

# Wpływ parametrów akwizycji obrazu ultrasonograficznego endometrium na wyniki klasyfikacji obrazów różnych patologii endometrium przeprowadzonej z zastosowaniem komputerowej analizy tekstur

## *Acquisition of endometrium ultrasound scans and its effect on the results of computer analysis of texture*

Grażyna Dec<sup>1</sup>, Michał Strzelecki<sup>2</sup>, Marcin Anioł<sup>1</sup>, Andrzej Materka<sup>2</sup>, Piotr Sieroszewski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika Medycyny Płodu i Ginekologii, I Katedra Ginekologii i Położnictwa, Uniwersytet Medyczny w Łodzi; kierownik Kliniki: prof. dr hab. med. Piotr Sieroszewski

<sup>2</sup>Instytut Elektroniki, Politechnika Łódzka; dyrektor Instytutu: prof. dr hab. inż. Andrzej Materka

Przeгляд Menopauzalny 2009; 3: 127–131

### Streszczenie

**Wstęp:** Komputerowa analiza obrazu ultrasonograficznego jest metodą coraz powszechniej stosowaną w diagnostyce wielu schorzeń.

**Cel pracy:** Określenie, na ile parametry akwizycji obrazu wpływają na wyniki klasyfikacji obrazów endometrium przeprowadzonej na podstawie parametrów tekstury.

**Materiał i metody:** Materiał stanowiły pacjentki, u których wykonano badanie ultrasonograficzne przed planowanym zabiegiem wyłyżeczkowania jamy macicy z powodu nieprawidłowego krwawienia z dróg rodnych. W trakcie badania ultrasonograficznego zapisano obrazy ultrasonograficzne endometrium uzyskane przy 4 różnych głębokościach penetracji ultradźwięków (6 cm, 8 cm, 10 cm i 13 cm). Analizowano obrazy 6 pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma* oraz po 3 pacjentek z rozpoznaniem *degeneratio cystica*, *endometrium dyshormonicum*, *polypus endometrialis*, *endometrium proliferans*, *endometrium secretans*. Oceniano wpływ głębokości penetracji ultradźwięków na wartości cech tekstury oraz różnicowanie obrazów endometrium pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma* od obrazów prawidłowych i łagodnych schorzeń endometrium.

**Wnioski:** Głębokość penetracji ultradźwięków ma wpływ na wartości cech tekstury obrazu USG reprezentującego te same schorzenia. Najlepszą dyskryminację obrazów endometrium pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma* od obrazów innych schorzeń odnotowano dla głębokości penetracji ultradźwięków 6 i 8 cm. Najbardziej dyskryminacyjne cechy pochodzą z transformaty falkowej i modelu autoregresji; najlepszą metodą selekcji cech okazuje się współczynnik Fishera.

**Słowa kluczowe:** endometrium, menopauza, komputerowa analiza obrazu, ultrasonografia

### Summary

**Introduction:** The computer analysis of ultrasound scans becomes more and more common in diagnostic procedure in many disorders.

**Objectives:** The aim of the study was to evaluate how the parameters of the image acquisition (ultrasound penetration depth) determine results of computer analysis of texture.

**Material and methods:** Menopausal women with abnormal uterine bleeding were subjected to the study. Ultrasound examination was performed before D&C procedure. Endometrial ultrasound scans were recorded for 4 different ultrasound penetration depths (6 cm, 8 cm, 10 cm and 13 cm). Two groups of patients were analysed. First group included scans of 6 patients suffering from endometrial cancer, second group scans of patients with other endometrial disorders and normal endometrium (*degeneratio cystica* – 3 patients, *endometrium dyshormonicum* – 3 patients, *polypus endometrialis* – 3 patients, *endometrium proliferans* – 3 patients, *endometrium secretans* – 3 patients).

**Conclusions:** Results of the analysis indicates that the ultrasound penetration depth affects values of textural features. In cases of endometrial examination the best way to discriminate images of the patients with confirmed *adenocarcinoma* from the images with other disorders was observed when the ultrasound penetration

Adres do korespondencji:

dr med. Grażyna Dec, Klinika Medycyny Płodu i Ginekologii, I Katedra Ginekologii i Położnictwa, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, ul. Wileńska 39, 94-031 Łódź, tel. +48 42 686 83 80, wew. 390, e-mail: grazyna.dec@umed.lodz.pl

depth of 6 cm and 8 cm was applied. The most discriminant texture features are derived from wavelet transform and autoregressive model. The best feature selection method is Fisher coefficient based approach.

**Key words:** endometrium, menopause, computer analysis of ultrasound scans, ultrasonography

## Wstęp

Komputerowa analiza obrazu biomedycznego znajduje coraz szersze zastosowanie w diagnostyce. Wyniki pozwalające odróżnić złośliwy proces nowotworowy od zmian łagodnych na podstawie analizy obrazów ultrasonograficznych budzą nadzieje na powstanie skutecznej diagnostyki nieinwazyjnej. Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu (w szczególności analizy tekstury, która koduje cechy morfologiczne obrazowanych tkanek i narządów) w praktyce klinicznej wymaga jednak standaryzacji, precyzyjnego omówienia sposobu wykonania badania, parametrów nastawów aparatu i określenia sposobu analizy komputerowej, by uzyskać powtarzalność wyników.

## Cel pracy

Celem pracy było określenie wpływu parametrów akwizycji obrazu – głębokości penetracji ultradźwięków na wyniki automatycznej klasyfikacji tekstury obrazów USG.

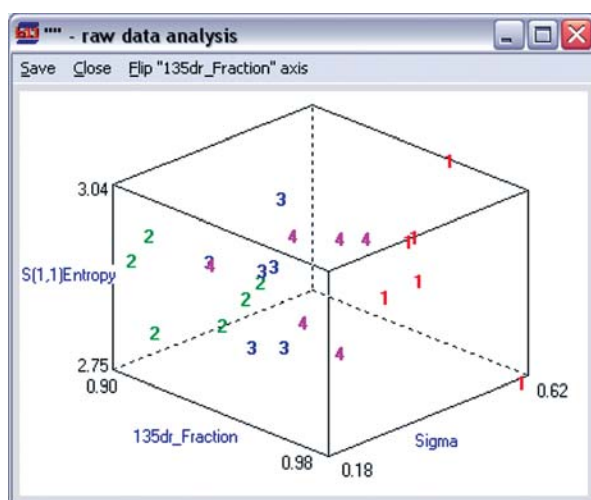
## Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiło 21 pacjentek hospitalizowanych w Klinice Medycyny Płodu i Ginekologii I Ka-

tedry Ginekologii i Położnictwa Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, u których wykonano badanie ultrasonograficzne przed planowanym zabiegiem wyłyżeczkowania jamy macicy z powodu nieprawidłowego krwawienia z dróg rodnych w okresie okołomenopauzalnym. Po weryfikacji histopatologicznej do badania włączono wyniki 6 pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma* oraz po 3 pacjentek z rozpoznaniem *degeneratio cystica*, *endometrium dysghormonicum*, *endometrium proliferans*, *endometrium secretans*, *polypus endometrialis*.

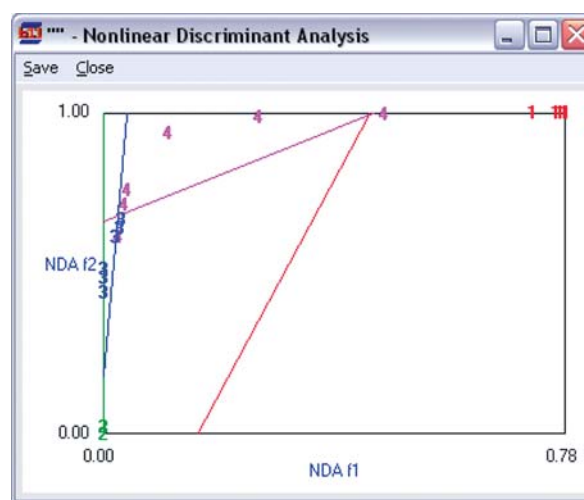
Badania wykonywano za pomocą ultrasonografu EnVisor firmy Philips. W trakcie badania ultrasonograficznego głowicą przezpochwową o częstotliwości 6,25 MHz zapisano obrazy ultrasonograficzne endometrium uzyskane przy 4 różnych głębokościach penetracji ultradźwięków: 6 cm, 8 cm, 10 cm i 13 cm. Pozostałe nastawy aparatu były jednakowe.

Analizowano wpływ głębokości penetracji ultradźwięków na wartości cech tekstury oraz różnicowanie obrazów endometrium pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma* od obrazów prawidłowych i łagodnych schorzeń endometrium. Do klasyfikacji obrazów wykorzystano nieliniową analizę dyskryminacyjną (NDA) oraz liniową analizę dyskryminacyjną (LDA) z zastosowaniem klasyfikatora najbliższego sąsiada (1-NN).



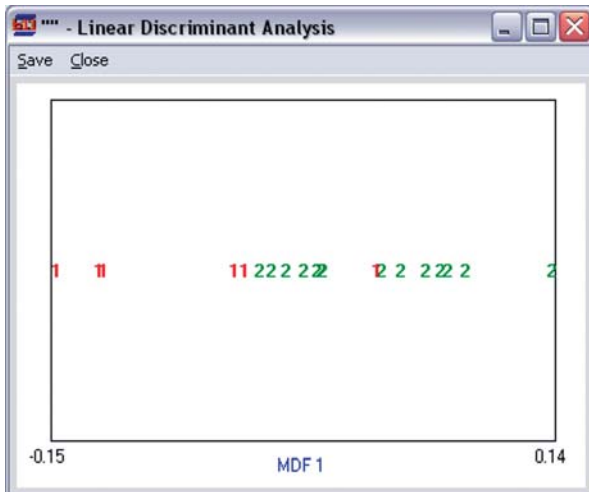
błąd klasyfikacji (klasyfikator najbliższego sąsiadztwa): 20,83% (5 błędnie sklasyfikowanych próbek z 24)

**Ryc. 1.** Badanie wpływu odległości na wartości cechy tekstury endometrium pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma*. Rozkład trzech najlepiej dyskryminujących cech



błąd klasyfikacji (sieć neuronowa): 8,33% (2 błędnie sklasyfikowane próbki z 24)  
1 – 13 cm; 2 – 6 cm; 3 – 8 cm; 4 – 10 cm

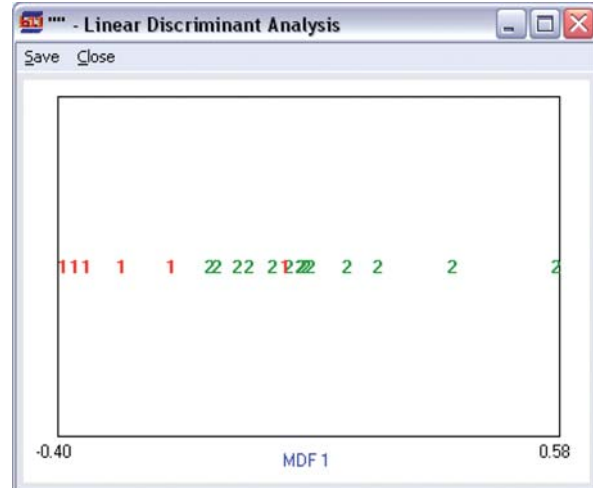
**Ryc. 2.** Badanie wpływu głębokości penetrowania ultradźwięków na wartości cechy tekstury endometrium pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma*. Rozkład cech tekstur po przetworzeniu przez sieć neuronową (NDA)



błąd klasyfikacji (klasyfikator najbliższego sąsiedztwa): 9,52%  
(2 błędnie sklasyfikowane próbki z 21)

- 1 Teta3
  - 2 WavEnLH\_s-5
  - 3 Teta4
  - 4 135dr\_RLNonUni
  - 5 135dr\_GLevNonU
- 1 – pacjentki z rozpoznaniem *adenocarcinoma*  
2 – pacjentki z prawidłowym obrazem endometrium i zmianami łagodnymi

**Ryc. 3.** Rozkład 5 cech tekstur analizowanych obrazów endometrium przy głębokości penetracji ultradźwięków 6 cm



błąd klasyfikacji (klasyfikator najbliższego sąsiedztwa): 9,52%  
(2 błędnie sklasyfikowane próbki z 21)

- 1 – rak\_08; 2 – inne\_08
  - 1 Teta 3
  - 2 Teta 4
  - 3 S (1,-1) Entropy
  - 4 WavEnLH\_s-4
  - 5 WavEnHL\_s-3
- 1 – pacjentki z rozpoznaniem *adenocarcinoma*  
2 – pacjentki z prawidłowym obrazem endometrium i zmianami łagodnymi

**Ryc. 4.** Rozkład 5 cech tekstur analizowanych obrazów endometrium przy głębokości penetracji ultradźwięków 8 cm

## Wyniki

### Badanie wpływu odległości na wartości cechy tekstury

Analizowano obrazy ultrasonograficzne 6 pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma*. Obrazy podzielono na 4 klasy w zależności od głębokości penetrowania ultradźwięków: 1 – 13 cm; 2 – 6 cm; 3 – 8 cm; 4 – 10 cm. Dokonano ich dyskryminacji z wykorzystaniem cech tekstury. Rozkład trzech najlepiej dyskryminujących cech przedstawiono na rycinie 1. Każda cyfra reprezentuje wektor cech odpowiadający jednemu z analizowanych obrazów endometrium, wartość cyfry odpowiada głębokości penetrowania ultradźwięków w trakcie badania.

Na rycinie 2. przedstawiono rozkład cech tekstur analizowanych obrazów endometrium (z ryc. 1.) po przetworzeniu przez sieć neuronową. Mimo że badane obrazy przedstawiają ten sam obszar (endometrium tej samej pacjentki), to z punktu widzenia analizy tekstury obszary te są różne.

### Dyskryminacja obrazów endometrium pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma*

#### Przy głębokości penetracji ultradźwięków 6 cm

Rozkład 5 cech tekstur, wybranych na podstawie współczynnika Fishera, analizowanych obrazów endo-

metrium (analiza LDA) przy głębokości penetracji ultradźwięków 6 cm przedstawiono na rycinie 3.

Jeden przypadek raka endometrium w grupie pacjentek z obrazem prawidłowym i ze zmianami łagodnymi przy głębokości penetracji ultradźwięków 6 cm (ryc. 3.) i 8 cm (ryc. 4.) dotyczy pacjentki, u której badanie ultrasonograficzne przeprowadzone było miesiąc po poprzednim tyżeczowaniu jamy macicy.

#### Przy głębokości penetracji ultradźwięków 8 cm

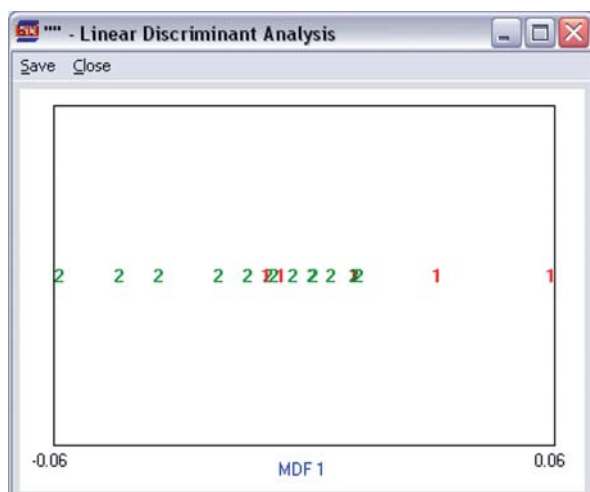
Rozkład 5 cech tekstur, wybranych na podstawie współczynnika Fishera, analizowanych obrazów endometrium (analiza LDA) przy głębokości penetracji ultradźwięków 8 cm przedstawiono na rycinie 4.

#### Przy głębokości penetracji ultradźwięków 10 cm

Rozkład 5 cech tekstur, wybranych na podstawie współczynnika informacji wzajemnej, analizowanych obrazów endometrium (analiza LDA) przy głębokości penetracji ultradźwięków 10 cm przedstawiono na rycinie 5.

#### Przy głębokości penetracji ultradźwięków 13 cm

Na rycinie 6. przedstawiono rozkład 5 cech tekstur, wybranych na podstawie współczynnika Fishera, analizowanych obrazów endometrium (analiza LDA) przy głębokości penetracji ultradźwięków 13 cm.



błąd klasyfikacji (klasyfikator najbliższego sąsiedztwa): 42,86%  
(9 błędnie sklasyfikowanych próbek z 21)

1 – rak\_08; 2 – inne\_08

1 S (3,0) SumAverg

2 S (1,0) SumAverg

3 S (0,2) SumEntrp

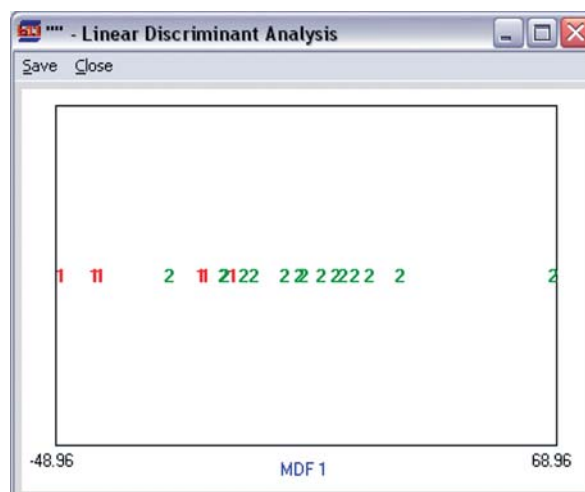
4 S (2,0) SumAverg

5 Horzl\_Fraction

1 – pacjentki z rozpoznaniem *adenocarcinoma*

2 – pacjentki z prawidłowym obrazem endometrium i zmianami łagodnymi

**Ryc. 5.** Rozkład 5 cech tekstur analizowanych obrazów endometrium przy głębokości penetracji ultradźwięków 10 cm



błąd klasyfikacji (klasyfikator najbliższego sąsiedztwa): 9,52%  
(2 błędnie sklasyfikowane próbki z 21)

1 – rak\_08; 2 – inne\_08

1 WavEnLL\_s-1

2 135dr\_RLNonUni

3 Horzl\_RLNonUni

4 Vertl\_RLNonUni

5 45dgr\_RLNonUni

1 – pacjentki z rozpoznaniem *adenocarcinoma*

2 – pacjentki z prawidłowym obrazem endometrium i zmianami łagodnymi

**Ryc. 6.** Rozkład 5 cech tekstur analizowanych obrazów endometrium przy głębokości penetracji ultradźwięków 13 cm

## Dyskusja

Stworzenie algorytmu postępowania umożliwiającego wczesne rozpoznanie raka endometrium, zanim wystąpią pierwsze objawy tej choroby, od wielu lat stanowi istotne wyzwanie dla ginekologów.

Wprowadzenie badań ultrasonograficznych narządów płciowych dawało możliwość pomiaru grubości endometrium. Oceniano grubości dwóch warstw błony śluzowej macicy. Sugerowano, że przy grubości poniżej 5 mm ryzyko występowania raka endometrium jest niewielkie. Zwrócono jednak uwagę na brak powtarzalności pomiarów [1]. Kolejnym krokiem była ocena jednorodności błony śluzowej stwierdzanej w badaniu ultrasonograficznym. Tu również brakowało obiektywizacji wyników. Komputerowa analiza obrazów ultrasonograficznych okazała się bardzo pomocna. Zastosowana została do oceny tekstury płytki miazdżycowej [2], zmian wątroby [3] i ściany aorty [4]. Pozwoliła na odróżnienie złośliwych zmian nowotworowych od zmian łagodnych w obrębie sutka [5], prostaty [6], trzustki [7] i endometrium [8, 9]. Ocena tekstury endometrium pozwoliła także na odróżnienie charakterystycznego obrazu endometrium świadczącego o odpowiednim przygo-

towaniu błony śluzowej macicy do programu *in vitro* [10]. Analizę komputerową wykorzystano również do oceny obrazu histeroskopowego [11].

Inny kierunek badań ocenia objętość i unaczynienie endometrium w ultrasonografii 3D [12]. Mansour i wsp. wskazują na większą czułość pomiaru objętości endometrium aniżeli tylko jego grubości w prognozowaniu złośliwości. Podają, że objętość równa lub większa od 1,35 ml może determinować wystąpienie procesu złośliwego u kobiet z krwawieniem pomenopauzalnym [13]. Ocena unaczynienia endometrium kobiet z krwawieniami pomenopauzalnymi w pracy Alcazara i wsp. wskazuje na wyższy indeks naczyniowy oraz pomiary przepływów w przypadku występowania zmiany złośliwej [14]. Indeks naczyniowy określono jako najlepszy parametr prognostyczny raka endometrium.

Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu w praktyce klinicznej wymaga jednak standaryzacji, precyzyjnego omówienia sposobu wykonania badania, parametrów nastawów aparatu i określenia sposobu analizy komputerowej, by uzyskać powtarzalność otrzymywanych wyników. Takie standaryzowane badania przeprowadzone zostały w odniesieniu do oceny płytki miazdżycowej [15] oraz unaczynienia endometrium w badaniu power doppler [16]. Uzyskane wyniki są obiecujące, wykazano skuteczność zastosowanej komputerowej analizy obrazu

tekstur endometrium do dyskryminacji *adenocarcinoma* i innych schorzeń, a także znaczenie wyboru odpowiedniej głębokości penetracji ultradźwięków.

## Wnioski

1. Głębokość penetracji ultradźwięków ma wpływ na wartości cech tekstury. Zatem proces selekcji cech tekstury i ich klasyfikacji należy powtarzać każdorazowo przy zmianie głębokości.
2. Najlepsza dyskryminacja obrazów endometrium pacjentek z rozpoznaniem *adenocarcinoma* od obrazów innych schorzeń występowała dla głębokości penetracji ultradźwięków 6 i 8 cm, gdzie przy zastosowaniu liniowej analizy dyskryminacyjnej i klasyfikatora najbliższego sąsiada uzyskano błąd klasyfikacji poniżej 10%.
3. Najbardziej dyskryminacyjne cechy pochodzą z transformaty falkowej oraz modelu autoregresji; najlepszą metodą selekcji cech okazuje się współczynnik Fishera. Wyniki te potwierdzają skuteczność użycia tych cech do analizy tekstury obrazów ultrasonograficznych [4].

## Piśmiennictwo

1. Epstein E, Valentin L. Intraobserver and interobserver reproducibility of ultrasound measurements of endometrial thickness in postmenopausal women. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; 20: 486-91.
2. Kokkos SK, Stevens JM, Nicolaidis AN, et al. Texture analysis of ultrasonic images of symptomatic carotid plaques can identify those plaques associated with ipsilateral embolic brain infarction. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007; 33: 422.
3. Kim SH, Lee JM, Kim KG, et al. Computer-aided image analysis of focal hepatic lesions in ultrasonography: preliminary results. *Abdom Imaging* 2008; 34: 183-91.
4. Chrzanowski L, Drożdż J, Strzelecki M, et al. Application of neural networks for the analysis of intravascular ultrasound and histological aortic wall appearance-an in vitro tissue characterization study. *Ultrasound Med Biol* 2008; 34: 103-13.
5. Wu WJ, Moon WK. Ultrasound breast tumor image computer-aided diagnosis with texture and morphological features. *Acad Radiol* 2008; 15: 873-80.
6. Mohamed SS, Salama MA. Prostate cancer spectral multifeature analysis using TRUS images. *IEEE Trans Med Imaging* 2008; 27: 548.
7. Das A, Nguyen CC, Li F, Li B. Digital image analysis of EUS images accurately differentiates pancreatic cancer from chronic pancreatitis and normal tissue. *Gastrointest Endosc* 2008; 67: 861-7.
8. Dec G, Strzelecki M, Sieroszewski P, Zieliński K. Komputerowa analiza obrazu ultrasonograficznego błony śluzowej macicy u kobiet po menopauzie. *Ginekol Pol* 2006; 77: 908-13.
9. Michail G, Karahaliou A, Skiadopoulos S, et al. Texture analysis of perimenopausal and post-menopausal endometrial tissue in grayscale transvaginal ultrasonography. *Br J Radiol* 2007; 80: 609-16.
10. Fanchin R, Righini C, Ayoubi JM, et al. New look at endometrial echogenicity: objective computer-assisted measurements predict endometrial receptivity in in vitro fertilization-embryo transfer. *Fertil Steril* 2000; 74-27.
11. Neofytou MS, Tanos V, Pattichis MS, et al. A standardised protocol for texture feature analysis of endoscopic images in gynaecological cancer. *Biomed Eng Online* 2007; 6: 44.
12. Jokubkiene L, Sladkevicius P, Rovas L, Valentin L. Assessment of changes in endometrial and subendometrial volume and vascularity during the normal menstrual cycle using three-dimensional power Doppler ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 27: 672-9.
13. Mansour G.M, El-Lamie IK, El-Kady MA, et al. Endometrial volume as predictor of malignancy in women with postmenopausal bleeding. *Int J Gynaecol Obstet* 2007; 99: 206-10.
14. Alkazar JL, Galvan R. Three-dimensional power Doppler ultrasound scanning for the prediction of endometrial cancer in women with postmenopausal bleeding and thickened endometrium. *Am J Obstet Gynecol* 2009; 200: 44.e1-6.
15. Kakkos SK, Nicolaidis AN, Kyriacou E, et al. Effect of zooming on texture features of ultrasonic images. *Cardiovasc Ultrasound* 2006; 28: 4-8.
16. Epstein E, Skoog L, Isberg PE, et al. An algorithm including results of gray-scale and power Doppler ultrasound examination to predict endometrial malignancy in women with postmenopausal bleeding. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; 20: 370-6.