

Grzegorz REDLARSKI^{1,2}, Piotr Mateusz TOJZA¹

¹ POLITECHNIKA GDAŃSKA, Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² UWM W OLSZTYNIE, Oczapowskiego 2, 10-001 Olsztyn

Aplikacja wspomagająca procesy obliczania powierzchni ciała człowieka

Dr hab. inż. Grzegorz REDLARSKI

Kierownik Katedry Mechatroniki i Inżynierii Wysokich Napięć. Studia wyższe w zakresie automatyki (2000), awans zawodowy, w zakresie elektrotechniki: doktorat (2003), habilitacja (2010). Zatrudniony dodatkowo (od 2011) na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, na stanowisku profesora nadzwyczajnego. Główny obszar jego działalności naukowej obejmuje automatykę elektroenergetyczną, a od niedawna także inżynierię biomedyczną.



e-mail: g.redlarski@ely.pg.gda.pl

Mgr inż. Piotr Mateusz TOJZA

Pracownik Katedry Mechatroniki i Inżynierii Wysokich Napięć na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Absolwent kierunku Automatyka i Robotyka w specjalności Robotyka i Systemy Mechatroniki (2011). Zasadnicze obszary działalności naukowej to inżynieria biomedyczna oraz zastosowanie elementów mechatroniki i robotyki w naukach medycznych.



e-mail: ptojza@ely.pg.gda.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono strukturę opracowanego i wykonanego systemu komputerowego *BSA Analysis Tool*, wspomagającego procesy obliczeniowe wybranych parametrów organizmu człowieka: BSA, TBSA i BMI. W materiale, poza opisem systemu, wskazano na użyteczny charakter opracowania, szczególnie w przypadku: ośrodków medycznych – jako narzędzie wspomagające procesy leczenia oparzeń i chemioterapii oraz w ośrodkach naukowo-dydaktycznych jako narzędzie wspomagające procesy dydaktyczne.

Słowa kluczowe: obliczanie powierzchni ciała człowieka, TBSA, BMI, wspomaganie procesów leczenia oparzeń i chemioterapii.

Application supporting the process of calculating human Body Surface Area

Abstract

The paper describes in detail capabilities and a structure of the *BSA Analysis Tool* system which was developed for supporting the calculation and analysis process of human BSA (*Body Surface Area*), TBSA (*Total Body Surface Area*) and BMI (*Body Mass Index*). In some practical applications, the BSA coefficient can be determined using online calculators, but they are not that strongly developed. Moreover, the program allows calculating automatically the TBSA, replacing the hand-filled tables procedure. Advanced functions of the program allow for its use in medical centers as a tool assisting the treatment of burns or chemotherapy, as well as centers of research and teaching. The complex structure of the application consists of two main layers: clinical and scientific (Fig. 1). The BSA coefficient can be calculated on the basis of ten mostly used methods, while the value of the TBSA coefficient can be calculated on the basis of three methods. For calculating the BSA, only the most necessary data about the patients is required: body weight, height, age and gender, whereas the TBSA value in addition depends on the size of the body damaged area. The scientific layer structure is composed of three modules: comparison of methods for calculating the BSA, comparison of the BSA and BMI coefficients and analysis of the BSA surfaces. These tools enable a thorough analysis of the BSA coefficient (Figs. 2 and 3) as well as fast and accurate calculations of the BSA and TBSA.

Keywords: Body Surface Area, TBSA, BMI, support of burns and chemotherapy treatment.

1. Wprowadzenie

W licznych procedurach medycznych, jednym z istotnych zadań jest pozyskanie odpowiednich informacji o pacjencie w jak najkrótszym przedziale czasu. Działanie to ułatwia pracę lekarzowi i powoduje wzrost komfortu leczenia, a w wielu przypadkach, stanowi również gwarancję doboru właściwych procedur terapeutycznych, czy procedur ratujących życie.

Przykładem tego rodzaju informacji (będącej zarazem przedmiotem opracowania niniejszego artykułu) stanowią dwa współczynniki: BSA (*Body Surface Area*) oraz TBSA (*Total Body Surface Area*).

Współczynnik BSA określa całkowitą powierzchnię ciała człowieka, a współczynnik TBSA wskazuje procentową wartość uszkodzonej powierzchni ciała (skóry). Znajomość obydwu współczynników ma kluczowe znaczenie podczas realizacji szeregu działań związanych z medycyną i inżynierią biomedyczną. Podczas leczenia oparzeń skóry [1, 2, 3, 4] tego rodzaju informacje są pomocne na etapie podejmowania decyzji o ilości leków i płynów, jakie należy podać pacjentowi w pierwszej, najistotniejszej fazie terapii; podczas oceny rokań; a także w procesie podejmowania decyzji o wysokości odszkodowań z tytułu uszczerbku na zdrowiu. Współczynnik BSA znajduje również szerokie zastosowanie w procesie ustalania dawki leku w onkologii, gdyż wykazuje większą stabilność z tytułu utraty masy ciała pacjenta poddanego chemioterapii, aniżeli stosowany powszechnie współczynnik BMI (*Body Mass Index*) [5]. Dobór właściwej dawki leków w tym przypadku jest niezwykle istotny, gdyż zbyt mała dawka może nie być skuteczna, prowadząc tym samym do nawrotów choroby lub przerzutów nowotworu, zaś zbyt wysoka dawka leku naraża organizm pacjenta na szereg poważnych skutków ubocznych (w tym uszkodzeń wątroby i nerek, a nawet śmierć). Wskaźnik BSA znajduje również zastosowanie w dermatologii, gdzie na podstawie oceny wartości powierzchni skóry objętej jusczyzącą ustalany jest rodzaj terapii, w leczeniu zespołu nerczycowego [6], podczas oceny środowiskowego ryzyka zdrowotnego [7], czy w badaniach nad zagadnieniem parowania wody przez skórę [8].

Aktualnie do obliczenia współczynnika BSA można wykorzystać metody dokładne – bazujące na technikach skanowania 3D [9], które ze względu na długi czas wykonywania badania jak i wysokie koszty aparatury, nie są szczególnie popularne. Można wykorzystać również opracowane na przestrzeni dziesięcioleci, wygodne i proste w użyciu wzory [9-19]. Pozwalają one na obliczanie współczynnika BSA z reguły na podstawie masy ciała i wzrostu pacjenta (rzadko żądając dodatkowych zmiennych w postaci wieku oraz płci). Podstawową zaletą tych metod jest możliwość szybkiego zdobycia wiedzy niezbędnej do ich zastosowania, w wyniku czego są one szczególnie użyteczne podczas terapii oparzeń, w przypadku której odpowiedni zestaw leków może zostać podany, niemal natychmiast, pacjentowi przyjętemu na oddział ratunkowy. Jedyną wadą opisaną grupy metod jest to, że wyznaczona wartość BSA obarczona jest błędem.

Aktualnie do wyznaczania współczynnika TBSA w praktyce lekarskiej stosowane są odpowiednie szablony i tabele [3], które wskazują jaką procentową wartość parametru BSA należy przyjąć za miarę rozpatrywanej powierzchni ciała. Tego rodzaju postępowanie nie dość, że jest bardzo czasochłonne to stwarza zbędną, a zarazem groźną, sposobność popełnienia błędów przez personel medyczny. Przykładowo, skorzystanie podczas obliczeń z niewłaściwego wzoru, czy błędne wykonanie operacji matematycznych stanowią potencjalną groźbę popełnienia niemożliwych do wykrycia błędów, których konsekwencje mogą być bardzo poważne. Ponadto dostępne w literaturze analizy porównawcze w tej materii

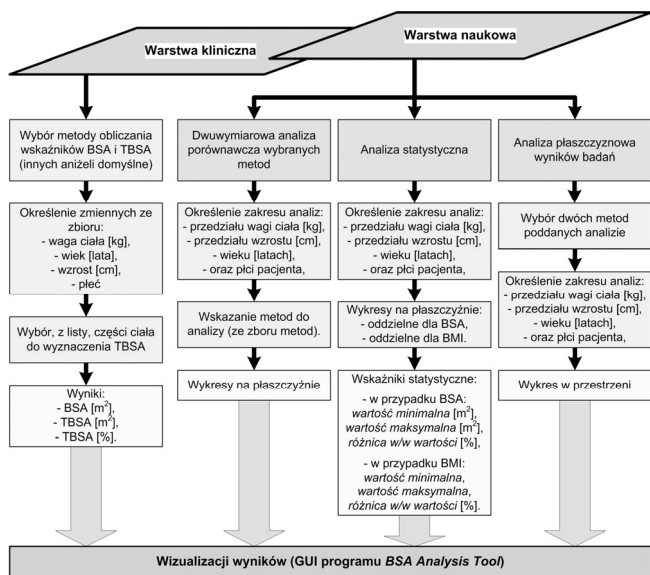
nie są w pełni kompletne i z reguły obejmują zakres analiz dotyczący od dwóch do czterech metod.

Pewnym wsparciem technicznym w tym zakresie mogą być istniejące i dostępne rozwiązania zwane kalkulatorami BSA, które pozwalają na zautomatyzowanie procesu obliczeniowego [20, 21]. Niemniej jednak ich stosowanie do określenia współczynnika TBSA nadal wymaga korzystania z odpowiednich tabel i wykonywania szeregu ręcznych obliczeń [3].

Biorąc pod uwagę szereg wskazanych niedogodności należy uznać, że obecne wsparcie techniczne wspomagające procesy obliczeniowe współczynników BSA i TBSA jest niewystarczające. Stąd też celem artykułu jest przedstawienie opracowanego i wykonanego systemu komputerowego, który pozwala, na pełną automatyzację pracy w tym zakresie oraz na prowadzenie rozległej analizy porównawczej uzyskanych wyników. Z tego względu stanowi on doskonale i cenne narzędzie dla: lekarzy-klinicystów – przyczyniając się do usprawnienia licznych procesów terapeutycznych i zabiegowych (np. przeszczepów skóry); dla nauczycieli uniwersyteckich – którzy w krótkim czasie pragną zapoznać studentów z tematyką pomiarów powierzchni ciała człowieka oraz z zaletami i ograniczeniami stosowanych do tego celu metod; jak również dla naukowców prowadzących liczne prace badawczo-rozwojowe.

2. Architektura opracowanego systemu

Architektura opracowanego i wykonanego systemu (w środowisku LabView firmy National Instruments) o nazwie BSA Analysis Tool została zoptymalizowana pod kątem ergonomii wykorzystania poszczególnych funkcji programu (w sposób intuicyjny). Aplikacja systemu posiada strukturę złożoną, z dającymi się wyodrębnić warstwami: kliniczną oraz naukową (rys. 1).



Rys. 1. Ogólna struktura opracowanego i wykonanego systemu BSA Analysis Tool
Fig. 1. General structure of the developed BSA Analysis Tool system

Po uruchomieniu warstwy klinicznej aplikacji do dyspozycji użytkownika dostępne są funkcje pozwalające w prosty, a zarazem szybki sposób wyznaczyć współczynniki: BSA oraz TBSA.

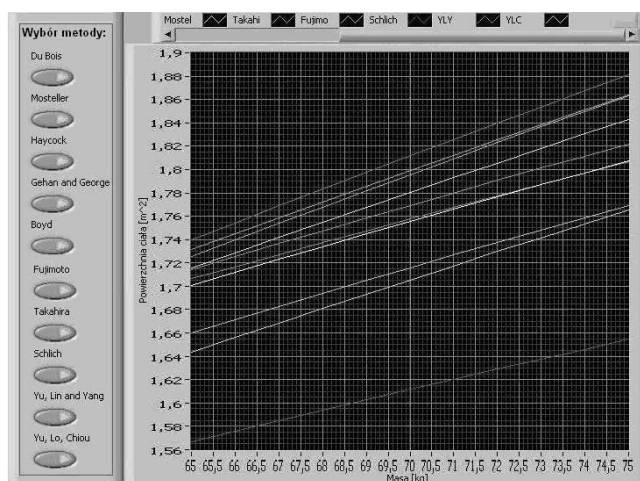
Wartość współczynnika BSA może być obliczona na podstawie dziesięciu znanych metod, natomiast wartość wskaźnika TBSA, na podstawie trzech metod, jednakże w tym przypadku użytkownik nie jest zobligowany do każdorazowego wyboru metody (po uruchomieniu programu), gdyż domyślnie wykorzystywane są dwie najpopularniejsze: *DuBois and DuBois* [16] – w przypadku współczynnika BSA oraz tablica *Rule of Nines* [22] – w przypadku wyznaczania wskaźnika TBSA. Obliczenie wartości BSA następuje po określeniu niezbędnych danych o pacjencie: masy

ciała, wzrostu, wieku oraz płci. Natomiast wartość wskaźnika TBSA zależy dodatkowo od wielkości uszkodzonego obszaru ciała. Stąd też w dotychczasowej praktyce, zgodnie z obowiązującą procedurą medyczną lekarz obliczał wartość wskaźnika TBSA porównując stan pacjenta z odpowiednią dla danej metody tabelą i na tej podstawie określał procentową wartość uszkodzonej powierzchni ciała (np. oparzonej). W systemie BSA Analysis Tool, ten proces został w pełni zautomatyzowany. Wystarczy zaznaczyć (poprzez kliknięcie w odpowiednim polu) uszkodzone części ciała, a zaimplementowana w systemie procedura wyznaczy wartość wskaźnika TBSA. W przypadku, dodatkowego określenia w programie masy ciała, wzrostu, płci i wieku pacjenta, wartość uszkodzonego ciała zostanie określona również w sposób bezwzględny (wyrażony m²).

Ww. argumentacja wskazuje, że stosowanie w praktyce medycznej warstwy klinicznej opracowanej i wykonanej aplikacji jest szczególnie uzasadnione w licznych sytuacjach wymagających zdecydowanego i szybkiego wdrożenia procedury leczenia.

Warstwa naukowa systemu BSA Analysis Tool dedykowana jest do celów naukowo-dydaktycznych związanych z prowadzeniem badań i analiz w zakresie wyznaczania powierzchni ciała człowieka, zarówno w medycynie jak i innych dziedzinach nauki. Struktura warstwy naukowej złożona jest z trzech modułów: porównań metod obliczania BSA, porównania współczynników BSA i BMI oraz analizy płaszczyzn wskaźników BSA.

Moduł porównań metod obliczania BSA uruchomiony zostaje po przejściu przez użytkownika programu z warstwy klinicznej do warstwy naukowej. Z jego pomocą możliwe jest przeprowadzenie szeroko pojętej analizy porównawczej dziesięciu zaimplementowanych metod obliczania wskaźników BSA, poczynając od najstarszych – opracowanych na podstawie pomiarów pojedynczych osób [16], po najnowsze – wyznaczone za pomocą dokładnego skanowania setek pacjentów [9,10]. Na rys. 2 przedstawiono przykładowy widok okna tego modułu.

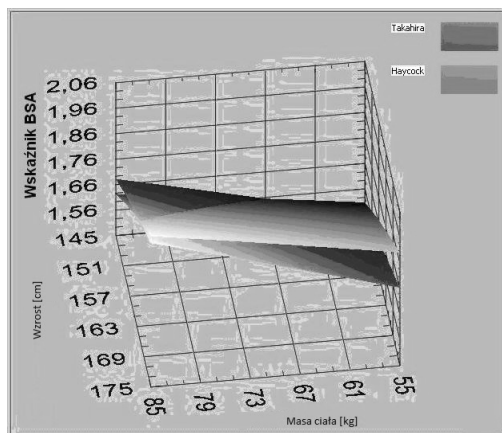


Rys. 2. Przykładowy widok okna porównań metod obliczania wskaźnika BSA
Fig. 2. An example view of the BSA coefficient comparison

Badania wyników BSA prowadzone są na wskazanym przez użytkownika zakresie wartości masy lub wzrostu pacjenta, przy czym użytkownik, poza wartościami wieku i płci pacjenta, musi wprowadzić wartości masy minimalnej i maksymalnej, określając tym samym zakres analiz. Po dokonaniu wyboru określonych metod, program wyświetla wyniki w postaci wykresów, które następnie mogą zostać porównane pod kątem: wartości granicznych, stromości narastania i charakteru funkcji, miejsc przecięć itp. Należy także dodać, że przedstawioną metodykę można stosować podczas realizacji tzw. badań populacyjnych. Wystarczy wówczas zdefiniować zmienną wartość wzrostu pacjenta, przy stałej masie ciała.

Moduł porównania współczynników BSA i BMI jest dostępny po dokonaniu wyboru zakładki o nazwie *Statystyka*. Istotą działania modułu jest możliwość porównania wartości współczynników BSA oraz BMI dla tego samego pacjenta. Również i w tym przypadku możliwe jest wykreślenie krzywej odpowiedzi dla zmiennej masy lub wzrostu pacjenta, przy czym wykreślane są dwie krzywe: dla BMI oraz BSA (dla wybranej przez użytkownika metody). W dostępnym oknie o nazwie *Statystyka* możliwe jest odczytanie wybranych parametrów, takich jak: wartości maksymalne i minimalne współczynników BSA i BMI oraz procentowa różnica pomiędzy nimi, która stanowi miarę zmienności danego współczynnika w badanym przedziale.

Widok fragmentu okna ostatniego z modułów, o nazwie *Analiza płaszczyzn wyników*, został przedstawiony na rys. 3. Dysponując dostępnymi narzędziami użytkownik może dokonać analizy jednej lub dwóch „płaszczyzn” uzyskanych na podstawie symulacji wskaźników BSA dwiema wybranymi metodami. W wyniku takiego działania możliwa jest przestrzenna wizualizacja i analiza, w wyniku której możliwe staje się badanie zbieżności i różnic pomiędzy określonymi podzbiórami wartości. Szczególnie interesująca jest analiza przestrzeni przecięć płaszczyzn, która reprezentuje pełną zgodność wyników, niezależnie od wyboru metody. Taki przypadek został zilustrowany na rys. 3 podczas badania metody *Takahira* oraz *Haycock'a*. Występowanie lub brak przestrzeni wspólnych rozwiązań wydaje się szczególnie interesujące z punktu widzenia teoretycznych rozważań naukowych.



Rys. 3. Przykładowy widok okna modułu analizy płaszczyzn wyników
Fig. 3. An example view of the BSA coefficients surface analysis tool

3. Podsumowanie i wnioski

Rozwój metodologii dotyczącej określania powierzchni ciała człowieka jest zjawiskiem niezwykle ważnym i odpowiedzialnym z uwagi na wzrastający poziom jej wykorzystania w naukach medycznych oraz technicznych. Ponadto wzrastające standardy leczenia wymagają od lekarzy specjalistów dużej precyzji obliczeń dedykowanych dawek leków, często w warunkach presji czasu. Z tego względu w artykule przedstawiono strukturę opracowanego i wykonanego systemu *BSA Analysis Tool*, którego możliwości pozwalają na szerokie zastosowanie zarówno w warunkach klinicznych, jak i podczas prowadzenia badań naukowych i realizacji licznych procesów dydaktycznych. Warstwa kliniczna proponowanego systemu pozwala na szybkie i intuicyjne obliczenie wskaźników BSA i TBSA, co może znaleźć zastosowanie w medycznych ośrodkach szpitalnych i ratunkowych. Z kolei warstwa naukowa tego systemu umożliwia wykonanie obszernej analizy zależności pomiędzy zmiennymi stanu występującymi w różnych metodach, co jest szczególnie uzasadnione na etapie prowadzenia szeregu prac badawczo-rozwojowych.

Dodatkową zaletą systemu jest możliwość uruchomienia na klasycznych komputerach PC oraz możliwość wykonania szybkich

i dokładnych obliczeń, co niewątpliwie zwiększa szanse na jego praktyczne wykorzystanie, np. w warunkach klinicznych, jakie mają miejsce w szpitalnych oddziałach ratunkowych. Również możliwość łatwej rozbudowy aplikacji o dodatkowe funkcje wpływa korzystnie na użyteczny charakter proponowanego systemu i tym samym dokłada się do szeregu korzyści, jakie mogą zostać osiągnięte z tytułu wdrożenia.

4. Literatura

- [1] Rinehart W., Solan D., Hurd C.: NCLEX-PN Exam Cram, Chapter 7: Caring for the Client with Burns. Pearson Education Inc, 2012.
- [2] Emergency war surgery: the third United States Revision (praca zespołowa), Chapter 28: Injuries. Borden Institute Walter Reed Army Medical Center Washington DC, 2004.
- [3] Kurantowski W.: Ciężkie oparzenia – charakterystyka i wskazania terapeutyczne. Zakażenia 2, 83-88 2003.
- [4] Boyce S., Simpson P., Kagan R.: Survival of burns involving 90% of the total body surface area after treatment with autologous engineered skin substitutes. Cincinnati Univ Oh Dept Of Surgery 12, 2008.
- [5] Lack J.A., Stuart-Taylor M.E.: Calculation of drug dosage and body surface area of children. British Journal of Anaesthesia 78, 601-605 1997.
- [6] Saadeh S. A., Baracco R., Jain A., Kapur G., Mattoo T. K., Valentini R. P.: Weight or body surface area dosing of steroids in nephritic syndrome: is there an outcome difference? *Pediatr Nephrol* 26, 2167-71 Dec 2011.
- [7] Biesiada M., Bubak A.: Podstawy oceny środowiskowego ryzyka zdrowotnego. Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec (materiały szkoleniowe) 2001.
- [8] Mündlein M., Valentin B., Chabicovsky R., Nicolics J., Weremczuk J., Tarapata G., Jachowicz R.: Comparison of transepidermal water loss (TEWL) measurements with two novel sensor based on different sensing principles. *Sensors and Actuators A* 142, 67-72 2008.
- [9] Yu C.Y., Lo Y. H., Chiou W. K.: The 3D scanner for measuring body surface area: a simplified calculation in the Chinese adult. *Applied Ergonomics* 34, 273-278 2003.
- [10] Reading B. D., Freeman B.: Simple Formula for the Surface Area of the Body and a Simple Model for Anthropometry. *Clin Anat.* 18, 126-30 Mar 2005.
- [11] Yu C. Y., Lin C. H., Yang Y. H.: Human body surface area database and estimation formula. *Burns* 36, 616-629 2010.
- [12] Mosteller R.D.: Simplified calculation of body-surface area. *New England Medical Journal* 317 1098 1987.
- [13] Fujimoto S., Watanabe T., Sakamoto A., Yukawa K., Morimoto K.: Studies on the physical surface area of Japanese. 18. Calculation formulae in three stages over all ages. *Nippon Eiseigaku Zasshi* 5, 443-50 1968.
- [14] Schlich E., Schumm M., Schlich M.: 3-D-Body-Scan als anthropometrisches Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Körperoberfläche, *Ernährungs Umschau* 57, 178-183 2010.
- [15] Lund C.C., Browder N.C.: The estimation of areas of Burns. *Surgery, Gynaecology, Obstetrics* 79, 352-358 1944.
- [16] DuBois & DuBois: A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 17, 863 1916.
- [17] Boyd E.: The growth of the surface area of the human body. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1935.
- [18] Gehan E.A., George S.L.: Estimation of human body and surface area from height and weight. *Cancer Chemother Rep* 54, 225-235 1970.
- [19] Haycock G.B., Schwartz G.J., Wisotsky D.H.: Geometric method for measuring body surface area: A height-weight formula validated in infants children and adults. *J Pediatr* 93, 62-66 1978.
- [20] <http://www.medcalc.com/body.html> - dostęp: 30.04.2012
- [21] <http://www.manuelsweb.com/bsa.htm> - dostęp: 30.04.2012
- [22] <http://catalog.nucleusinc.com/generateexhibit.php?ID=4544> - dostęp: 30.04.2012.

otrzymano / received: 28.08.2012

przyjęto do druku / accepted: 01.10.2012

artykuł recenzowany / revised paper