

Wykorzystanie zaawansowanych metod modelowania statystycznego w prognozowaniu dystrofii płodu

Use of advanced methods of statistical modelling in estimating fetal dystrophy

© GINEKOLOGIA I POŁOŻNICTWO 2 (4) 2007

Artykuł poglądowy/Review article

DARIUSZ DANILUK¹, ANDRZEJ KISIEL¹, AGATA SMOLEŃ², ARTUR CZEKIERDOWSKI³

Ośrodek: ¹ Oddział Ginekologii Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Białej Podlaskiej. Ordynator: dr n. med. Andrzej Kisiel

² Zakładu Matematyki i Biostatystyki Medycznej Akademii Medycznej w Lublinie. Kierownik Zakładu: dr n. med. Marian Jędrych

³ I Katedra i Klinika Ginekologii Akademii Medycznej w Lublinie. Kierownik Katedry i Kliniki; prof. zw. dr hab. n.med. Jan Kotarski

Adres do korespondencji/Address for correspondence

Oddział Ginekologii Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Białej Podlaskiej

ul. Terebelska 57, 21-500 Biała Podlaska

e-mail: ddaniluk@poczta.onet.pl

Statystyka/Statistic

Liczba słów/Word count 2086/1801

Tabele/Tables 1

Ryciny/Figures 2

Piśmiennictwo/References 26

Received: 02.04.2007

Accepted: 13.04.2007

Published: 30.04.2007

Streszczenie

Wstęp. Zabiegowe ukończenie ciąży najczęściej stosowane jest u ciężarnych z płodami dystroficznymi. W przeprowadzonych badaniach własnych w celu poprawy prognozowania masy płodu zaproponowana została metoda poszukiwania nieliniowej korelacji zmiennych oparta o komputerowo generowaną sztuczną sieć neuronową (ANN).

Cel pracy. Zbadanie czy wprowadzenie zaawansowanych metod modelowania statystycznego w ocenie wyników biometrii ultrasonograficznej może być bardziej przydatne we wczesnej diagnostyce dystrofii płodu niż metody obecnie stosowane.

Materiał i metody. Grupę badaną stanowiło 2869 kobiet w ciąży pojedynczej o przebiegu niepowikłanym. Badania wykonano przy wykorzystaniu aparatów Toshiba Capasee (Japonia) oraz Echson-Spinel (Polska) z sondami przezbrzusznymi o częstotliwości 3,5 MHz i przezpochwowymi o częstotliwości 7 MHz.

Wyniki. Średni wiek badanych kobiet wynosił 27,2 lat (SD ± 4,9 lat). Wśród badanych kobiet pierwiastki stanowiły 46,5%. W badanej populacji 8,5% porodów odbyło się przed ukończeniem 37 tygodnia ciąży. Najwięcej porodów odbyło się w 41 tygodniu ciąży i stanowiły 24,9%. W badanej populacji analiza różnic wartości prognozowanych i rzeczywistej masy płodu uzyskanych przy pomocy modelowania z wykorzystaniem regresji wielokrotnej wykazała, że średni błąd prognozowania masy urodzeniowej wynosił 6,39%. Spośród szeregu sieci ANN ostatecznie wybrano cztery o najwyższych wartościach prognostycznych. Dla najlepszej ze skonstruowanych sieci średni błąd prognozowania masy płodu wynosił 3,36%.

Wniosek. Spośród współcześnie stosowanych metod modelowania statystycznego wyników biometrii ultrasonograficznej najwyższą dokładność prognostyczną dystrofii płodu wykazują modele oparte na generowanych komputerowo sztucznych sieciach neuronowych.

Słowa kluczowe: dystrofia płodu, biometria ultrasonograficzna, modelowanie statystyczne.

Summary

Introduction. Completion of pregnancy with surgical procedure is most frequently used in women with dystrophic feta. In carried own studies, the method of searching non-linear correlation of variables was suggested, based on computer-generated artificial neural network (ANN) in order to improve the estimation of fetus weight.

Objective of the work. Examining whether introduction of advanced methods of statistical modelling in the estimation of ultrasonographic biometry may be more useful in early diagnostics of fetus dystrophy than currently applied methods.

Material and methods. Investigated group was composed of 2,869 women in unifetal pregnancy of uncomplicated history. Examinations were made with use of Toshiba Capasee (Japan) and Echoson-Spindel (Poland) apparatus with transabdominal probes of 3.5 MHz frequency and transvaginal probes of 7 MHz frequency.

Results. An average age of examined women was 27.2 years (SD \pm 4.9 years). Among examined women primigravidas accounted for 46.5%. In examined population 8.5% of deliveries occurred before completion of 37th week of pregnancy. Most deliveries took place in 41st week of pregnancy and they accounted for 24.9%. In examined population the analysis of difference between estimated values and actual fetal weight obtained by way of modelling with use of multiple regression indicated that an average error in estimating the birth weight was 6.39%. Of numerous ANN networks, four with the highest prognostic values have been selected finally. For the best from among constructed network an average error in prognosing the fetal weight was 3.36%.

Conclusion. Among currently applied methods of statistical modelling of ultrasonographic biometry results, the highest prognostic accuracy of dystrophy is indicated by models based on computer-generated artificial neural networks.

Key words: fetus dystrophy, ultrasonographic biometry, statistical modelling

Rozwój ciąży jest dynamicznym procesem biologicznym, w którym wiek ciążowy płodu i zmieniająca się jego budowa muszą być rozpatrywane jednocześnie [1-4].

Szczególnym i ciągle aktualnym problemem jest wczesna diagnostyka płodów dystroficznych, to znaczy z cechami hypo- lub hipertrofii. W grupie tych płodów znacznie częściej ciążę rozwiązywane są drogą cięcia cesarskiego [5-10]. Szeroko obecnie wykorzystywaną metodą statystyczną pozwalającą na zbadanie zależności pomiędzy wiekiem ciążowym a parametrami biometrycznymi płodu jest analiza regresji wielokrotnej [10-15].

Innym narzędziem, które może się przyczynić do poprawy dokładności oceny masy płodu są programy komputerowe generujące tzw. **sztuczne sieci neuronowe (ANN – Artificial Neural Networks)** [16,17].

Stosowanie tej metody jest uważane obecnie za szczególnie przydatne dla prób rozwiązania problemów, w których generowane są duże ilości danych testowych i jednocześnie wymagana jest wysoka jakość prowadzonych badań. Sieci neuronowe znajdują również zastosowanie w ocenie układów, gdzie ich duża dokładność przewyższa trudności podania wyjaśnienia, z jakiego powodu występują problemy klasyfikacyjne. Powiązania te najczęściej są trudne do wykrycia, a często też niemożliwe do znalezienia w inny sposób [18,19]. Największą zaletą metody wykorzystywania sieci w naukach biomedycznych jest zdolność do odnajdowania skomplikowanych zależności pomiędzy danymi klinicznymi i wynikami diagnostycznymi. Z wymienionych względów sieci neuronowe są jedną z najbardziej wyrafinowanych metod modelowania statystycznego. Programy te są zdolne do odwzorowywania złożonych funkcji w sposób podobny do działania ludzkiego mózgu - największego znanego systemu biologicznego klasyfikującego wzory zjawisk i rzeczy [20,21].

Development of pregnancy is a dynamic biological process, in which the gestational fetal age and its changing structure must be considered simultaneously [1-4].

A special and all the time current problem is early diagnostic of dystrophic feta with the features of hypo- or hypertrophy. In the group of these feta the pregnancies are considerably more frequently terminated with caesarean section [5-10]. The statistical method used widely nowadays and enabling investigating the dependence between pregnancy age and biometric parameters of fetus is multiple regression analysis [10-15].

Another tool, which may contribute to improvement of accuracy in estimation of fetus weight are computer programs generating so called **artificial neural networks [ANN]** [16,17].

Usage of these methods is nowadays regarded as especially useful in the trials of solving the problems, which require generation of large quantities of test data together with high quality of carried examinations. Neural networks are also applied in estimation of the systems, where their high accuracy levels prevail over the difficulties in giving an explanation about the reason for which the classification problems occur. These relations are most frequently difficult to detect, and often impossible to find in any other way [18,19]. The greatest advantage of the method of applying the networks in biomedical sciences is the ability of establishing complicated dependencies between clinical data and diagnostic results. For above mentioned reasons the neural network are one of most sophisticated methods of statistical modelling. These programmes are able to project complex functions in a way similar to operation of human brain, which is the biggest known biological system classifying the models of phenomena and things [20,21].

CEL PRACY

Głównym celem pracy była ocena przydatności wspólnie stosowanych metod modelowania statystycznego wyników biometrii płodu w diagnostyce perinatalnej. Celem szczegółowym było zbudowanie i prospektywna weryfikacja modelu predykcyjnego pozwalającego na wczesną identyfikację płodów z cechami dystrofii.

MATERIAŁ I METODY

Pomiary biometryczne wykonano podczas rutynowych badań ultrasonograficznych ciężarnych pochodzących z regionu białkopodlaskiego. Do oceny wykorzystano dane z badań kobiet w ciąży jedнопłodowej o dokładnie ustalonym wieku ciążowym oraz nieobciążonym wywiadzie położniczym i zdrowotnym.

Ogółem analizie poddano wyniki badań ultrasonograficznych wykonanych u 2869 pacjentek. Badania wykonano przy wykorzystaniu aparatów Toshiba Capasee (Japonia) oraz Echoson-Spindel (Polska) z liniowymi sondami przezbrzusznymi o częstotliwości 3,5 MHz. Wiek ciążowy obliczano na podstawie daty ostatniej miesiączki i zweryfikowano w badaniu ultradźwiękowym wykonanym przed 20-tym tygodniem. Każdorazowo oceniano wymiar dwuciemienny (BPD), długość kości udowej (FL) i dwa prostopadłe wymiary brzucha płodu: wymiar poprzeczny (ATD) i podłużny (ALD) oraz obwód brzucha (AC) i główki płodu (HC).

W analizowanej grupie badano zależności pomiędzy zestawem zmiennych charakteryzującym parametry biometrii ultradźwiękowej, a przewidywaną masą płodu. Porównano wyniki obliczeń z wykorzystaniem wzoru zaproponowanego przez Aoki:

$$EFW = 1,25647 * BPD^3 + 3,50665 * FAA * FL + 6,3.$$

Na podstawie analizy regresji wielokrotnej skonstruowano model liniowy prognozujący masę urodzeniową. Wzór pozwalający na wykonanie obliczeń przedstawia się następująco:

$$EFW = \beta_0 + \beta_1 * BPD + \beta_2 * FL + \beta_3 * ATD + \beta_4 * ALD \pm e$$

We wzorze tym EFW to przewidywana masa płodu, β_0 to wyraz wolny równania, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ to współczynniki regresji oraz e to błąd estymacji, czyli przeciętne odchylenie masy noworodka obserwowanej w próbie od masy płodu wyliczonej teoretycznie.

Następnie w celu dokonania zaawansowanej analizy uzyskanych wyników skonstruowano komputerowo szereg modeli sieci neuronowych oznaczonych kolejno ANN1, ANN2....

Do ostatecznej analizy zakwalifikowano wyniki 1306 pomiarów biometrycznych płodów u których dostępne były kompletne dane przed- i poporodowe. Dane podzielono w sposób losowy na trzy zbiory: uczący, walidacyjny oraz testowy. W celu ułatwienia przechowywania i analizy danych wszystkie pomiary biometryczne zapisano w arkuszu programu Microsoft Excel 97 (Microsoft, USA).

OBJECTIVE OF THE WORK

The main objective of the work was estimation of usefulness of the methods used today in statistical modelling of the results of fetus biometry in perinatal diagnostics. The detailed objective was building up and prospective verification of predictive model allowing for early identification of feta with dystrophy features.

MATERIALS AND METHODS

Biometric measurements were made during routine ultrasonographic examinations of pregnant women coming from Biała Podlaska region. The data used for the study needs originated from examinations of women in monocytes with accurately established fetus age and with clear obstetrics and health history.

The analysis included the results of ultrasonographic examinations of 2,869 patients. Examinations were made with use of Toshiba Capasee (Japan) and Echoson-Spindel (Poland) with use of linear transabdominal probes of 3.5 MHz frequency. Gestational age was calculated on the basis of the date of recent menstruation and verified in ultrasound examination performed before 20th week of pregnancy. Each time the BPD, FL and two perpendicular dimension of fetus abdomen: ATD and ALD as well as AC and HC were measured.

In analysed group the dependencies between the set of variables characterising the parameters of ultrasound biometry and prognosed fetal weight were examined. The results of calculation with use of formula suggested by Aoki:

$$EFW = 1,25647 * BPD^3 + 3,50665 * FAA * FL + 6,3,$$

were compared.

On the grounds of multiple regression analysis a linear model was constructed, prognosing the birth weight. The formula enabling making calculations is as follows:

$$EFW = \beta_0 + \beta_1 * BPD + \beta_2 * FL + \beta_3 * ATD + \beta_4 * ALD \pm e$$

In this formula EFW stands for expected fetal weight, β_0 is an absolute term in the equation, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ are regression coefficients and e is an error in estimation, i.e. an average discrepancy of neonate weight observed in a study from theoretically calculated fetus weight.

Then, in order to perform an advanced analysis of obtained results, numerous models of neural networks were constructed with computer aid: ANN1, ANN2....

The results of 1,306 biometric measurements of feta in which the complete data pre- and post-delivery were available, were qualified for final analysis. Data were divided into three sets with use of at random method: teaching, validating and test. In order to facilitate data storage and analysis, all biometric measurements were recorded on the sheet of Microsoft Excel 97 (Microsoft, the USA) programme.

Analizę statystyczną przeprowadzono przy wykorzystaniu oprogramowania komputerowego Statistica v. 5.0 (StatSoft, Polska) i Statistica Neural Networks v. 5.0 (StatSoft, Polska).

WYNIKI

Wiek badanych kobiet wahał się w przedziale od 16 do 44 lat i średnio wynosił 27,2 lat ($SD \pm 4,9$ lat). Wśród badanych kobiet pierwsiastki stanowiły 46,5%. W badanej populacji 111 porodów odbyło się przed ukończeniem 37 tygodnia ciąży, co stanowiło 8,5% badanej grupy. W 38 tygodniu odbyło się 10,9%, a w 40 tygodniu odpowiednio 18,5% porodów. W 41 tygodniu ciąży odbyło się 24,9% porodów. W 39 i 42 tygodniu odbyło się po około 14,2% porodów w badanej grupie kobiet. Około 7% porodów odbyło się w 37 tyg., a tylko 1,9% w 43 tygodniu ciąży (ryc. 1).

W badanej grupie analiza różnicy wartości prognozowanych i rzeczywistej masy płodu uzyskanych przy pomocy modelowania z wykorzystaniem analizy regresji wielokrotnej wykazała, że średni błąd prognozowania masy płodu dla ocenianego modelu wynosił 6,39%.

Dla najlepszych ze skonstruowanych modeli sieci ANN przedstawiono odpowiednio wyniki prognozowania masy płodu. Dla sieci oznaczonej jako „ANN 1” uwzględniane były następujące parametry: tydzień ciąży (HBD), BPD, FL, ATD i ALD. Uzyskane dla analizowanej sieci wartości prognostyczne wskazały, że skonstruowany model pozwalał bardzo dobrze opisać zależność zachodzącą pomiędzy pięcioma zmiennymi wejściowymi i zmienną wyjściową. Wartość średniego błędu kwadratowego będąca miarą dopasowania sieci do nowych danych dla zbioru uczącego wynosiła 7,883, a dla zbioru testowego 5,827. Średni błąd prognozowania masy płodu dla ocenianego modelu wynosił 3,36%.

Tabela I. przedstawia przykłady analizy różnicy wartości prognozowanych i rzeczywistej masy płodu uzyskanych przy pomocy modelowania z wykorzystaniem sieci „ANN 1”

Skonstruowany model „ANN 2” również w dobry sposób opisywał zależność zachodzącą pomiędzy sześcioma zmiennymi wejściowymi i zmienną wyjściową.

Statistical analysis was performed with use of computer software Statistica v. 5.0 (StatSoft, Poland) and Statistica Neural Networks v. 5.0 (StatSoft, Poland).

RESULTS

The age of examined women oscillated between 16 and 44 years, and at an average it was 27.2 years ($SD \pm 4,9$ lat). Among examined women primigravidas accounted for 46.5%. In examined populations 111 deliveries took place before completion of 37th week of pregnancy, which accounted for 8.5% of examined group. 10.9% deliveries took place in 38th week, and 18.5% in 40th week, respectively. 24.9% deliveries took place in 41st week.. In 30th and 42nd week ca 14.2% babies were delivered in each of the above mentioned group of women. Ca 7% of deliveries took place in 37th week and only 1.9% in 43rd week. (Fig. 1).

In examined group the analysis of difference between prognosed values and actual fetal weight obtained with aid of modelling with use of multiple regression analysis, indicated that an average error in prognosing the fetus weight for estimated model was 6.39%.

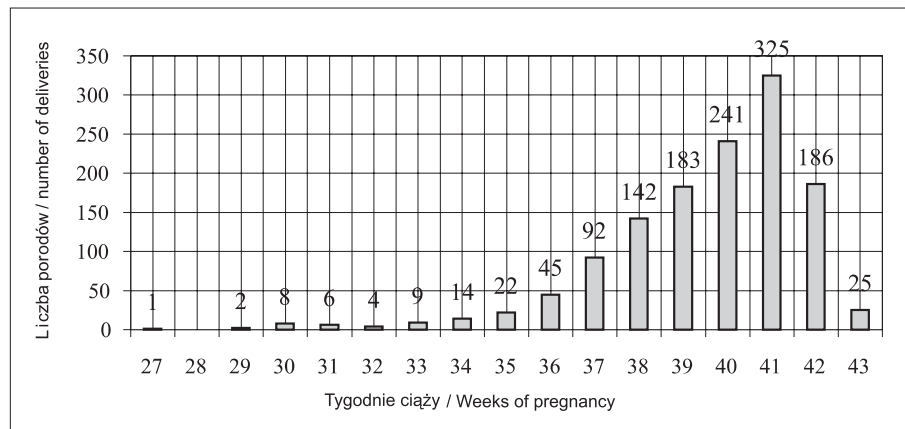
For the best from all constructed models of ANN network, the results of fetus weight estimation were presented respectively. For network determined as “ANN 1” the following parameters were taken into consideration: week of pregnancy (HBD), BPD, FL, ATD and ALD. The prognostic value obtained for analysed network indicated that constructed model made it possible to describe very well the dependence between five input variables and an output variable. The value of a mean square error being the measurement of matching the network to new teaching set data was 7.883, and test set data - 5.827. An average error in prognosing the fetus weight for estimated model was 3.36%.

Table I. presents the examples of analyses of the difference between prognosed and actual value of fetal weight obtained by way of modelling with use of “ANN 1” network.

Also the constructed model “ANN 2” provided valuable description of dependence between six input variables and an output variable. A mean square error

Ryc. 1. Liczba porodów w badanej grupie w poszczególnych tygodniach ciąży

Fig. 1. Number of deliveries in examined group in individual weeks of pregnancy



Średni błąd kwadratowy dla zbioru szkoleniowego w tej sieci wynosił 10,24, a dla zbioru testowego był równy 9,072. Istotnymi predyktorami masy płodu w skonstruowanym modelu okazały się wszystkie analizowane cechy: HBD, BPD, FL, ATD, ALD oraz masa ciała matki. Średni błąd prognozowania masy płodu dla tego modelu wynosił 4,21%.

Wyznaczone dla sieci „ANN 3” wartości przedstawionych wskaźników wskazują, że skonstruowany model precyzyjnie opisuje zależność zachodzącą pomiędzy pięcioma zmiennymi wejściowymi i zmienną wyjściową. Średni błąd kwadratowy dla zbioru szkoleniowego wynosił 7,015, a dla zbioru testowego wynosił 6,039. Istotnymi predyktorami masy płodu w skonstruowanym modelu okazały się wszystkie cechy poddane analizie: HBD, BPD, FL i AC. Średni błąd prognozowania masy urodzeniowej wynosił 7,24%.

Dla skonstruowanej sieci „ANN 4” wartości przedstawionych mierników wskazują, że model ten w równie dobry sposób opisuje zależność zachodzącą pomiędzy czterema zmiennymi wejściowymi i zmienną

All analysed features: HBD, BPD, FL, ATD, ALD and mother's body weight appeared to be significant predictor of fetus weight in constructed model. A mean error of fetus weight prognosing was 4.21%.

The value of presented parameters set for “ANN 3” network indicate that the constructed model gives precise description of the dependency between five input variables and an output variable. A mean square error for teaching set was 7.015 and for test set it was 6.039. All analysed features: HBD, BPD, FL and AC appeared to be significant predictor of fetus weight in constructed model. A mean error in prognosing of birth weight was 7.24%.

For constructed “ANN 4” network the values of presented measures indicated that they also provide good description of the dependence between four input variables and an output variable. A mean square error for teaching set was 106.3 and 92.01 for testing set. All analysed features: HBD, FL, AC and BMI appeared to be significant predictors in constructed models. A mean error in prognosing the fetus weight was 5.99%.

Tabela I. Przykłady analizy różnicy wartości prognozowanych i rzeczywistej masy płodu uzyskanych przy pomocy modelowania z wykorzystaniem sieci „ANN 1”

Przypadek	Parametry płodu					Masa noworodka		Różnica A-B (g)	Błąd (%)
	HBD	BPD	FL	ATD	ALD	Przewidywana (A)	Rzeczywista (B)		
1	40,6	102	72	110	115	3841	4030	-189	4,68
2	37	91	67	105	95	2809	2860	-51	1,78
3	39,3	92	75	103	101	3125	3270	-145	4,43
4	40	97	73	110	92	3194	3200	-6	0,18
5	40,4	92	72	91,2	105	2890	3330	-440	13,21
6	41	93	72	107	100	3139	3180	-41	1,28
7	39,4	99	78	100	126	3914	4260	-346	8,12
8	41,3	93	74	100	114	3339	3200	139	4,34
9	40	103	75	99,7	106	3526	3580	-54	1,5
10	39,6	90,5	72	99	103	2956	3040	-84	2,76

Table I. Examples of the analysis of differences between prognosed and actual values of fetus weight obtained with aid of modelling with use of “ANN 1” network

Case	Fetus parameters					Neonate weight		Difference A-B (g)	Error (%)
	HBD	BPD	FL	ATD	ALD	Prognosed (A)	Actual (B)		
1	40,6	102	72	110	115	3841	4030	-189	4,68
2	37	91	67	105	95	2809	2860	-51	1,78
3	39,3	92	75	103	101	3125	3270	-145	4,43
4	40	97	73	110	92	3194	3200	-6	0,18
5	40,4	92	72	91,2	105	2890	3330	-440	13,21
6	41	93	72	107	100	3139	3180	-41	1,28
7	39,4	99	78	100	126	3914	4260	-346	8,12
8	41,3	93	74	100	114	3339	3200	139	4,34
9	40	103	75	99,7	106	3526	3580	-54	1,5
10	39,6	90,5	72	99	103	2956	3040	-84	2,76

wyjściową. Średni błąd kwadratowy dla zbioru szkoleniowego wynosił 106,3 oraz 92,01 dla zbioru testowego. Istotnymi predyktorami w skonstruowanym modelu okazały się wszystkie cechy poddane analizie: HBD, FL, AC i BMI. Średni błąd prognozowania masy płodu wynosił 5,99%.

Rycina 1 przedstawia przykłady wykresów trójwymiarowych opisujących zależność pomiędzy dwiema wybranymi zmiennymi wejściowymi a zmienną wyjściową - AC i BPD, AC i FL, FL i BPD oraz ATD i BPD mierzonymi w centymetrach a przewidywaną masą urodzeniową płodu mierzoną w gramach. Najwyższa średnia dokładność prognozowania masy znajdowała się w obszarach o wysokich wartościach BPD i o wysokich wartościach FL, AC i ATD.

DISKUSJA

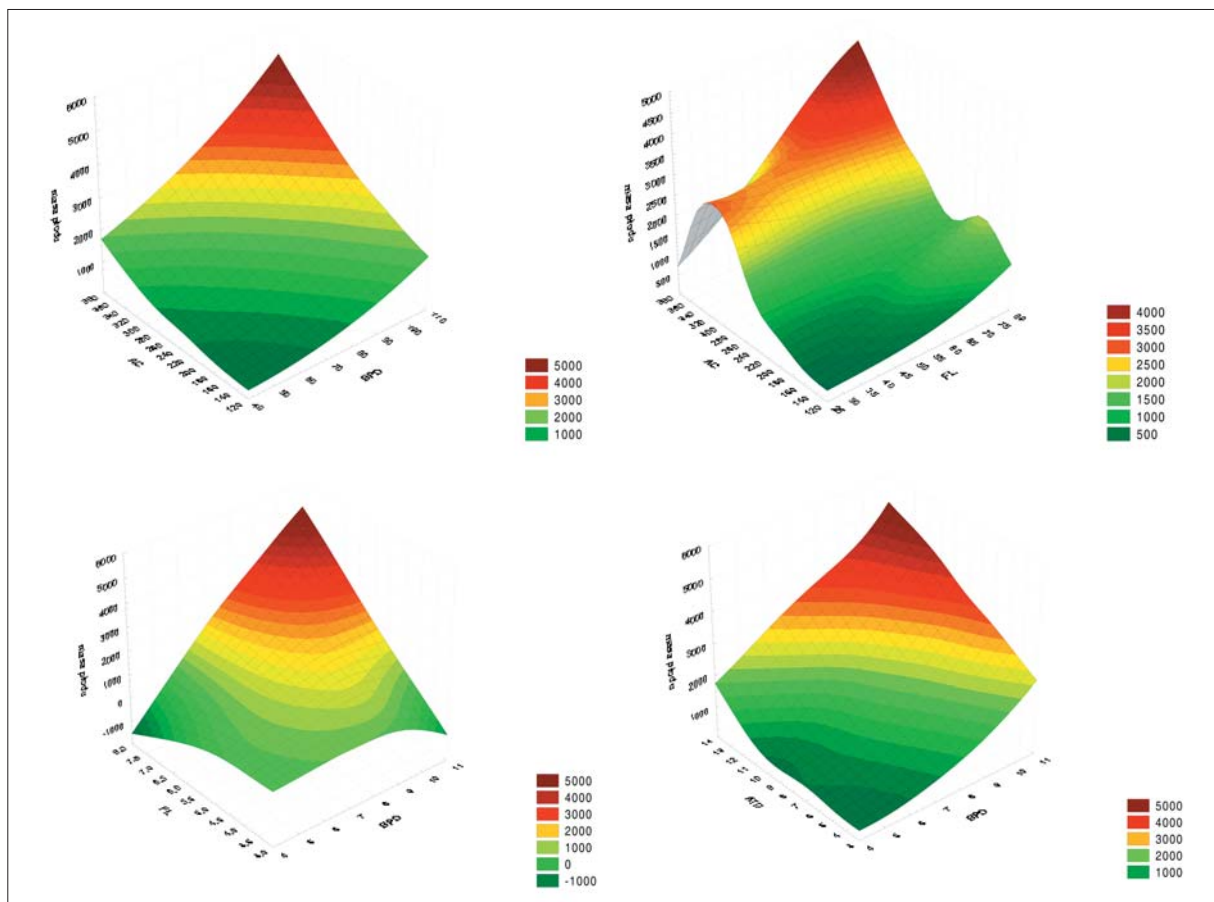
Analiza złożonych i najczęściej nieliniowych zależności pomiędzy dużymi zbiorami danych jakimi są pomiary biometrii tysięcy płodów jest coraz częściej stosowana w medycynie perinatalnej. Ocena masy płodu nabiera większego znaczenia we współczesnym położnictwie. Jej znajomość jest ważna w postępowaniu klinicznym przy zagrażającym porodzie przedwczesnym, jak również u płodów z cechami dystrofii [22].

Fig. 1 presents examples of 3-D diagrams describing the dependence between two selected input variables and an output variable- AC and BPD, AC and FL, FL and BPD and ATD and BPD measured in centimetres, and prognosed fetus birth weight measured in grams.. The highest average accuracy of weight prognosing was in the areas with high BPD and high FL, AC and ATD values.

DISCUSSION

The analysis of complex and most frequently non-linear dependencies between large data sets, such as the biometry measurements of thousands of fetuses, is used with growing frequency in the perinatal medicine. Estimation of fetus weight becomes more and more important in today's obstetrics. Its knowledge is important in clinical proceeding in the situation of threatening premature delivery, as well as in the fetuses with dystrophy features [22].

Neural networks are presently used also as predictive models in oncological gynaecology [23]. In one of the first examinations using non-linear modelling for estimation of fetus weight Farmer and partners [24] stated that error related to prognosing of this parameter exceeding 10% is in the event of fetal macrosomy



Ryc. 2. Powierzchnie odpowiedzi sieci dla BPD, ATD, AC, FL i masy płodu
Fig. 2. Areas of network response for BPD, ATD, AC, FL and fetus weight

Sieci neuronowe są również obecnie wykorzystywane jako modele predykcyjne w ginekologii onkologicznej [23]. W jednym z pierwszych badań wykorzystujących modelowanie nieliniowe do oceny masy płodu Farmer i wsp. [24] stwierdzili, że błąd związany z prognozowaniem tego parametru przekraczający 10% jest w przypadkach podejrzenia makrosomii nie do zaakceptowania w praktyce klinicznej. Autorzy zastosowali nową wtedy metodę wykorzystania tak zwanej "sztucznej inteligencji", czyli sieci neuronowych dla konstrukcji modelu predykcyjnego opartego na pomiarach BPD, AC, HC, FL, grubości tkanki podskórnej płodu i indeksu płynu owodniowego. W grupie 100 ciężarnych, u których podejrzewano makrosomię płodu badano też przydatność oceny wysokości dna macicy, wieku i wysokości ciężarnej oraz liczby przebytych porodów. Uzyskany model pozwalał prognozować masę płodu ze średnim błędem równym 4,7% w porównaniu do rzeczywistej masy urodzeniowej. Dokładność prognostyczna tego modelu różniła się istotnie od wyników uzyskanych przy zastosowaniu analizy regresji w badanej grupie płodów.

Spośród szeregu sieci najbardziej precyzyjne w prognozowaniu masy płodu okazały się sieci wykorzystujące od czterech do sześciu neuronów w warstwie wejściowej. Ostatecznie spośród wszystkich badanych sieci wybrane zostały cztery o najwyższych wartościach prognostycznych. Dwie z nich oceniały parametry płodu i wiek ciążowy, a dwie inne wykorzystywały dodatkowo parametry matki – masę ciała lub BMI.

Stwierdzono, że w badanej grupie zastosowanie danych ciężarnej wpływa niekorzystnie obniżając skuteczność tej metody. W modelu skonstruowanym w oparciu o parametry biometrii bez uwzględnienia cech biometrycznych matki takich jak wzrost i masa jej ciała, w którym wykonywano pomiary brzuszka: podłużny i poprzeczny średni błąd prognozowania wynosił 3,36%. Ograniczeniem w interpretacji wyników przeprowadzonej analizy prospektywnej była znacznie mniejsza liczebność grupy własnej w porównaniu do cytowanych w polskim piśmiennictwie grup badanych ciężarnych. Wyniki badań przedstawionych w tej pracy wskazują jednak, że modele neuronowe znacznie lepiej niż dotychczasowe modele predykcyjne przewidywały masę urodzeniową noworodka.

W podsumowaniu możemy stwierdzić, że idea wykorzystania modeli matematycznych w celu obliczenia indywidualnego prawdopodobieństwa wystąpienia dystrofii płodu w czasie trwania ciąży jest bardzo atrakcyjna [25]. Obliczenia wykonane przez sieć pozwoliły znacznie lepiej niż metody oparte na analizie regresji prognozować masę urodzeniową noworodka.

Na podstawie uzyskanych wyników własnych i przeglądu nielicznego do tej pory piśmiennictwa zajmującego się tym zagadnieniem można zasugerować, że przydatność sieci neuronowych w poprawnej identyfikacji płodów dystroficznych może być wysoka [26].

suspicion unacceptable in clinical practice. The authors used new at that time method of using so called "artificial intelligence", i.e. neural network for construction of predictive model based on BPD, AC, HC, FL measurements, the measurement of thickness of fetal subcutaneous tissue and amniotic fluid. In the group of 100 pregnant women, in which the fetal macrosomy was suspected, the study included also the usefulness of estimating the uterine fundus height, age and height of the pregnant women and number of her past deliveries. Obtained model enabled prognosing fetal weight with mean error equal to 4.7%, compared to actual birth weight. Prognostic accuracy of this model differed considerably from results obtained through regression analysing in the investigated feta group.

Among many networks, the most precise in fetal weight prognosing appeared to be the network using from four to six neurons in input layer. Finally, from among all examined networks, four networks were selected, having the highest prognostic values. Two of them estimated fetal parameters and gestational age, while other used mother's parameters – body weight or BMI.

It was stated that using the data of pregnant woman in the examined group had negative impact through decreasing the efficacy of this method. In the model constructed on the basis of biometry parameters, without taking into consideration mother's biometric features such as her height and body mass, in which the measurement of abdomen were taken: elongated and lateral, a mean error in prognosing was 3,36%. The interpretation of results of performed prospective analysis was restricted by considerably lower number of population examined in own group, compared to groups of examined pregnant women, cited in the Polish literature. The results of examinations presented in the work hereof indicate however that neural models prognosed the birth weight of neonate considerably better than so far used predictive models.

In the resume we may state that the idea of using mathematical models in order to calculate individual probability of fetal dystrophy occurrence during the pregnancy is very attractive [25]. The calculations performed by the network made it possible to prognose the neonate birth weight much better than in the event of methods based on regression analysis.

On the grounds of obtained own results and review of not rich existing literature dealing with this issue, it may be suggested that usefulness of neural networks in proper identification of dystrophic feta may be high [26]. It should be underlined however that in order to indicate the usefulness of such data modelling in various populations of pregnant women, the method has to be prospectively verified in new and sufficiently large group, counting at least several thousand of pregnant women.

Należy jednak podkreślić, że aby wykazać przydatność takiego modelowania danych w różnych populacjach kobiet ciężarnych, metoda musi być prospektywnie sprawdzona w nowej i dostatecznie dużej, liczącej przynajmniej kilkanaście tysięcy grupie kobiet w ciąży.

WNIOSEK

1. Spośród współcześnie stosowanych metod modelowania statystycznego wyników biometrii ultrasonograficznej najwyższą dokładność prognostyczną dystrofii płodu wykazują modele oparte na generowanych komputerowo sztucznych sieciach neuronowych.

CONCLUSION

1. The highest prognostic accuracy of fetus dystrophy among presently used methods of modelling the results of ultrasonographic biometry is shown by models based on computer-generated neural networks.

Piśmiennictwo / References:

1. **Altman D, Chitty L.**: New charts for ultrasound dating of pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; 10: 174-191.
2. **Malewski Z.**: Relacja masy ciała odnoszonej do wieku oraz stanu płodu i noworodka. *Gin Pol* 2003; 74, 2: 121-127.
3. **Mongelli M, Tambyraja R.**: Ultrasonoc fetal weight estimation and tolerance to measurement error: a comparative analysis. *Australas Radiol* 2003; 47: 389-92.
4. **Brzązert J, Szaflik K, Spaczyński M.**: Rekomendacje PTG dotyczące zasad i warunków wykonywania badań ultrasonograficznych w ciąży. *Gin Pol* 2004.
5. **Rosati P, Guariglia L, Capelli G.**: A new mathematical formula for predicting long bone length in early pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; 19: 184-189.
6. **Bachmann LM, Khan KS, Ogah J et al.**: Multivariable analysis of tests for the diagnosis of intrauterine growth restriction. *Ultrasound and Gynecology* 2003; 2: 370-4.
7. **Claussos B, Gardosi J, Francis A et al.**: Perinatal outcome in SGA births defined by customized versus population-based birthweight standards. *Br J Obstet Gynecol* 2001; 108: 830-4.
8. **De Jong CLD, Francis A, vanGeijn HP et al.**: Customized fetal weight limits for antenatal detection of fetal weight limits. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 15: 36-40.
9. **Dudley NJ.**: Selection of appropriate ultrasound methods for the estimation of fetal weight. *Br J Radiol* 1995; 68: 385-388.
10. **McKenna D, Tharmaratnam S, Mahsund S et al.**: A randomized trial using ultrasound to identify the high-risk fetus a low-risk population. *Obstet Gynecol* 2003; 101: 626 – 632.
11. **Owen P, Farrell T, Hardwick J et al.**: Relationship between customized birthweight centiles and neonatal anthropometric features of growth restriction. *Br J Obstet Gynecol* 2002; 109:658-62.
12. **Daniluk D, Czekierdowski A, Smoleń A et al.**: Zastosowanie modelu predykcyjnego Aoki i analizy regresji w ultrasonograficznym przewidywaniu masy urodzeniowej noworodka. *Gin Pol* 2001;72:1129-34
13. **Deter RL, Rossavik IK, Harrist RB et al.**: Mathematical modeling of fetal growth: Development of individual growth curve standards. *Obstet Gynecol* 1986; 68:156-61.
14. **Nieto A, Matorras R, Serra M et al.**: Multivariate analysis of determinants of fetal growth retardation. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1994; 53: 107-113.
15. **Kurmanavicius J, Burkhardt T, Wiser J et al.**: Ultrasonic fetal weight estimation: accuracy of formulas and accuracy of examiners by birth weight from 500 to 5000g. *J Perinat Med* 2004; 32: 155-61.
16. **Mongelli M, Biswas A.**: Menstrual age-dependent systematic error in sonographic fetal weight estimation: a mathematical model. *J Clin Ultrasound* 2002; 30:139-144.
17. **Tadeusiewicz R.**: Sieci neuronowe. Akademicka Oficyna Wydawnicza RM. Warszawa 1993.
18. **Tadeusiewicz R.**: Sieci neuronowe. Wyd. StatSoft Kraków 2001
19. **Dudley NJ, Chapman E.**: The importance of quality management in fetal measurement. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2002; 19: 190-196.
20. **Gardosi J.**: The application of individualised fetal growth curves. *J Perinatal Med* 1998; 26: 137-42.
21. **Tadeusiewicz R.**: Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ Warszawa 1999.
22. **Niziurski P, Piasek G.**: Wartość badania ultrasonograficznego w ocenie masy płodu donoszonego. *Gin Pol* 2006; 5: 352-358.
23. **Czekierdowski A, Smoleń A, Jędrzych M.**: Sztuczne sieci neuronowe: nowe możliwości zastosowania zaawansowanych metod analizy statystycznej w medycynie perinatalnej i ginekologii. *Klin Perinat Gin* 2002, t. 36: 47-58.
24. **Farmer RM, Medaris AL, Hirata GI et al.**: The use of Neural Network for the ultrasonographic estimation of fetal weight in the macrosomic fetus. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 166: 1467-1472.
25. **Gardosi J.**: Ultrasound biometry and fetal growth restriction. *Fetal and Maternal Medicine Review* 2002: 249-259.
26. **Klimek M.**: Pregnancy monitoring and prognosis of birth as a space-time event. DREAM Publishing Company, Kraków 1996; 31-81.