emocje wpływają na Twoją cerę? - Medicare.pl, <https://www.medicare.pl/artykuly/stres-a-skora-jak-emocje-wplywaja-na-twoja-cere.html>
21. Mutacja i polimorfizm genetyczny - czym są? - Mito-Med, <https://mito-med.pl/artukul/mutacje-genetyczne-i-polimorfizmy-a-zapotrzebowanie-na-antyoksydanty>
22. Oxidative stress and aging | Request PDF - ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/51445714_Oxidative_stress_and_aging
23. Zmiany farmakodynamiki i farmakokinetyki leków u osób starszych - Aptekarz.pl, <https://aptekarz.pl/zmiany-farmakodynamiki-i-farmakokinetyki-lekow-u-osob-starszych/>
24. Stres oksydacyjny - objawy skórne i ogólnoustrojowe - Avene, <https://www.eau-thermale-avene.pl/a/stres-oksydacyjny>

25. Stres oksydacyjny: Jakie są jego skutki i jak go redukować? - HomeDoctor, <https://homedoctor.pl/stres-oksydacyjny-jakie-sa-jego-skutki-i-jak-go-redukowac/>