

Cyfrowe bliźniaki pacjentów – modelowanie zdrowia w czasie rzeczywistym

Izabela Łapińska, Milena Czajka

Zakład Chemii i Biochemii, Collegium Medicum, Społeczna Akademia Nauka, Łódź

lilapinskaa@gmail.com

Cyfrowy bliźniak (Digital Twin, DT) to wirtualna, dynamicznie aktualizowana replika obiektu fizycznego, połączona z nim dwukierunkowym strumieniem danych. Konceptę tę po raz pierwszy przedstawił Michael Grieves w 2002 roku, a NASA w 2010 r. rozbudowała ją o wymóg wielofizycznej, probabilistycznej symulacji. Przez dwie dekady technologia DT zrewolucjonizowała lotnictwo, przemysł i energetykę, a od 2014 roku coraz śmielej wkracza również do medycyny.

W niniejszym przeglądzie zostaną omówione ewolucje cyfrowych bliźniaków od ich przemysłowych korzeni po zastosowania kliniczne. Przedstawione zostaną kluczowe etapy rozwoju (m.in. projekty Virtual Physiological Human, Living Heart Project) oraz klasyfikacja aktualnych obszarów wdrożeń w ochronie zdrowia: zarządzanie infrastrukturą szpitalną, modelowanie metaboliczne, projektowanie wyrobów medycznych, intensywną terapię, badania kliniczne *in silico* oraz zdalny monitoring pacjentów.

Wyniki dotychczasowych wdrożeń przedstawiają się w sposób bardzo obiecujący:

- systemy typu DT (np. GE CareCommand) skracają czas reakcji szpitali o 40%,
- metaboliczne bliźniaki (np. Twin Health) redukują stężenie HbA1c średnio o 1,7 p.p. u pacjentów z cukrzycą typu 2, ograniczając tym samym potrzebę farmakoterapii u 35% z nich,
- Living Heart Project 2.0 prowadzi pierwsze, zatwierdzone przez FDA wirtualne badania kliniczne stentów, ograniczając użycie modeli zwierzęcych o 60%,
- predykcyjne DT z modułami AI w OIT zmniejszają 30-dniową śmiertelność pacjentów o 10–18%.

Cyfrowe bliźniaki stają się nie tylko narzędziem wspierającym decyzje kliniczne, lecz także fundamentem zintegrowanych, inteligentnych ekosystemów zdrowotnych. Przyszłość należy do wirtualnych szpitali, kieszonkowych bliźniaków metabolicznych oraz zatwierdzonych regulacyjnie badań *in silico*, które zrewolucjonizują projektowanie terapii i długoterminową opiekę.