

Zbigniew Czapla

Zakład Biologii Rozwoju Człowieka, Instytut Antropologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

# Zastosowanie metody mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej (wskaźnika EMN) do oceny procesów starzenia ludności Polski i Meksyku

*The application of the method of intracellular microelectrophoresis — EMN index for assessing biological aging process of Polish and Mexican populations*

## Abstract

**Background.** This study attempts to give an answer on the following questions: is it possible to prove with the use of a method of intracellular microelectrophoresis in the form of EMN (electrophoretic mobility of cell nuclei) index that the biological process of human aging is an immanent property of human ontogenesis? Is this process strongly determined biologically, in spite of outstanding cultural, climatic and ethnic differences between populations of Mexicans and Poles?

**Material and methods.** The material involved groups of 1273 women (18–98 years old) and 506 men (19–93 years old) from Poland as well as 359 women (19–81 years old) and 266 men (19–87 years old) from Mexico. The method of intracellular microelectrophoresis — Electrophoretic Mobility of Cell Nuclei (EMN) index was used in the study. In this method, mobility of the cell nuclei in a variable electric field is analysed. The proportion between the number of cells with mobile nuclei to those with immobile nuclei change during ontogenesis. Differences in proportions of mobile to immobile nuclei is used to define the EMN index.

**Results.** The mean values of EMN index for women and men decrease in stable and involuntal phase of ontogenesis. Decrease of these values was observed in the range of 19–95 years for Polish and Mexican populations. The ethnic differences and extremely different weather conditions (the subtropical climate of the Yucatan Peninsula and the moderate climate of Poland) do not modify the similar character of changes in aging processes, as described by EMN index. The mean values of EMN are lower in Mexican population in relation to Poles.

**Conclusions.** Mexicans and Poles are characterized by similar rate of changes of involuntal processes, as described by the EMN index. The EMN index does record involuntal changes — an immanent property of human species — in spite of ethnic, environmental and climatic differences between populations. EMN index can record and describe regressive biological processes occurring in organism after reaching a biological maturity, irrespective of a kind of process (progressive or involuntal). The EMN index showed a “weak” biological quality of an organism — the biological condition characterizing Mexicans rather than Poles.

**key words:** intracellular microelectrophoresis, EMN index, ontogenesis, biological condition, aging

Adres do korespondencji:  
dr n. biol. Zbigniew Czapla  
Zakład Biologii Rozwoju Człowieka, Instytut Antropologii  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
ul. Umultowska 89, 61–614 Poznań  
tel.: (061) 829 57 11, tel./faks: (061) 829 57 30  
e-mail: czapla@amu.edu.pl

## Wstęp

Procesy biologicznego starzenia zachodzące w organizmie człowieka są niezwykle złożone i skomplikowane. Trudno je opisać, wykorzystując jedną

koncepcję czy teorię biologiczną. Podejmowane próby wyjaśniania zjawisk biologicznego procesu starzenia opierają się na teoriach o charakterze deterministyczno-genetycznym (procesy starzenia zapisane w genach) lub stochastyczno-niegenetycznym, uwzględniającym przypadkowość wystąpienia określonych zmian involucyjnych w organizmie człowieka z określonym większym lub mniejszym prawdopodobieństwem. Próby te zawsze sprowadzają się do kompleksowego wyjaśniania zjawisk z uwzględnieniem złożoności procesów metabolicznych oraz wielopoziomowości budowy organizmu człowieka. Zmiany involucyjne towarzyszące starzeniu obserwuje się na każdym poziomie biologicznej organizacji organizmu człowieka, począwszy od molekularnej budowy związków organicznych budujących poszczególne struktury komórkowe, poprzez poziom komórkowy i tkankowy, poziom organów i układów, a kończąc na poziomie osobniczym. Z punktu widzenia zbiorowości ludzkiej pojedyncza osoba tworzy z innymi osobami swojego gatunku populację ludzką, która z punktu widzenia demografa, antropologa, socjologa i gerontologa jest również przedmiotem badań procesów starzenia w ujęciu populacyjnym.

Można powiedzieć, że w zależności od zastosowanej metody badawczej możliwa jest ocena procesów starzenia na różnym poziomie organizacji biologicznej, społecznej czy psychologicznej. Uwzględniając poziom organizacji biologicznej, stosuje się przede wszystkim metody służące biologicznemu widzeniu zjawisk dotyczących starzenia człowieka, które pozwalają opisać konkretne procesy czy nawet reakcje chemiczne w nim zachodzące. Z drugiej strony, stosując aparat metodologiczny i metodyczny socjologii, psychologii, filozofii czy religii, zapoznajemy się z „humanistycznym” spojrzeniem na ten proces. Użytkujemy psychospołeczny i filozoficzny obraz starzenia się współczesnego człowieka.

Gerontolog czy geriatra, oceniając i opisując zjawisko starzenia człowieka, uwzględnia (a przynajmniej powinien) każdy punkt widzenia, traktując biologiczny, społeczny i środowiskowy aspekt tych zjawisk jako tak samo istotny w zrozumieniu fenomenu starzenia się istoty ludzkiej. Mając świadomość wieloaspektowości widzenia procesów starzenia, uwarunkowanych z jednej strony czynnikami biologicznymi, z drugiej społeczno-kulturowymi czy ogólnie środowiskowymi, spójrzmy na zjawisko biologicznego starzenia się człowieka przez pryzmat wybranej metody badawczej, jaką jest metoda mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej — wskaźnika

elektroforetycznej ruchliwości jąder komórkowych (EMN, *Electrophoretic Mobility of Cell Nuclei*).

Biorąc pod uwagę komórkowy poziom organizacji biologicznej człowieka, można opisać procesy starzenia za pomocą kryterium fizykochemicznego, przedstawionego wcześniej na łamach niniejszego czasopisma [1]. Zaproponowana metoda mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej — wskaźnika EMN — pozwala, na podstawie zmian właściwości fizykochemicznych struktur komórkowych (poziom molekularny i komórkowy), ocenić i opisać biologiczny proces starzenia człowieka. Dotychczasowe badania pokazują, że zastosowana metoda jest prostym narzędziem badawczym dla auksologa, antropologa oraz gerontologa [2–8].

Głównym celem prezentowanych badań jest próba odpowiedzi na pytanie, czy metoda mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej — wskaźnika EMN — pokaże, że mimo różnic etnicznych charakteryzujących badane populacje Polski i Meksyku, silnego zróżnicowania kulturowego oraz różnic klimatycznych proces biologicznego starzenia jako immanentna właściwość ontogenezy człowieka, jest silnie zdeterminowany biologicznie. Tym samym, czy przebieg procesu starzenia opisany za pomocą wskaźnika EMN cechuje się zmianami o podobnym charakterze — podobną tendencją, bez względu na etniczne i środowiskowe uwarunkowania badanych populacji. Ponadto, porównano kształtowanie się średnich wartości wskaźnika EMN w procesie starzenia mieszkańców Polski (Wielkopolska) z mieszkańcami wsi Yaxcaba na półwyspie Jukatan (Meksyk).

### **Materiał i metody**

Materiał badawczy stanowiła populacja polska: 1273 kobiet w wieku 18–98 lat i 506 mężczyzn w wieku 19–93 lat z terenu Wielkopolski. Populację meksykańską stanowiło 359 kobiet w wieku 19–81 lat i 266 mężczyzn w wieku 19–87 lat. Populację meksykańską stanowili Indianie Maja zamieszkujący wieś Yaxcaba, miejscowość położoną około 130 km od miasta Merida, które jest stolicą stanu Jukatan w Meksyku. Badania miały charakter przekrojowy i obejmowały lata 1995–1998 dla populacji polskiej oraz stycznia–lutego 2000 roku dla populacji meksykańskiej.

W celu oznaczenia wskaźnika EMN wykorzystano tkankę nabłonkową błony śluzowej jamy ustnej. Pobrano materiał nie wymagał dodatkowych obróbek i był gotowy do obserwacji mikroskopowej. Nabłonek jamy ustnej (wielowarstwowy, płaski, nierogowaciejący) zbudowany jest z 3 różnych typów komórek. Przyjmuje się określone zasady dotyczące wyboru komórek do badań. Pobrano materiał przechowuje się

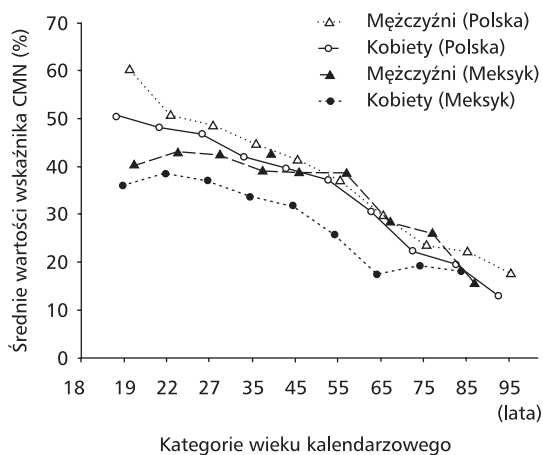
w probówkach Eppendorfa w temperaturze 10°C przez okres maksymalnie 6 dni ze względu na uszkodzenia komórek spowodowane drobnoustrojami. Zawiesinę komórek umieszcza się w 0,09-procentowym roztworze NaCl i obserwuje pod mikroskopem przy 200-krotnym powiększeniu, na specjalnej płytce w zmiennym polu elektrycznym o napięciu 20–30 V, natężeniu 0,1 mA i częstotliwości zmian pola elektrycznego w granicach 1–2 Hz. Elektroforezę przeprowadza się, stosując specjalny aparat Biotest [9–11].

W badaniach zastosowano metodę mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej — wskaźnik EMN [12–14]. Podstawą tej metody jest zjawisko fizykochemiczne (elektroforeza) związane z mobilnością struktur komórkowych. Istotą tego zjawiska jest fakt poruszania się jąder komórkowych w zmiennym polu elektrycznym oraz to, że podczas ontogenezy zmieniają się proporcje pomiędzy liczbą komórek mających ruchliwe jądra — komórek, których jądra się nie poruszają. Zmiany te wywołane są między innymi zmieniającymi się właściwościami błon komórkowych oraz zmianami w strukturze i funkcji siateczki chromatynowej w obszarze jądra wraz z wiekiem [15–17]. Obserwując stosunek liczby komórek z jądrami poruszającymi się do liczby komórek z jądrami nieruchomymi (na 100 uwzględnionych przez badacza, przy zachowaniu odpowiedniego stosunku wielkości i barwy jądra do wielkości cytoplazmy), określa się procentową wartość wskaźnika EMN. Wartości wskaźnika EMN (stosunek komórek z jądrami drgającymi do komórek z jądrami niedrgającymi) wzrastają w progresywnej fazie ontogenezy, po czym po osiągnięciu pewnego punktu optimum zaczynają regularnie się zmniejszać. Opisywane zjawisko występuje nie tylko u człowieka, ale również u zwierząt oraz roślin [18–21]. Analizę statystyczną zebranych danych przeprowadzono w programie CSS Statistica. Zgodę na prowadzenie badań wydała Terenowa Komisja Etyki Badań Naukowych przy Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (Polska) oraz odpowiednia Komisja w Meksyku w ramach badań placówki naukowej CINVESTAV Merida (*Centro de Investigacion y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Merida*) w Meksyku.

## Wyniki

Zmiany średnich wartości wskaźnika EMN z wiekiem dla kobiet i mężczyzn z Polski oraz z Meksyku przedstawiono na wykresie (ryc. 1).

Uzyskane wyniki wskazują, że średnie wartości wskaźnika EMN charakteryzują się ujemnym kierunkiem zmian w stabilnej i inwolucyjnej fazie ontogenezy. Obserwuje się spadek tych wartości w przedziale wie-



**Rycina 1.** Średnie wartości wskaźnika EMN w kolejnych kategoriach wieku kalendarzowego w zależności od płci i kraju pochodzenia (Polska, Meksyk)

**Figure 1.** Mean values of the EMN index in particular age categories for women and men (Poland, Mexico)

kowym 19–95 lat, zarówno dla populacji polskiej, jak i meksykańskiej. Na podstawie przeprowadzonego badania okazało się, że bez względu na różnice etniczne badanych populacji, skrajnie różne warunki klimatyczne (subtropikalny klimat półwyspu Jukatan oraz klimat umiarkowany na obszarze Polski) stwierdza się podobny charakter zmian procesów starzenia opisany kształtowaniem się wskaźnika EMN. Średnie wartości wskaźnika EMN dla kobiet z Meksyku są w całym odcinku badanej ontogenezy niższe niż u kobiet w populacji polskiej. W wypadku mężczyzn z Meksyku od wieku około 45–50 lat obserwuje się podobny przebieg wartości wskaźnika EMN jak u mężczyzn w populacji polskiej.

## Dyskusja

Charakterystyka zmian średnich wartości wskaźnika EMN może świadczyć o podobnym przebiegu i tempie zmian procesów starzenia zarówno w populacji meksykańskiej, jak i polskiej. Za pomocą zastosowanego wskaźnika EMN dobrze uchwycono zmiany zachodzące w biologicznym procesie starzenia. Często opisywane poprzez cechy fenotypowe, na przykład morfologiczne (masa i wysokość ciała), zjawisko stabilizacji w ontogenezie człowieka nie jest prawidłowością ontogenetyczną. Według Wolańskiego [22] organizm po okresie uzyskania dojrzałości jest w okresie tak zwanej względnej stabilizacji. Właśnie tę „względność” procesów rozwojowych wyraźnie pokazuje zastosowany wskaźnik EMN. Jak wiadomo, od okresu osiągnięcia dojrzałości biologicznej (wiek 18–22 lat), czyli uzyskania między innymi ostatecz-

nych wymiarów ciała, pewne cechy natury fizjologicznej czy biochemicznej, które obserwuje się w organizmie człowieka ulegają wyraźnie regresji. Równolegle w organizmie zachodzą jeszcze pewne procesy o charakterze zmian progresywnych. Złożoność zachodzących procesów anabolicznych i katabolicznych oraz uzyskiwanych dzięki temu określonych wartości cech fenotypowych odzwierciedla jakość biologiczną — kondycję biologiczną organizmu człowieka. Jakość tę oddają odpowiednio do opisywanego okresu ontogenezy — sukcesywnie zmniejszające się wartości wskaźnika EMN. Zmiany wskaźnika EMN jednocześnie pokazują wyraźnie inwolucyjny charakter zmian biologicznych zachodzących w populacji ludzkiej, niezależnie od charakteru zachodzących zmian (progres-regres czy anabolizm-katabolizm). Regres zarejestrowany za pomocą wskaźnika EMN jest widoczny niezależnie od zróżnicowania etnicznego badanych populacji i uwarunkowań środowiskowych (skrajnie różne egzogenne czynniki biogeograficzne i społeczno-ekonomiczne). Analizując średnie wartości wskaźnika EMN dla obu badanych populacji, zauważono, że wartości te są niższe w populacji meksykańskiej. W wypadku kobiet z Meksyku dotyczy to całej ontogenezy, natomiast mężczyźni charakteryzują się niższymi wartościami wskaźnika EMN do około 45 roku życia. Wskaźnik EMN nie tylko pozwala opisać procesy biologicznego starzenia człowieka, ale również dobrze obrazuje jakość i kondycję biologiczną organizmu. W związku z tym można powiedzieć, że niższe wartości wskaźnika EMN świadczą o „gorszej” jakości biologicznej tej populacji w badanym odcinku ontogenezy w stosunku do populacji polskiej. Zanotowane wartości EMN w populacji Indian Maja są jednocześnie odzwierciedleniem ich warunków społeczno-ekonomicznych. Potwierdzeniem tego zjawiska może być fakt, że badana populacja Indian Maja pochodzi z małej wioski meksykańskiej, gdzie standard życia tych osób ogranicza się bardzo często do małej chatki (tradycyjnego domku Indian Maja), często bez sanitariatów (bieżącej wody), a podstawowym produktem żywnościowym jest kukurydza i czerwona fasola. W przypadku populacji polskiej są to mieszkańcy Poznania oraz okolicznych miast i wsi Wielkopolskich — regionu, gdzie standard życia jest lepszy. Z danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) na 2003 rok (<http://www.who.int/countries>) wynika, że oczekiwany czas trwania życia w momencie urodzenia dla populacji polskiej i meksykańskiej

jest zbliżony (Meksyk — 72 lata mężczyźni i 77 lat kobiety, natomiast Polacy — 71 lat mężczyźni i 79 lat kobiety). Nie można więc stwierdzić na podstawie niższych wartości wskaźnika EMN, że badana populacja będzie żyła krócej. Natomiast na pewno można powiedzieć, że zbadana populacja meksykańska jest w „gorszej” kondycji biologicznej, o czym mówią przeciętnie niższe wartości wskaźnika EMN. Zakładając, że niższe wartości wskaźnika EMN odzwierciedlają większe prawdopodobieństwo śmierci człowieka, można stwierdzić, że badany wskaźnik EMN wpisuje się w stochastyczno-niegenetyczne koncepcje wyjaśniania procesów biologicznego starzenia organizmu ludzkiego.

### Wnioski

Uogólniając wnioski wynikające z badań, można przyjąć, że:

1. Metoda mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej — wskaźnika EMN — okazała się przydatnym sposobem opisu procesów starzenia populacji polskiej i meksykańskiej.
2. Obydwie populacje charakteryzują się podobnym przebiegiem — tempem oraz tendencją — zmian procesów inwolucyjnych opisywanych przez zmiany wskaźnika EMN z wiekiem.
3. Za pomocą wskaźnika EMN uchwycono inwolucyjną właściwość gatunkową człowieka niezależnie od zróżnicowania etnicznego, środowiskowego oraz klimatycznego.
4. Wskaźnik EMN pokazał, że po uzyskaniu dojrzałości biologicznej rozpoczynają się biologiczne procesy starzenia, niezależnie od przebiegających w organizmie skomplikowanych procesów natury progresywnej i inwolucyjnej. Za pomocą wskaźnika EMN zarejestrowano ten przełomowy moment w ontogenezie człowieka.
5. Wskaźnik EMN wskazuje na „gorszą” kondycję biologiczną populacji meksykańskiej w porównaniu z populacją polską.

### Podziękowania

Serdecznie dziękuję prof. dr. hab. N. Wolańskiemu i prof. dr. hab. A. Siniarskiej-Wolańskiej za umożliwienie przeprowadzenia badań w ramach grantu agencji rządowych Meksyku, CONACYT no 26469H *Crecimiento y maduration infantil como indice de salud y condiciones de vida an los estados de Campeche y Yucatan* (kierownik grantu prof. dr. hab. N. Wolański).

### Streszczenie

**Wstęp.** Głównym celem prezentowanych badań jest próba odpowiedzi na pytanie, czy metoda mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej — wskaźnik EMN — pokaże, że mimo różnic etnicznych badanych populacji Polski i Meksyku — silnego zróżnicowania kulturowego oraz różnic klimatycznych — proces biologicznego starzenia jako immanentna właściwość ontogenezy człowieka jest silnie zdeterminowany biologicznie.

**Materiał i metody.** Materiał badawczy obejmował: 1273 kobiety (18–98 lat) i 506 mężczyzn (19–93 lat) z Polski oraz 359 kobiet (19–81 lat) i 266 mężczyzn (19–87 lat) z Meksyku. Do badań zastosowano metodę mikroelektroforezy wewnątrzkomórkowej — wskaźnik EMN. Metoda ta wykorzystuje fakt poruszania się jąder komórkowych w zmiennym polu elektrycznym. W trakcie ontogenezy zmieniają się proporcje między liczbą komórek z ruchliwymi jądrami do komórek, których jądra się nie poruszają. Te różne proporcje określa procentowa wartość wskaźnika EMN.

**Wyniki.** Średnie wartości wskaźnika EMN dla kobiet i mężczyzn zmniejszają się w stabilnej i inwolucyjnej fazie ontogenezy. Zaobserwowano zmniejszenie się tych wartości w przedziale wiekowym 19–95 lat dla populacji polskiej i meksykańskiej. Różnice etniczne, skrajnie różne warunki klimatyczne (subtropikalny klimat półwyspu Jukatan oraz umiarkowany klimat Polski) nie zmieniły podobnego charakteru zmian procesów starzenia opisanych za pomocą wskaźnika EMN. Średnie wartości EMN są niższe w populacji meksykańskiej w stosunku do populacji polskiej.

**Wnioski.** Meksykanie oraz Polacy charakteryzują się podobnym tempem zmian procesów inwolucyjnych opisywanych za pomocą wskaźnika EMN. Wykorzystując wskaźnik EMN, uchwycono zmiany inwolucyjne (właściwość gatunkową człowieka) niezależnie od zróżnicowania etnicznego, środowiskowego oraz klimatycznego. Niezależnie od rodzaju zachodzących procesów biologicznych (natury progresywnej lub inwolucyjnej), po uzyskaniu dojrzałości biologicznej rozpoczynają się biologiczne procesy starzenia, które można uchwycić i opisać, wykorzystując wskaźnik EMN. Za pomocą wskaźnika EMN wykazano „gorszą” kondycję biologiczną populacji meksykańskiej w porównaniu z populacją polską.

**słowa kluczowe:** mikroelektroforeza wewnątrzkomórkowa, wskaźnik EMN, ontogeneza, kondycja biologiczna, starzenie

### PIŚMIENICTWO

1. Czapla Z., Cieślík J.: Nowe fizykochemiczne kryterium oceny fazowości ontogenezy i wieku biologicznego człowieka. *Gerontol. Pol.* 2004; 12: 45–50.
2. Cieślík J., Kaczmarek M., Kaliszewska-Drozdowska M.D.: *Dziecko Poznańskie '90*. Poznań 1994.
3. Czapla Z., Cieślík J.: *The Electrophoretic Mobility of Cell Nuclei (EMN) index — relation to biological and physical properties of the cell*. *Przegl. Antropol.* — *Antropol. Rev.* 1998; 61: 93–101.
4. Czapla Z.: *Appraisal of changeability of the EMN index with regard to lifestyle on the basis of daily examination*. W: *Methodological Aspects of Researches in the field of EMN (Electrophoretic Mobility of Nuclei)*. Palacky University, Olomouc 1998; 8–16.
5. Czapla Z.: *Phenomenon of electrophoretic mobility of cell nuclei (EMN) as a consequence of biological and physical properties of the cell*. W: *Methodological Aspects of Researches in the field of EMN (Electrophoretic Mobility of Nuclei)*. Palacky University, Olomouc 1998; 17–26.
6. Czapla Z.: *Fazowość rozwoju biologicznego człowieka oceniana wybranymi metodami fizykochemicznymi*. Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań 1999.
7. Czapla Z.: *The phaseness of human biological development assessed with the use of selected physicochemical methods*. *Variability and Evolution* 2000; 8: 135–141.
8. Czapla Z., Cieślík J.: *The EMN index as measure of the biological condition of the human organism*. *Medical review*. *Scripta Periodica* 2000; III: 24–38.
9. Shakhbazov V.G., Colupaeva T.V., Nabokov A.L.: *Novyj metod opredelenija biologiceskogo vozrosta celovoka*. *Laboratornoe Delo* 1986; 7: 404–407.
10. Shakhbazov V.G., Colupaeva T.V., Nabokov A.L., Kononenko A.A.: *Sposob opredelenija utomlenija celovoka*. *Avtorskoe svidetelstvo Nr 1235493*. MKI A 61 B 5/16. 1986; Nr 2954977. *Bjul. Nr 21*.
11. Shakhbazov V.G., Grigoreva H.H., Colupaeva T.V.: *Novyj citobiofiziceskij pokazatel biologiceskovo vozrosta i fiziologiceskovo sotajanja organizma*. *Fizjologija celovoka* 1996; 22: 71–75.
12. Shakhbazov V.G., Colupaeva T.V.: *Determination of the state of human organism by assessment of the electrokinetic properties of cell nuclei*. *Abstracts of the Conference Problems of Informatics, Moscow* 1991; 86–87.
13. Shckorbatov Y.G., Shakhbazov V.G.: *Bioelektriceskije swojstwa kletocznych jader*. *Uspiechy Sowremjennoj Biologii* 1992; 112: 499–511.
14. Shakhbazov V.G., Shckorbatov Y.G., Colupaeva T.V.: *On connection between the electrokinetic properties of cell nuclei and human biological age*. *Mech. Ageing Dev.* 1997; 99: 193–197.
15. Shckorbatov Y.G., Shakhbazov V.G., Bogoslavsky A.M., Rudenko A.O.: *On age-related changes of cell membrane permeability in human buccal epithelium cells*. *Mech. Ageing Dev.* 1995; 83: 87–90.
16. Shckorbatov Y.G., Shakhbazov V.G., Colupaeva T.V., Rudenko A.O.: *Changements des proprietes electrocinetiques des noyaux et de la permeabilite des membranes des cellules buccales humaines avec l'age du donneur*. *L'Eurobiologiste* 1995; 28, Nr 218: 25–253–28–256.
17. Grigorev D.J., Ilevskaja E.V.: *Elektrokineticeskije swojstva kletocznych jader epitelia swiniej kak pokazatel biologiceskogo vozrosta*. W: Shakhbazov V.G. (red.). *Bioelektriceskije swojstva kletocznoho jadra i sostajanie organizma*. *Char-ków* 1989; 52.

18. Pasechnik G.I., Titarenko V.I.: *Bioelektricheskoje svojstva kletocnych jader epitela slizistoj krupnogo rogatogo skota*. W: Shakhbazov V.G. (red.). *Bioelektricheskoje svojstva kletocnogo jadra i sostajanie organizma*. Charków 1989; 52–53.
19. Cepel L.M., Shakhbazov V.G.: *Primenenie metoda mikroelektroforeza kletocnych jader dlja ocenki nespecificeskoj ustojcivosti sortov kartofelja*. W: Shakhbazov V.G. (red.). *Bioelektricheskoje svojstva kletocnogo jadra i sostajanie organizma*. Charków 1989; 53–54.
20. Cepel L.M., Shakhbazov V.G., Nedoboj A.N.: *Vlijanie stepeni zrelosti i sroka chranenia semjan na elektroforeticheskoje svojstva kletocnych jader i jadysek prorostkov fasoli*. W: Shakhbazov V.G. (red.). *Bioelektricheskoje svojstva kletocnogo jadra i sostajanie organizma*. Charków 1989; 54–55.
21. Kanungo M. S.: *Biochemistry of ageing*. Academic, London 1980.
22. Wolański N.: *Rozwój biologiczny człowieka. Podstawy aksologii, gerontologii i promocji zdrowia*. PWN, Warszawa 2005.