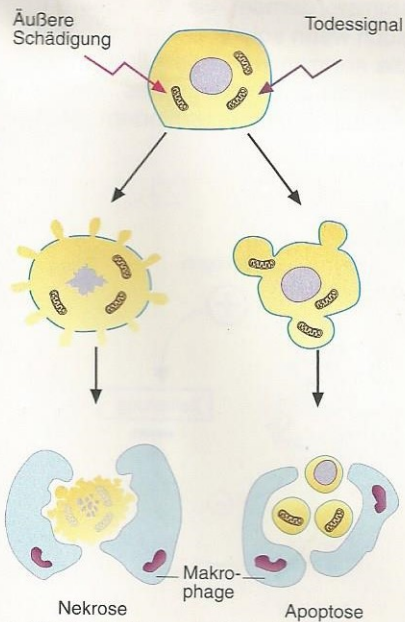


## Programmierter Zelltod

Einem erwachsenen Frosch fehlt der Schwanz der Kaulquappe. Er wurde nicht etwa abgeworfen, sondern „zurückgebildet“, d. h. die Zellen wurden in einem geordneten Prozess abgebaut und ihre Bestandteile dem Organismus zugeführt. Dieser genetisch gesteuerte (programmierte) Zelltod (*Apoptose*) formt ebenso wie die Zellteilung Gewebe und Organe. Durch Apoptose werden überflüssige, beschädigte, infizierte oder anders veränderte Zellen beseitigt. Weist das genetische Programm für den Zelltod Fehler auf, kann das zu Krankheiten und Fehlentwicklungen führen. Es gilt heute als gesichert, dass zu viele Apoptose-Vorgänge Schlaganfall, Herzinsuffizienz, Alzheimer und Parkinson

### Typen des Zelltodes



1 Vergleich Nekrose/ Apoptose

begünstigen. Zu wenig Apoptose lässt Zellen ungehindert wachsen und fördert die Krebs- und Tumorbildung. Mediziner hoffen auf eine pharmakologische Kontrolle des Zelltodes und der damit verbundenen Krankheiten.

### Aufgaben

- ① Zellen sterben auch nach Gewalt einwirkung oder Verbrennung. Erläutern Sie anhand Abb. 1, wie sich dieser als *Nekrose* bezeichnete Zelltod von der Apoptose unterscheidet.
- ② Die Nekrose wird oft einem „Mord“, die Apoptose einem „Selbstmord“ gleichgesetzt. Erklären Sie.

### Formgebung durch Apoptose



nach 52 Tagen



nach 59 Tagen

2 Fuß eines menschlichen Embryos

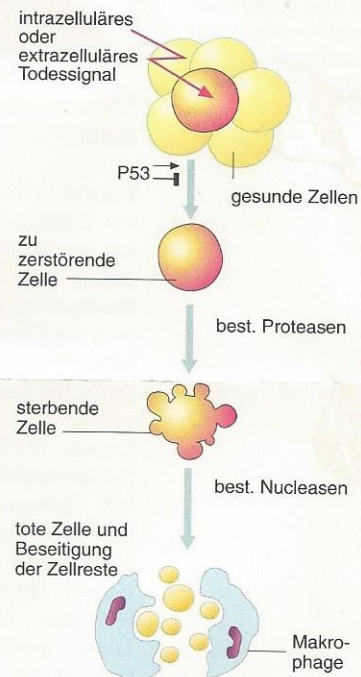
### Aufgaben

- ③ Beschreiben Sie die Entwicklung des menschlichen Fußes und bringen Sie diese Entwicklung mit der Apoptose in Zusammenhang (Abb. 1).
- ④ Bei vielen Tieren werden in der Entwicklung Zell- und Gewebeteile zurückgebildet. Nennen Sie Beispiele, für die Apoptose verantwortlich sein könnte.

### Ablauf der Apoptose

Die Apoptose lässt sich in drei Hauptphasen unterteilen: In der ersten Phase aktiviert ein von außen kommendes Signal (zellschädigende Stoffe, Entzug von

Zellkontakten, Wachstumsfaktoren oder Hormonen) oder ein intrazellulärer Prozess (Fehler im Zellzyklus, DNA-Schädigung) das Apoptose-Programm. In der betroffenen Zelle bewirkt das Kontrollprotein P53 die Synthese von Apoptose fördernden Genprodukten, sodass diese gegenüber den Apoptose hemmenden Stoffen überwiegen. P53 fällt damit das Todesurteil über die Zelle, indem abbauende Enzyme aktiviert werden. In der zweiten Phase wird die Zelle zerstört: Bestimmte Proteasen zerlegen die Proteine, Nucleasen zerlegen die DNA. In der dritten Phase schnüren sich von der sterbenden Zelle membranumschlossene Vesikel ab, die dann von Makrophagen aufgenommen und verdaut werden.



3 Hauptphasen der Apoptose

### Aufgaben

- ⑤ Beim Menschen wird P53 von einem Gen auf Chromosom 17 codiert. Es wird als Tumor-Suppressorgen bezeichnet, verhindert also die Entstehung von Krebs. Erklären Sie diese Wirkung.
- ⑥ Krebs auslösende Viren bilden ein Protein, das an P53 bindet und es dadurch inaktiviert. Inwieweit begünstigt das die Vermehrung der Viren?
- ⑦ Rote Blutzellen besitzen keinen Zellkern und sind sehr kurzlebig. Warum werden gealterte Rote Blutzellen nicht durch Apoptose, sondern in einem speziellen Organ, der Leber, vernichtet?