

wieku wprowadzono termin **starzenie immunologiczne** (ang. *immunosenescence*), opierając się na pewnego rodzaju paradoksie obserwowanym u starszych osób, tj. nasileniu autoimmunizacji i uogólnionego stanu zapalnego (*inflamm-ageing*) z jednoczesnym deficytem immunologicznym. Późniejsze badania kliniczne potwierdziły, że proces starzenia się człowieka jest wynikiem zmian we właściwościach komórek immunologicznych i nieprawidłowo zachodzących procesów odpornościowych. Starzenie się układu odpornościowego jest procesem postępującym i nieodwracalnym, obejmującym obniżenie liczby w subpopulacjach limfocytów T i limfocytów B, osłabienie aktywności cytotoksycznej komórek NK oraz zaburzenia równowagi pro- i przeciwzapalnej poprzez zmiany wytwarzania takich cząsteczek, jak cytokiny IL-2, IL-4, IL-6, IL-10, IL-17, TNF- $\alpha$ , interferon INF- $\gamma$  i inne. Największe zmiany dotyczą limfocytów T, których funkcja w procesie starzenia się ulega upośledzeniu z powodu zaniku grasicy o ok. 3% rocznie do wieku średniego i ok. 1% rocznie przez resztę życia.

Często stosowanymi markerami natężenia immunosenescencji są: liczba dziewiczych limfocytów B, immunofenotyp limfocytów T i stosunek komórek CD4/CD8, stężenie białka C-reaktywnego i cytokin prozapalnych, zdolność prezentacji antygenów przez komórki dendrytyczne, liczba komórek NK z jednoczesnym określeniem ich aktywności cytotoksycznej, aktywność fagocytarna neutrofilii, długość telomerów w komórkach immunologicznych (tab. 26.2).

**Tabela 26.2.** Biomarkery charakteryzujące efektywność działania układu immunologicznego u osób starszych

Wskaźnik/liczba/stężenie	Związek ze starzeniem	Predyktor umieralności	Związek ze słabością/obniżoną sprawnością funkcjonalną
Komórki B	+++++	+	+
CMV seropozytywność	++++	++	+
Białko C-reaktywne	+++++	+++++	+
Komórki dendrytyczne	+	+	+
Cytokiny IL-6 i TNF- $\alpha$	+++++	+++++	+++
Komórki NK	+++++	+	++
Neutrofile	+++++	+	+
Fenotyp komórek T	+++++	+	+
Długość telomerów	+++++	+++++*	+

Zależności: +++++ bardzo silna, ++++ silna, +++ umiarkowana, ++ niska, + bardzo niska lub brak.

\* Niejednoznaczne wyniki badań długości telomerów w komórkach immunologicznych.

Obniżenie liczby dziewiczych limfocytów T i limfocytów B oraz zmniejszenie różnorodności występujących na ich powierzchni receptorów skutkuje osłabieniem odpowiedzi immunologicznej, obniżeniem miana produkowanych przeciwciał i wytwarzania interferonów przez plazmacytoidalne komórki dendrytyczne. To z kolei doprowadza do obniżenia odporności na zakażenia wirusowe