

**Joanna Kwiecińska<sup>1</sup>, Adrian Reśliński<sup>1</sup>, Eugenia Gospodarek<sup>1</sup>, Alina Grzanka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Katedra i Zakład Mikrobiologii Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz, tel. (52) 585-40-47, e-mail: kizmikrob@cm.umk.pl

<sup>2</sup>Katedra i Zakład Histologii i Embriologii Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,  
ul. Karłowicza 24, 85-092 Bydgoszcz, tel. (52) 585-37-24, e-mail: kizhistol@cm.umk.pl

*Wpłynęło w październiku 2006 r.*

1. Wstęp. 2. Przebieg apoptozy. 3. Wpływ pałeczek Gram-ujemnych na apoptozę. 3.1. Oddziaływania z powierzchnią komórki gospodarza. 3.1.1. Udział specyficznych struktur powierzchniowych. 3.1.2. Wytwarzanie enzymów uszkadzających błonę komórki gospodarza. 3.2. Proapoptotyczne działanie toksyn bakteryjnych. 3.2.1. Toksyny o budowie podjednostkowej. 3.2.2. III system sekrecji. 3.3. Inne modyfikacje cyklu komórkowego. 4. Podsumowanie

### **The role of Gram-negative rods in induction /regulation of apoptosis**

*Abstract:* Apoptosis is a physiological, genetically controlled process. It plays an important role in ontogenesis, tissue renewal and in the elimination of cells with irreparable damage of genomic DNA. Apoptosis can be divided into three phases: initiation, effector phase and destruction. Programmed cell death is initiated through the intrinsic or extrinsic pathway. The effector phase involves the activation of caspases. During the third phase, called destruction, some characteristic features such as increase in membrane permeability, membrane blebbing, nuclear condensation and DNA fragmentation are observed.

There is considerable evidence that Gram-negative bacteria have the ability to induce apoptosis in infected cells. Some bacterial pathogens can initiate apoptosis by activating receptors at the cell surface. Gram-negative bacteria produce toxins, which cause direct damage of the host cell membrane and permit the leakage of cellular components. Other bacterial toxins exhibit proapoptotic activity within the host cell. Apoptosis can be initiated by effector proteins delivered into the host cell cytosol by the type III secretion apparatus. Studies indicate that programmed cell death can be also activated by specific cell cycle modifications.

Many apoptotic mechanisms are not fully understood. Further studies could provide necessary information which would help prevent and treat bacterial diseases.

1. Introduction. 2. Course of apoptosis. 3. Impact of Gram-negative rods on apoptosis. 3.1. Interactions with the host cell surface. 3.1.1. Contribution of specific surface structures. 3.1.2. Production of enzymes damaging the host cell membrane. 3.2. Proapoptotic action of bacterial toxins. 3.2.1. Toxins with subunit structure. 3.2.2. Type III secretion system. 3.3. Other cell cycle modifications. 4. Summary

---

**Słowa kluczowe:** apoptoza, pałeczki Gram-ujemne, zaprogramowana śmierć komórki

**Key words:** apoptosis, Gram-negative rods, programmed cell death

---

## **1. Wstęp**

Apoptoza, czyli programowana śmierć komórki jest fizjologicznym procesem, niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania całego organizmu. Występuje w komórkach prokariotycznych i eukariotycznych [31]. Uczestniczy w procesach, m.in. usuwania komórek z nieodwracalnie uszkodzonym DNA, ontogenezy, fizjologicznego odnawiania tkanek oraz odpowiedzi immunologicznej. Cechą odróżniającą apoptozę od nekrozy (martwicy) jest, m. in. brak odpowiedzi zapalnej podczas usuwania komórek [5].

Cykl komórkowy i apoptoza są regulowane przez szereg czynników. Na niektóre z nich mogą mieć wpływ drobnoustroje oddziałujące na komórkę. Do apoptozy lub jej braku może dochodzić w wyniku za-

każenia [29, 35]. Rola omawianego procesu w patogenezie chorób wywołanych przez bakterie jest bardzo złożona. Apoptoza pozwala eliminować komórki układu odpornościowego uczestniczące w niszczeniu drobnoustrojów, jak również może być znaczącym czynnikiem ograniczającym zakażenie [94].

## **2. Przebieg apoptozy**

Apoptoza jest złożonym procesem przemian biochemicznych oraz ekspresji wielu genów. W procesie programowanej śmierci można wyróżnić trzy podstawowe etapy: inicjację, fazę efektorową i destrukcję (zniszczenia) [58]. Faza inicjacji przebiega w zróżnicowany sposób, w zależności od czynnika inicjującego