

Autor: Jakub Mauricz,

Temat: Antyoksydanty

Obecnie coraz więcej mówi się o destrukcyjnym charakterze wolnych rodników. Brzmi dość tajemniczo, a jest to nazwa dla wysoce agresywnych cząsteczek z niesparowanym elektronem. Te naturalnie występujące związki tworzą się w organizmie chociażby w wyniku przeprowadzanych procesów oddychania komórkowego. W przyrodzie wszelkie procesy dążą do stanu równowagi, więc wolne rodniki „kradną” elektrony od innych cząsteczek, one zaś od kolejnych. W umiarkowanej ilości ich działanie jest całkowicie naturalne i ma dobroczynny wpływ na wiele procesów, które bez wolnych rodników nie miałyby racji bytu – biorą udział w przekazywaniu informacji pomiędzy komórkami i w obronie organizmu przed wirusami i bakteriami, a także katalizują wiele szlaków metabolicznych, w tym procesy budowy masy mięśniowej. O ile niewielka ilość reaktywnych form tlenu ma zbawienne działanie dla organizmu, o tyle nadmierna ilość cząsteczek z niesparowanym elektronem sprzyja rozwojowi chorób układu krążenia, nowotworów, cukrzycy, czy zwyrodnieniu plamki żółtej. Lawinowemu powstawaniu wolnych rodników zapobiegają antyoksydanty, zarówno te wytwarzane przez organizm, jak i te dostarczane wraz z pożywieniem. W niniejszym artykule zajmiemy się kompleksowo rolą antyoksydantów i stresu oksydacyjnego w ciele człowieka.

Czym są wolne rodniki?

Wolne rodniki, to cząsteczki – najczęściej tlenu, stąd też bywają często określane jako jego reaktywne formy – posiadające na zewnętrznej orbicie pojedynczy, niesparowany elektron. Dążąc do przyłączenia lub oddania elektronu wykazują dużą aktywność chemiczną utleniając każdy związek z którym mają kontakt. Innymi słowami, chcą ukraść jeden elektron od innej cząsteczki – komórki napotkanej na swojej drodze. Ten stan braku równowagi pomiędzy działaniem reaktywnych form tlenu, a biologiczną zdolnością do szybkiej detoksykacji reaktywnych produktów pośrednich lub naprawy wyrządzonych szkód nazywamy stresem oksydacyjnym. Wszystkie formy życia na świecie utrzymują w komórkach środowisko redukujące, które jest zachowywane przez aktywność enzymów podtrzymujących stan redukcji poprzez ciągły dopływ energii metabolicznej celem zachowania stanu równowagi. Zaburzenia w prawidłowym stanie redukcji mogą wywołać toksyczne działanie poprzez produkcję wolnych rodników oraz nadtlenków – charakterystyczną cechą nadtlenków jest wiązanie pomiędzy atomami tlenu (mostek tlenowy), które łatwo ulega rozerwaniu, przez co nadtlenki mają bardzo silne właściwości utleniające i generują wolne rodniki – powodujących

oksydacyjne uszkodzenia wszystkich składników komórki, a szczególnie dotkliwe dla komórki są uszkodzenia lipidów, białek oraz DNA.

Stres oksydacyjny wywołuje uszkodzenie tkanek między innymi w wyniku napromieniowania i hiperoksji. Podejrzewa się jego znaczącą rolę w chorobach neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Lou Gehriga, choroba Alzheimera, choroba Parkinsona, a nawet w chorobie Huntingtona biorąc pod uwagę możliwe uszkodzenie DNA przez wolne rodniki. Uważa się, że stres oksydacyjny jest powiązany z chorobą sercowo-naczyniową, ponieważ utlenianie lipoproteiny LDL w śródbłonku naczyniowym prowadzi do powstania prekursorów blaszki miażdżycowej. Jednak umiarkowanie występujący stres oksydacyjny może także odgrywać znaczącą rolę w zapobieganiu starzeniu się w mechanizmie mitohormozy. Już w XVI wieku szwajcarski lekarz Paracelsus stwierdził, że to dawka (a nie substancja) czyni truciznę, a więc zjawisko hormozy polega na tym, że czynnik występujący w przyrodzie, szkodliwy dla organizmu w większych dawkach, w małych dawkach działa nań korzystnie. Takie sklasyfikowanie stresu oksydacyjnego byłoby chyba najbardziej trafne. Reaktywne formy tlenu w niewielkich ilościach mogą przynosić korzyści, ponieważ są używane między innymi przez układ odpornościowy do atakowania i zabijania patogenów. Reaktywne formy tlenu mają także znaczenie w sygnalizacji komórkowej, co określa się jako sygnalizację redoks.

W prasie branżowej często mówi się o korzystnym wpływie wolnych rodników na organizm sportowca i proces regeneracji mięśniowej, jednak jest to uzależnione w dużej mierze rodzajem adaptacji treningowej jakiej poddajemy sportowca. W przypadku sportów o charakterze sprinterskim, cechującymi się intensywną pracą w małej jednostce czasu stres oksydacyjny jest czynnikiem inicjującym mobilizację receptorów do wysyłania sygnałów o potrzebę regeneracji tkanek. Z kolei w sportach o charakterze wytrzymałościowym, nastawionych na wysoką objętość przy stosunkowo niskiej objętości zalecana jest stała kontrola stresu oksydacyjnego poprzez wspieranie się odpowiednimi źródłami pożywienia, jak witaminy A, E, C, nutraceutykami – takimi jak likopen, karotenoidy, ksantofile, wielonienasycone kwasy omega-3, ale również jony przejściowe metali, takie jak mangan, cynk, czy selen. Kiedy rozpatrujemy wolne rodniki i stres oksydacyjny, należy pamiętać głównie o osobach uzależnionych od palenia papierosów, jak również o sportowcach, ponieważ w przypadku obu tych grup narażenie na uszkodzenia wolnorodnikowe jest o wiele większe ze względu na dużo intensywniej przeprowadzane procesy oddychania komórkowego oraz w przypadku palaczy na olbrzymią ilość wchłanianych wolnych rodników z dymem papierosowym. Badacze szacują, że szkodliwe są nie tylko substancje smoliste i węglowodory aromatyczne, ale również inne substancje będące wolnymi rodnikami zawarte w dymie tytoniowym wdychanym i wydychanym przez palaczy. Wysoka toksyczność reaktywnych form tlenu utrzymuje się w wyziewach aż do 10 minut, stąd też ostrzeżenia

przed paleniem biernym – przebywaniem w towarzystwie osób palących. O ile w przypadku palaczy sensowna wydaje się być dieta bogata w antyoksydanty 24 godziny na dobę, o tyle w przypadku sportowców należy wyróżnić okresy, kiedy stres oksydacyjny wspomaga rozwój adaptacji i powinien występować w ilościach możliwych do okiełznania, jak również stan, kiedy ich działalność powinna być za wszelką cenę hamowana.

Charakterystyka wolnych rodników

Zazwyczaj rozróżnia się wolne rodniki ze względu na ich pochodzenie, a więc głównie organiczne lub nieorganiczne. Do tych drugich zaliczamy między innymi:

Anionorodnik ponadtlenny – stanowi prekursor dla reaktywnych form tlenu. Stężenie rodników w organizmie jest znacznie niższe od związków biologicznych. Dlatego z braku substratów w postaci wolnych rodników anionorodnik ponadtlenny atakuje organizm człowieka. Najbardziej zagrożone są białka zawierające cysteinę, kolagen, NADH, jak również askorbinian i metale przejściowe.

Rodnik hydroksylowy – jest bardzo groźnym rodnikiem dla organizmu ludzkiego. Ze względu na mnogość mechanizmów powstawania, a także dużą reaktywność oraz szerokie spektrum działania jest niezaprzeczalnym wrogiem struktur biologicznych człowieka. Najbardziej niepokojące jest negatywne oddziaływanie na DNA i RNA. Może to prowadzić do mutacji, co w konsekwencji odbija się najczęściej negatywnie na zdrowiu atakowanej osoby jak i jego potomstwa.

Tlen singletowy – posiada na jednym z orbitali lub na każdym orbitalu po jednym elektronie o antyrównoległe skierowanych spinach. Cząsteczka ta chcąc przejść w stan bardziej stabilny może przekazywać energię wzbudzenia innym cząsteczkom. Niekorzystną sytuacją dla organizmu ludzkiego, wywołaną przez tlen singletowy, będzie na przykład przyłączanie się do wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, a także utlenianie aminokwasów: histydyny, metioniny, tryptofanu i tyrozyny. Niepokojącym zjawiskiem jest oddziaływanie na zasady purynowe i pirymidynowe, które stanowią podstawę DNA.

Do rodników organicznych z kolei zaliczamy między innymi:

Rodniki alkoksylowe – powstają poprzez rozpad, bądź też przemiany substancji zawierających w swojej strukturze labilny tlen. Ma to miejsce podczas utleniania lipidów, aminokwasów, białek, czy też kwasów nukleinowych. Przykładem powstania powyższych rodników jest rozpad wodoronadtlenków kwasów tłuszczowych, w czasie peroksydacji lipidów, dlatego rodnik ten

powstaje przy długotrwałym smażeniu jedzenia w wysokiej temperaturze i wpływa negatywnie na profil lipidowy krwi.

Wodoronadtlenki alkilowe – pełni podobną rolę co rodniki alkoksylowe. Związki te powstają przykładowo podczas peroksydacji lipidów, kiedy to atom wodoru ulega przyłączeniu do cząsteczki rodnika nadtlenkowego. Wodoronadtlenki z racji swojej niestabilności rozpadają się do rodników: hydroksylowego i alkoksylowego. Wodoronadtlenki wielonienasyconych kwasów tłuszczowych podatne są na przemiany z wytworzeniem cyklicznych układów nadtlenkowych, co wiąże się z dalszymi procesami utlenienia.

Największe zagrożenia dla organizmu płynące z wolnych rodników

Kiedy zdolność naszego organizmu do degradowania reaktywnych form tlenu zostaje zaburzona, ich toksyczna działalność prowadzi do szeregu komplikacji zdrowotnych, do których zaliczamy między innymi:

Błona komórkowa - w warunkach prawidłowych jest ona porowata, co pozwala na przechodzenie do komórki substancji odżywczych i wydalenie z niej zbędnych produktów przemiany materii. W przypadku zaatakowania błony komórkowej może dojść do jej rozerwania i wypływu zawartości wnętrza komórkowego lub do jej zablokowania. Każde z tych uszkodzeń powoduje przedwczesną śmierć komórki.

DNA – gdy wolne rodniki znajdują się w jądrze komórkowym, łatwo im zaatakować materiał genetyczny niezbędny do podziału komórki. Czasami wolny rodnik atakuje tylko gen i powoduje zakłócenie informacji genetycznej. Inny rodzaj uszkodzenia to sprzężenie krzyżowe, w którym dochodzi do trwałego połączenia DNA z łańcuchem białka, co nie pozwala na jego replikację. Mechanizm ten uważa się obecnie za przyczynę rozwoju nowotworów.

Lipidy – w procesie określonym jako peroksydacja lipidów (tworzenie grup nadtlenkowych) nadtlenek wodoru lub nadazotan zaczyna atakować substancje tłuszczowe krwi i tkanek. Przykładem jest cholesterol o niskiej gęstości (LDL), który po uszkodzeniu przez wolne rodniki i w wyniku zmian w układzie odpornościowym przemienia się w napęczniałą, lepka drobinę, tworzącą blaszkę zwężającą ścianę tętnicy. To stwardnienie ścian tętnic (miażdżyca) stanowi źródło chorób serca i udarów mózgu. Peroksydacja tłuszczów jadalnych powoduje, że stają się zjełczałe i trujące dla organizmu.

Lizosomy – są to drobne skupienia enzymów wewnątrz komórki. Ich rolą jest trawienie różnych substancji poza błoną, która je otacza. Kiedy wolne rodniki uszkodzą tę otoczkę, enzymy niszczą wewnątrz komórki, a następnie sąsiednie

komórki – w procesie tym dochodzi również do powstania kolejnych wolnych rodników.

Mitochondria – są to piece energetyczne komórki. Gdy ich czynność zostanie przerwana przez wolne rodniki, komórka traci energię potrzebną jej do pracy. W miarę zwiększania się liczby komórek o niskiej energii zmniejsza się ilość energii całego ciała, które jest stale zmęczone i ma trudności ze zwalczaniem choroby.

Oddychanie komórkowe – naturalna fabryka wolnych rodników

Najważniejszym źródłem reaktywnych form tlenu w warunkach normalnych u organizmów jest prawdopodobnie „wyciekanie” zaktywowanego tlenu z mitochondriów w czasie oddychania komórkowego. Do innych enzymów, które potrafią produkować ponadtlenki należą między innymi cytochromy P450, oksydaza ksantynowa oraz oksydazy NADPH. Nadtlenek wodoru jest produkowany przez liczne enzymy, w tym kilka oksydaz. Reaktywne formy tlenu odgrywają znaczącą rolę w sygnalizacji komórkowej, w procesie zwanym sygnalizacją redoks. Z tego powodu komórki muszą utrzymywać równowagę pomiędzy produkcją, a zużywaniem reaktywnego tlenu, aby zachować homeostazę. Występuje tu tak zwany „paradoks tlenowy” polegający na tym, że ten sam tlen, który jest niezbędny do życia w chwili, gdy wnika do organizmu wytwarza produkty swego metabolizmu – wolne rodniki, które są poważnym zagrożeniem dla zdrowia. Człowiek w ciągu doby zużywa około 350 litrów tlenu, znacznie więcej, jeżeli regularnie uprawia aktywność fizyczną, gdyż wzmacnia ona wentylację płuc mniej więcej 20-krotnie w czasie intensywnych ćwiczeń. W warunkach fizjologicznych wykorzystuje około 98% komórkowego tlenu w mitochondriach. Pozostałe 2% tlenu jest redukowane do rodnika nadtlenkowego lub nadtlenku wodoru. Jeśli założymy, że jest to tylko 1%, to w ciągu roku produkujemy 2 kg wolnych rodników. Do tego należy dodać stałą produkcję wolnych rodników, powstającą w trakcie detoksykacji różnych zanieczyszczeń chemicznych, leków oraz innych endogennych produktów rozpadu. Obliczono, że u 20-lątka każda komórka ciała codziennie narażona jest na około 100 000 „uderzeń wolnych rodników. Ilość ta rośnie w miarę upływu lat.

Naturalne mechanizmy obronne organizmu

Organizm ludzki całkiem nieźle radzi sobie z nadprogramową ilością reaktywnych form tlenu. Najlepiej zbadanymi enzymatycznymi antyoksydantami komórkowymi są: dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), katalaza oraz peroksydaza glutationowa. Słabiej poznanymi (lecz prawdopodobnie tak samo ważnymi) oksydantami enzymatycznymi są peroksydyny i niedawno

odkryty związek o nazwie sulfideroksin. Inne enzymy o ważnych właściwościach (choć nie najważniejszych w tym procesie) to paraoksynazy, transferazy glutationowe-S i dehydrogenazy aldehydowe.

Na szczególną uwagę jednak zasługuje glutation, który koncentruje się głównie w wątrobie, gdzie odgrywa funkcje głównego czynnika detoksykacyjnego. Glutation jest najważniejszym nieenzymatycznym czynnikiem antyoksydacyjnym, jakim dysponuje organizm. Ten peptyd występuje w każdej komórce organizmu, szczególnie bogate w jego zasoby są nerki, wątroba i soczewka oka. W sytuacji zagrożenia chorobami zwyrodnieniowymi występuje konieczność dostarczania glutationu z dietą. Jest on głównym, występującym naturalnie detoksykantem w komórkach. Inne, mniej liczne związki z tej grupy, takie jak witaminy C i E, w swoim działaniu są zależne od glutationu, ale witaminy te są po ich utlenieniu przywracane przez glutation do dobrej, użytecznej formy (zredukowanej). Glutation w płynach międzykomórkowych, absorbowany w małej ilości z pożywienia detoksykuje płyny, zapobiegając w ten sposób penetracji toksyn do komórek. Ten silny antyutleniacz zawierający siarkę jest kluczowym składnikiem w neutralizacji nadtlenu wodoru w tłuszczach i w samym cyklu glutationowym. Organizm nie jest w stanie absorbować glutationu jako takiego. Związek ten musi być produkowany przez samą komórkę. Aby podnieść poziom glutationu, należy dostarczyć organizmowi składniki potrzebne do jego syntezy. Witamina C wspomaga utrzymanie wysokiego poziomu glutationu. Witamina C, E oraz β -karoten są także silnymi antyoksydantami i chronią neurony przed toksycznym działaniem wielu czynników. Glutation jako antyoksydant stabilizuje błony lizosomów i hamuje uwalnianie katabolicznych enzymów lizosomalnych. Jako transporter aminokwasów w cyklu gamma glutamylowym, ułatwia syntezę białka i sprzyja tworzeniu dodatniego bilansu azotowego. Zwiększa uwodnienie komórek oraz zasoby glikogenu mięśniowego. Zwiększa poziom hormonu wzrostu, obniża poziom kortyzolu, przyspiesza redukcję tkanki tłuszczowej, wspomaga odporność, łagodzi objawy zmęczenia, obniża poziom kwasu mlekowego. Działa jako substancja odtruwająca oraz uczestniczy w przemianie nadtlenu wodoru w wodę w reakcji katalizowanej przez enzym peroksydazę glutationową, co zwiększa żywotność erytrocytów.

Antyoksydanty

Antyoksydanty nazywane też przeciwutleniaczami albo antyutleniaczami to grupa związków chemicznych posiadających możliwość neutralizowania wolnych rodników tworzących się pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, działania hormonów stresu, zanieczyszczenia środowiska, spożywania niektórych pokarmów, nałogów i w wyniku procesów starzenia. Antyoksydanty są substancjami, które zapobiegają uszkodzeniom komórek. Antyoksydanty dzielimy na endogenne, czyli występujące w każdej komórce enzymy, do których zaliczamy wspomniane wcześniej: dysmutazę

ponadtlenkową, katalazę, reduktazę glutationu i peroksydazę oraz egzogenne dostarczane do organizmu wraz z pożywieniem lub pod postacią suplementów (witaminy A,C, E, koenzym Q10, karotenoidy, ksantofile, selen, kwasy fenolowe, flawonoidy, cynk, mangan). Charakterystyka antyoksydantów bywa bardzo różny i najczęściej ujmuje podział ze względu na mechanizm działania lub pełnione funkcje.

Można wyróżnić trzy podstawowe mechanizmy działania:

- wychwyt aktywnych form tlenu i kierowanie wolnych rodników na tory terminacji,
- hamowanie reakcji inicjowanych przez reaktywne formy tlenu i wchodzenie w reakcje z produktami pośrednimi utleniania,
- chelatowanie jonów metali i uniemożliwianie ich oddziaływania z aktywnymi formami tlenu.

Przedstawione w uproszczeniu mechanizmy ukazują również zróżnicowanie pod względem spektrum działania. Jedne będą wychwytywać aktywne formy tlenu, inne natomiast produkty pośrednie, czy też metale umożliwiające powstawanie wolnych rodników. Dodatkowo antyoksydanty nie są rozmieszczone równomiernie w organizmie ludzkim (różne stężenie). Z uwagi na swoje działanie i miejsce przebywania chronią różne struktury biologiczne.

Należy dodatkowo nadmienić, że efekty przeciwutleniające tych związków wzajemnie się uzupełniają.

Spośród naturalnych antyoksydantów możemy wymienić kilka dużych grup, do których zaliczamy:

Polifenole – należą do największej grupy naturalnych antyoksydantów. Związki te są bardzo zróżnicowane pod względem struktury, swojej masy oraz właściwości fizykochemicznych i biologicznych. Związki fenolowe występują prawie w każdej rodzinie roślin wyższych, nie są jednak syntetyzowane w organizmach zwierzęcych, z tego też względu tak ważnym elementem codziennej diety jest chociażby wprowadzenie zielonej herbaty, zawierającej w liściach bardzo dużo polifenoli. Enzymy uczestniczące w przemianach tych antyoksydantów nie występują w organizmach zwierzęcych, dlatego zwierzęta nie mogą syntetyzować pierścieni fenolowych, jak i również ich rozkładać. Mają jednak zdolność przyswajania ich z diety roślinnej i akumulacji w tkankach. Do związków fenolowych można zaliczyć kwasy fenolowe, flawonoidy, lignany i stilbeny.

Flawonoidy – to obszerna grupa składająca się z ponad 4000 dotąd poznanych związków. Największe znaczenie mają katechiny, proantocyjanidyny, antocyjany i flawonole. Niektóre flawonole posiadają silniejsze działanie przeciwutleniające od witamin C i E.

Stilbeny – należą do fitoaleksyn, niskocząsteczkowych składników komórkowych o właściwościach antybakteryjnych. Wykryto je w winogronach i winach oraz wykazano, że mają właściwości antyoksydacyjne, a więc mogą być jednym z czynników wpływających na prozdrowotne właściwości wina. W winogronach zidentyfikowano cztery związki o strukturze stilbenów, przy czym dominującą formą jest resweratrol. Substancja ta jest jednym z najlepiej przebadanych składników przeciwutleniających wina oraz wykazuje największą aktywność antyoksydacyjną. W innych roślinach stilbeny są raczej rzadko spotykane.

ORAC – zbadaj antyoksydacyjną moc pożywienia

ORAC to angielski skrót od „zdolność do pochłaniania reaktywnych form tlenu”, (inaczej: pojemność antyutleniająca lub pojemność antyoksydacyjna) w próbkach biologicznych ujętych w większości przypadków w jedzeniu w formie warzyw, owoców, zbóż, a nawet przypraw. Porównując wartości ORAC dla poszczególnych owoców i warzyw należy zwrócić szczególną uwagę na jednostki, w których przedstawiono obliczenia – niektóre badania podają wartości ORAC w przeliczeniu na 1 gram suchej masy produktu spożywczego, inne w przeliczeniu na 1 gram świeżego (uwodnionego) produktu, a jeszcze inne w przeliczeniu na porcję przeznaczoną do konsumpcji. Stąd też niektóre szeroko stosowane metody porównawcze dają błędne rezultaty, z uwagi na porównywanie niewymiernych wielkości, np. jednostki ORAC dla wodnistej masy owocu w stosunku do jednostki ORAC w konsumpcyjnej porcji żywności. Co poniektóre porównania niesprawiedliwie zawyżą uzyskane wartości dla określonych preparatów, np. rodzynki mają większe właściwości przeciwutleniające na gram masy w porównaniu do winogron, z uwagi na odwodnienie. Podobnie arbuzy i melony z tego samego powodu wydają się nie posiadać właściwości przeciwutleniających z uwagi na olbrzymią procentową zawartość wody w ich miąższu.

Wartości potencjału antyoksydacyjnego wybranych produktów dostępnych w Polsce

Nazwa artykułu spożywczego	Potencjał antyoksydacyjny w 100g produktu (μ mol TE/100g)
Jagody aronii, świeże	15820
Awokado, świeże	1933
Migdały	4454

Orzechy włoskie	13541
Kapusta czerwona	2252
Banan	879
Gruszka, świeża	2941
Marchew, surowa	666
Śliwki, świeże	6259
Truskawki, świeże	3577

Osobiście uważam, że nie ma sensu zestawiać wartości ORAC dla przypraw, ponieważ wątpliwym jest zużywanie chociażby 10 g cynamonu, kolendry, bazylii, majeranku czy jakiegokolwiek innej przyprawy w ramach dnia lub posiłku.

Wnioski

Czy potrzebujemy antyoksydantów? Zdecydowanie tak, ponieważ z każdym oddechem generujemy wolne rodniki tlenowe, które niszczą nasze komórki, a organizm z upływem lat wytwarza coraz mniej własnych antyoksydantów. Biorąc pod uwagę fakt, że warunki w jakich żyjemy dodatkowo podwyższają poziom wolnych rodników, jedynym wyjściem pozostaje suplementacja. Możemy tutaj wyróżnić wiele produktów, ponieważ do antyoksydantów zaliczamy witaminy A, E i C, kwasy tłuszczowe, aminokwasy i inne związki.

Możemy zapobiec rozpadowi mięśni lub ich atrofii, blokując aktywność hormonów (kortyzolu) lub innych mediatorów immunologicznych (cytokin zapalnych), które wpływając na metabolizm białek mięśniowych zaburzają równowagę pomiędzy ich syntezą a rozpadem. Oprócz hormonów takich, jak kortyzol, negatywny wpływ na syntezę białek mięśniowych może wywierać także stres oksydacyjny. Zasugerowano, iż czynnik ten może wpływać na patogenezę degradacji mięśni szkieletowych na kilka sposobów, między innymi zwiększając rozpad białek. Stres oksydacyjny spowodowany jest brakiem równowagi między produkcją reaktywnych form tlenu a zdolnością organizmu do neutralizowania tych reaktywnych związków lub naprawy spowodowanych przez nie uszkodzeń. Wolne rodniki powstają w naszym organizmach każdego dnia. Kluczem jest więc zminimalizowanie ilości wytwarzanych przez nie usterek. Nasze ciało, w wyniku procesu oddychania i produkcji energii, ma nieprzerwany kontakt z tlenem. W konsekwencji produkowane są wolne rodniki będące reaktywnymi formami tlenu. Tak więc, oddychając szybko po zakończonej serii przysiadów, produkujemy wolne rodniki. Ale nie ma co się tym za bardzo przejmować, bo tak naprawdę nie mamy na to żadnego wpływu.

Powinniśmy za to zwrócić większą uwagę na zewnętrzne źródła wolnych rodników – pochodzące z naszej diety i otaczającego środowiska. Mam na myśli zanieczyszczenie, dym papierosowy, posiłki o dużej zawartości tłuszczów trans, spożywanie małych ilości owoców i warzyw, czy choćby zatrucie wody metalami ciężkimi. U ludzi nadmiar stresu oksydacyjnego powiązany został z wieloma chorobami, takimi jak miażdżyca, choroba Parkinsona, zawał serca, niewydolność serca, choroba Alzheimera i syndrom chronicznego zmęczenia. Dlatego tak ważnym czynnikiem okazuje się być zbilansowana dieta oraz suplementacja bogata w antyoksydanty.