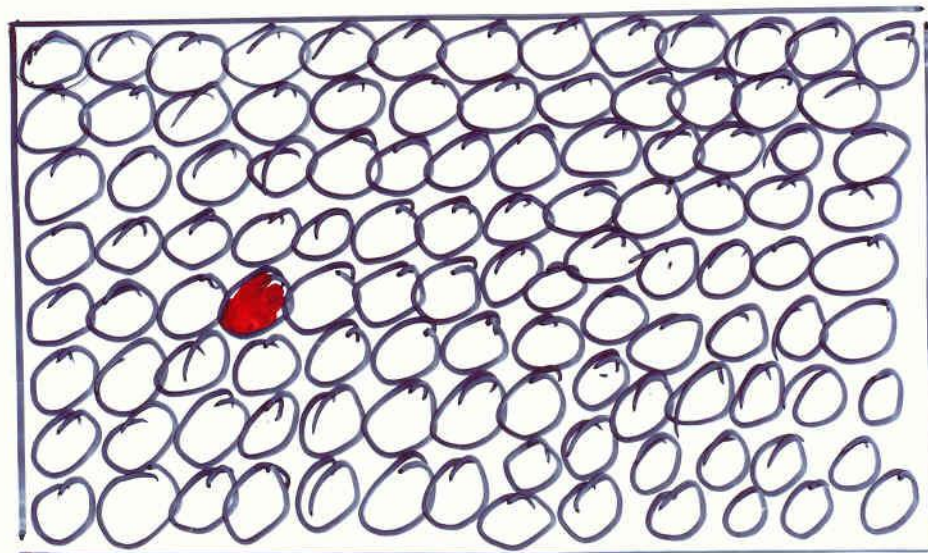
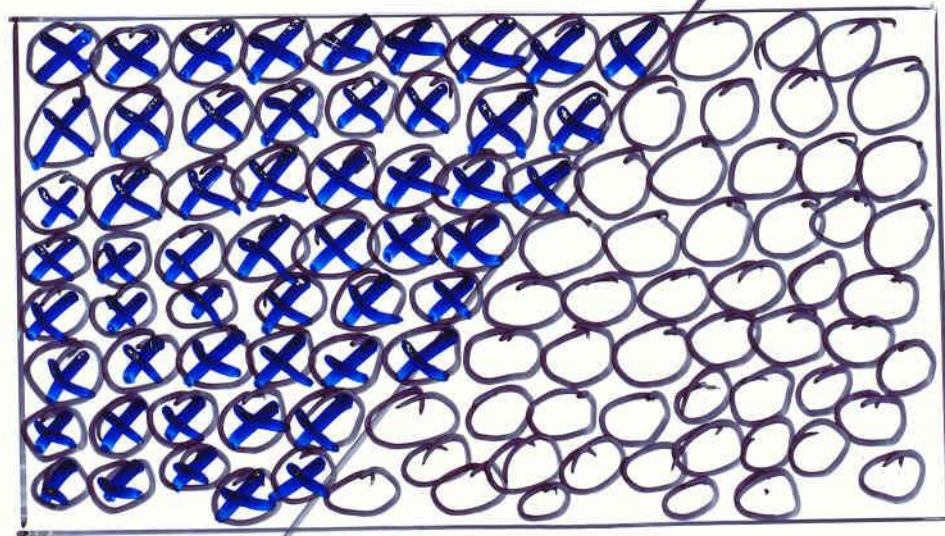


Několik radiobiologických poznámek pro pracovníky v intervenční radiologii

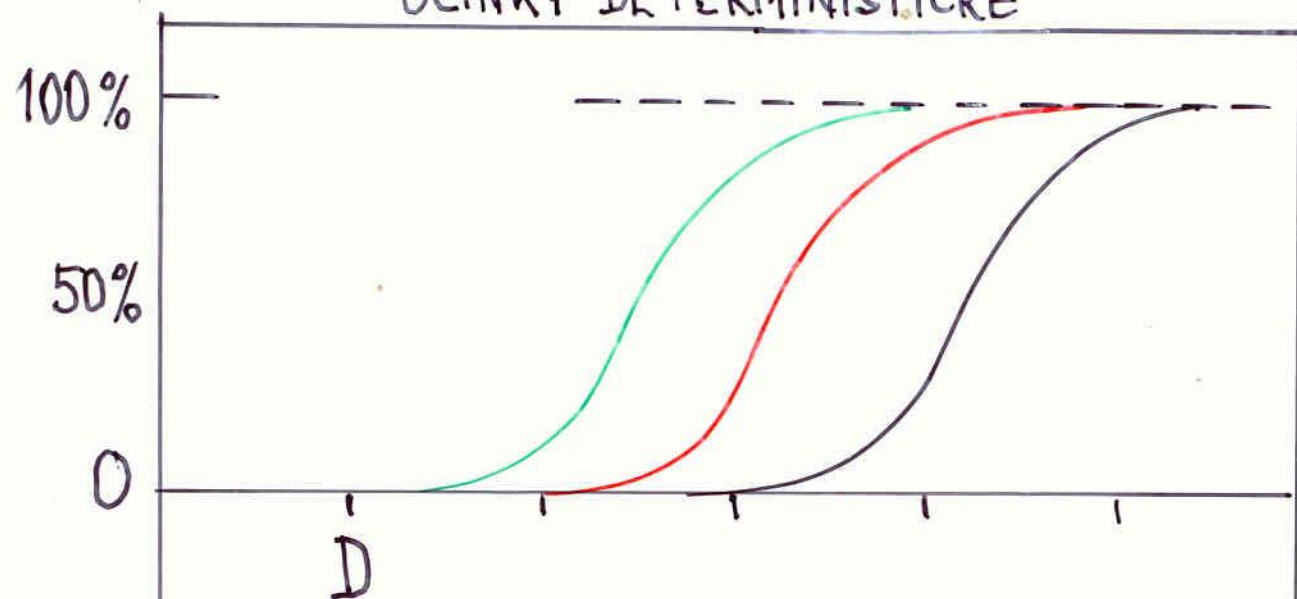
Prof. MUDr. Vladislav Klener, CSc.
SÚJB Praha

Struktura sdělení

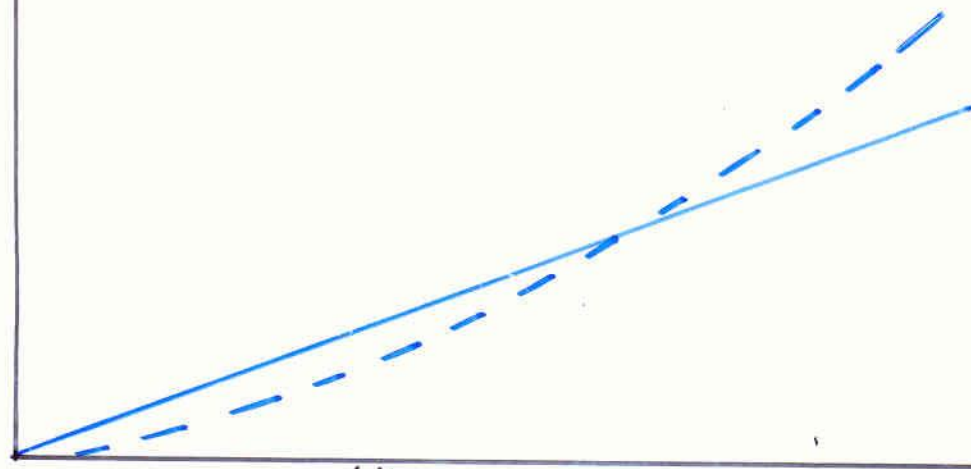
- Náčrt obecného radiobiologického rámce
- Kožní změny po ozáření
- Limity pro pracovníky a obyvatelstvo



ÚČINKY DETERMINISTICKÉ



ÚČINKY STOCHASTICKÉ

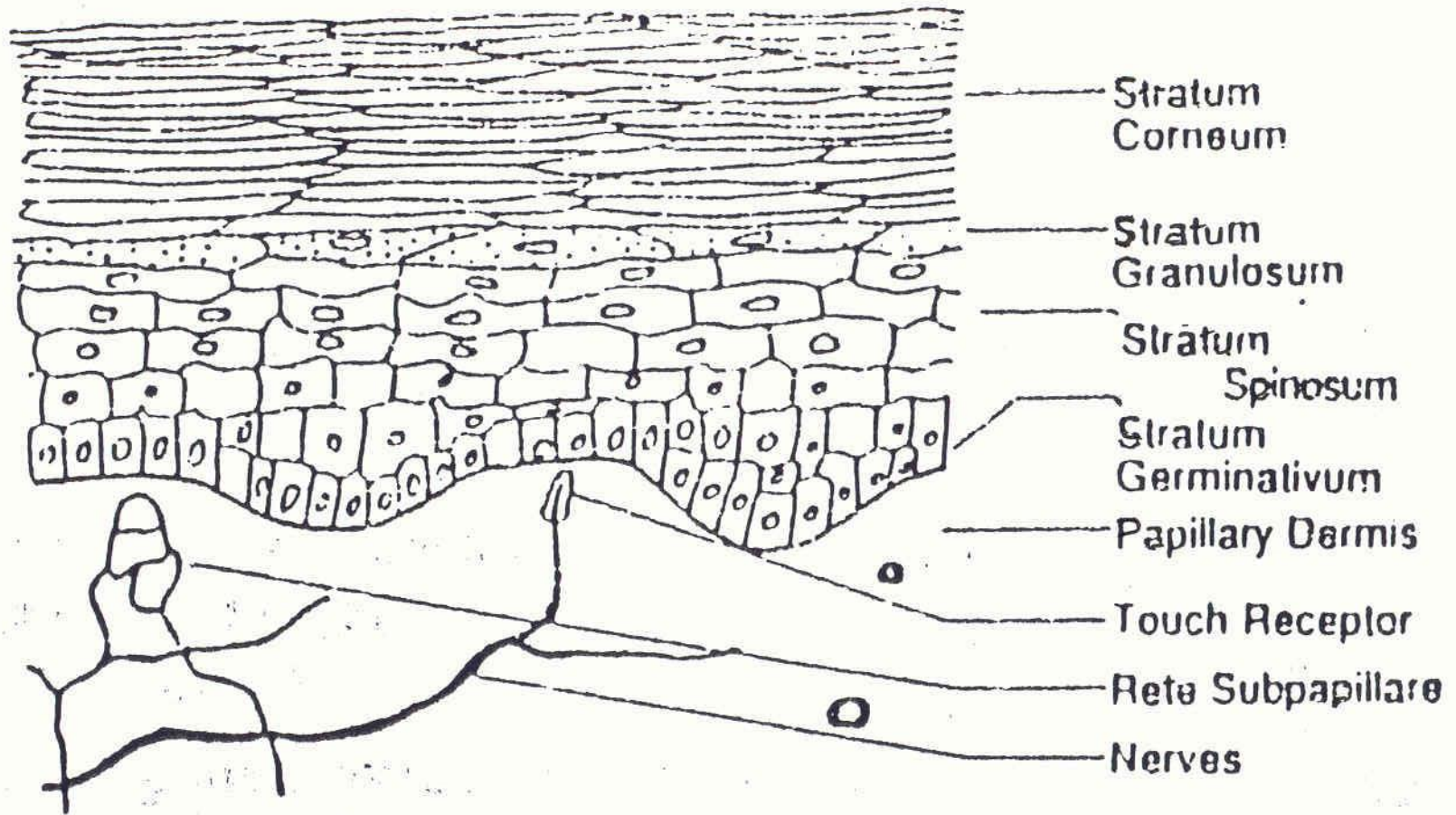


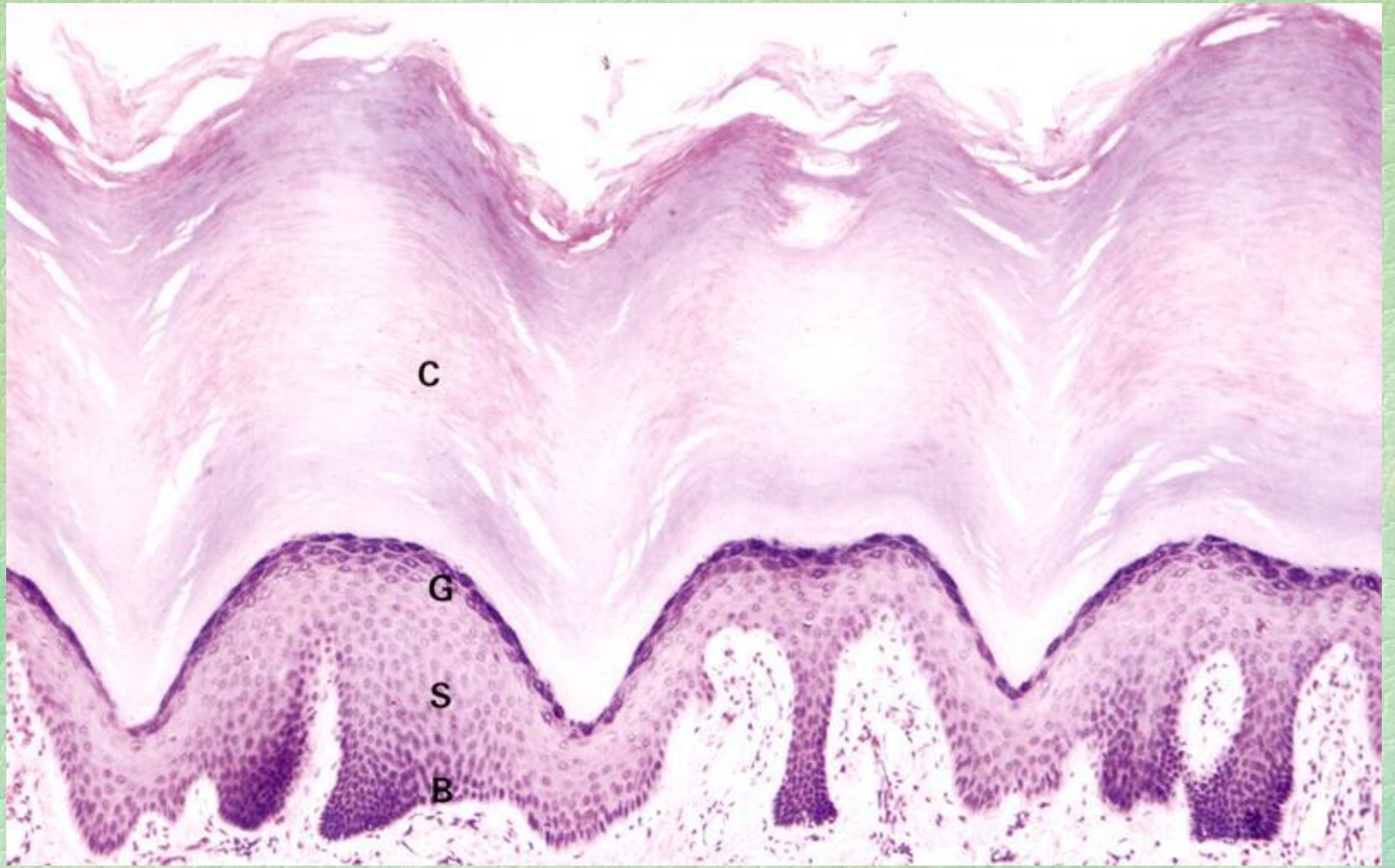
Kožní orgán patří k systémům obtížně biofyzikálně uchopitelným

- které buňky jsou buňkami terčovými ?
- jak modelovat geometrii souborů těchto buněk ?
- jak správně zpracovat fyzikální parametry ozáření
na rozhraní dvou prostředí
(problémy s rovnováhou elektronů) ?
- k jak velké ploše ozáření vztáhnout ?
- jaký je vliv časového faktoru (např. frakcionace) ?

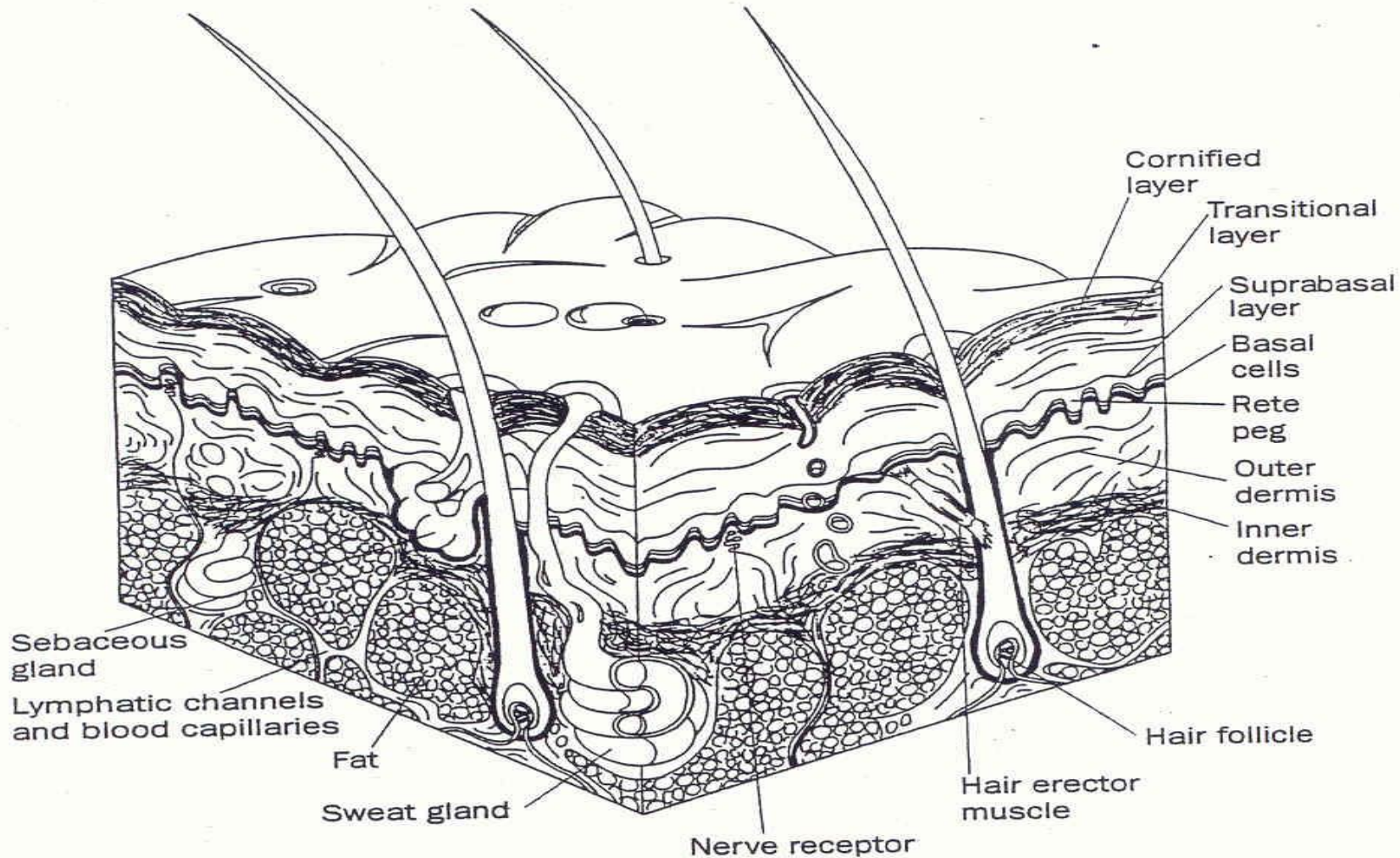
Zvolený postup

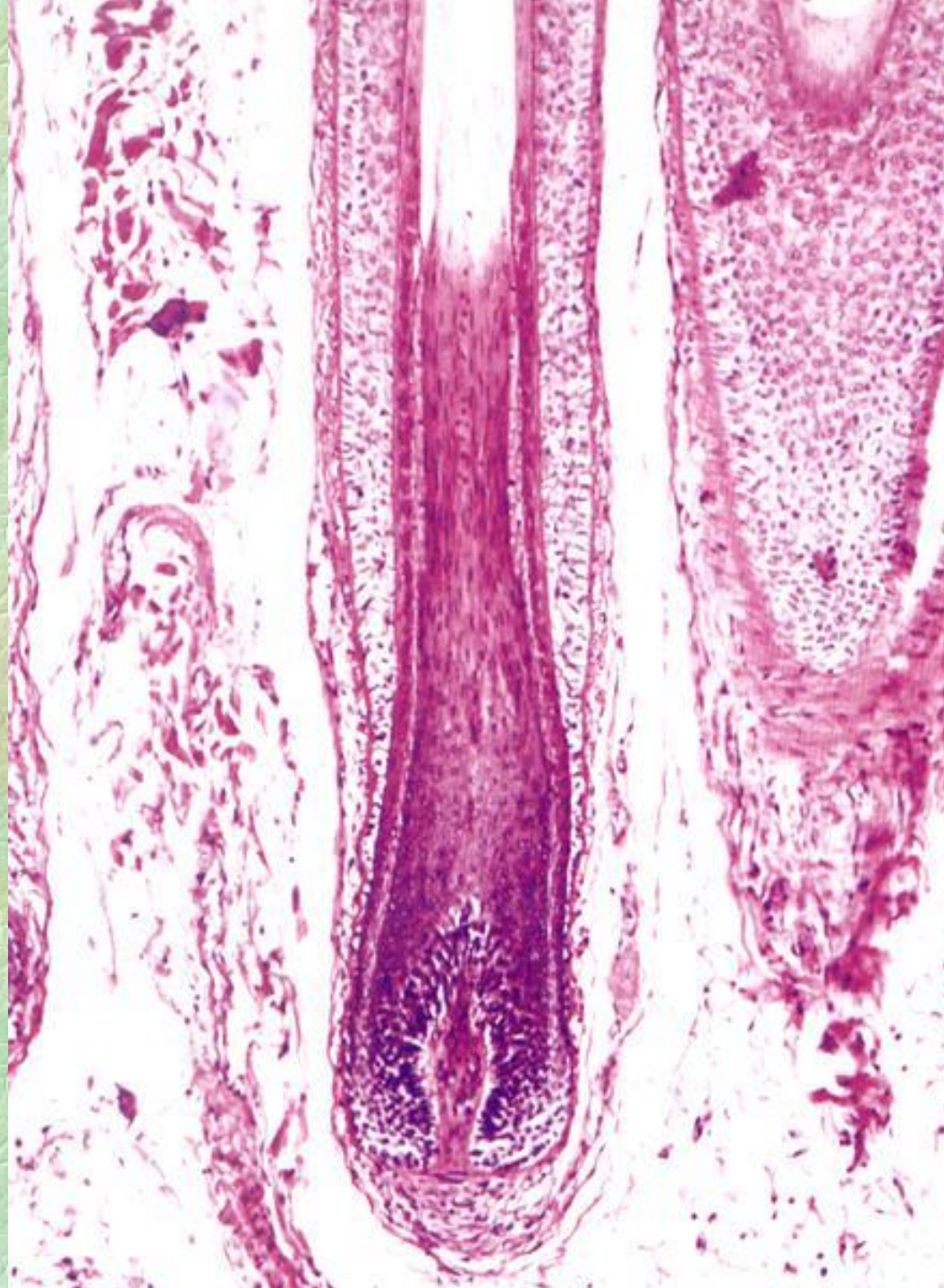
- stručná rekapitulace histologie kůže
- přiřazení každé formy poškození k té anatomické (histologické) struktuře, z níž patogeneticky dané poškození vychází
- klinické formy kožních tkáňových reakcí a demonstrace kasuistik
- přehled nominálních hodnot prahových dávek a posouzení jejich relevance, limity dávek pro pracovníky a obyvatele











Tloušťka zárodečné vrstvy a celé epidermis

Muži, v μm

Část těla	Stratum germinativum	Epidermis
Čelo	40 - 73	61 -102
Brada	52 - 74	85 - 123
Krk	25 - 71	46 - 122

Místní rozdíly tloušťky struktur

Podle ICRP 23

Oblast těla	Muži		Ženy		Doporučený střed (epidermis)
	Epidermis	Dermis	Epidermis	Dermis	
Stehno: vpředu	50-71	1125-1312	18-55	833-1971	60 ± 1.8
po straně	39-78	1161-1802	45-63	949-1367	
vzadu	37-91	1071-1314	35-60	1017-1153	
Paže: vpředu	37-52	1173-1275	34-43	727-796	60 ± 1.8
po straně	41-71	1284-1941	40-54	672-1252	
Předloktí: hřbet	49-65	1013-1234	53-55	706-833	
dlaňová pl.	34-65	976-1248	39-51	668-918	
Hřbet ruky					85 ± 26
Zápěstí					80 ± 1.8
Prsty - špičky	420-673	1207	384-539	894-1326	220 ± 120
Břicho	34-49	1741-2584	34-46	1088-1494	43 ± 13
Záda	49-92	2159-2492	46-61	1456-1930	
Ploska nohy	940-1377	1263-1805	850-1094	1535	
Obličej	52	2271			50 ± 22

Tkáňové reakce (dříve deterministické účinky)

- V první polovině 20. století byla radiobiologie kožních poškození doménou radioterapeutů. Jejich témata byla pragmatická: frakcionace dávek, aj.
- Pro radiační ochranu mělo význam nahromadění řady patofyziologických poznatků v dalším období. To vedlo také k potřebě k zavedení nové terminologie a jejího sjednocení (Hopewell 1990).

Současná terminologie (ICRP 59)

- 1. Časný prchavý erytém, mizí do 24-48 hodin; rozšíření cév v povrchní pleteni
- 2. Hlavní erytematózní reakce (2-4 týdny) zánik bazálních buněk a buněk vlasových míšků s průvodním zánětem
- 3. Pozdní fáze erytému (8-20 týdnů) s nedokrevností koria a případnými nekrózami

Současná terminologie (ICRP 59)

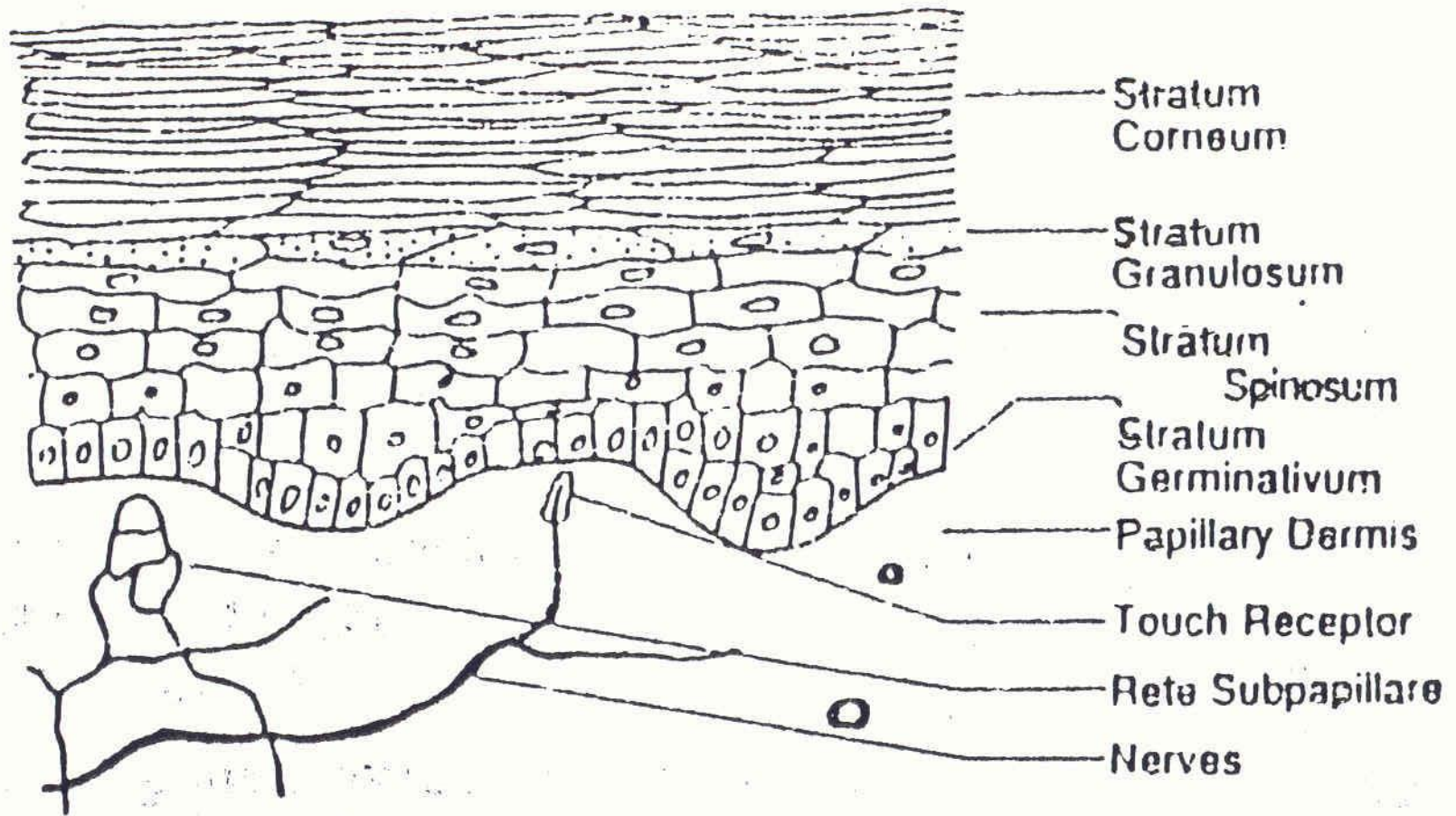
- 4. Suché olupování (3-6 týdnů): atypická keratinizace v důsledku redukce počtu klonogenních buněk v bazální vrstvě
- 5. Vlhké olupování (4-6 týdnů): ztráta epidermis v důsledku zániku velké frakce klonogenních buněk
- 6. Druhotná ulcerace (>6týdnů): sekundární poškození dermis s dehydratací a infekcí; rozsáhlá a dlouhodobá sterilizace k.b.

- 7. Nekróza dermis (>10 týdnů) je nekróza škáry pro cévní nedostatečnost
- 8. Dermální atrofie (>26 týdnů) ztenčení a kontrakce dříve ozářeného okrsku kůže
- 9. Teleagiektasie (>52 týdnů) atypická dilatace povrchných kožních kapilár
- 10. Invasivní fibróza: způsob hojení akutní ulcerace (viz níže), sekundární ulcerace nebo kožní nekrózy s tvorbou jizvy

Terminologie - pokrač.

Atypické případy

- 11. Akutní zvředovatění (<14 dní) znamená časný zánik epidermis a papilární dermis pro interfázovou smrt cévních endotelií a fibroblastů
- 12. Akutní epidermální nekróza (<10 dní) pro interfázovou smrt postmitotických keratocytů v povrchnějších vrstvách epidermis (nízkoenergetické β)





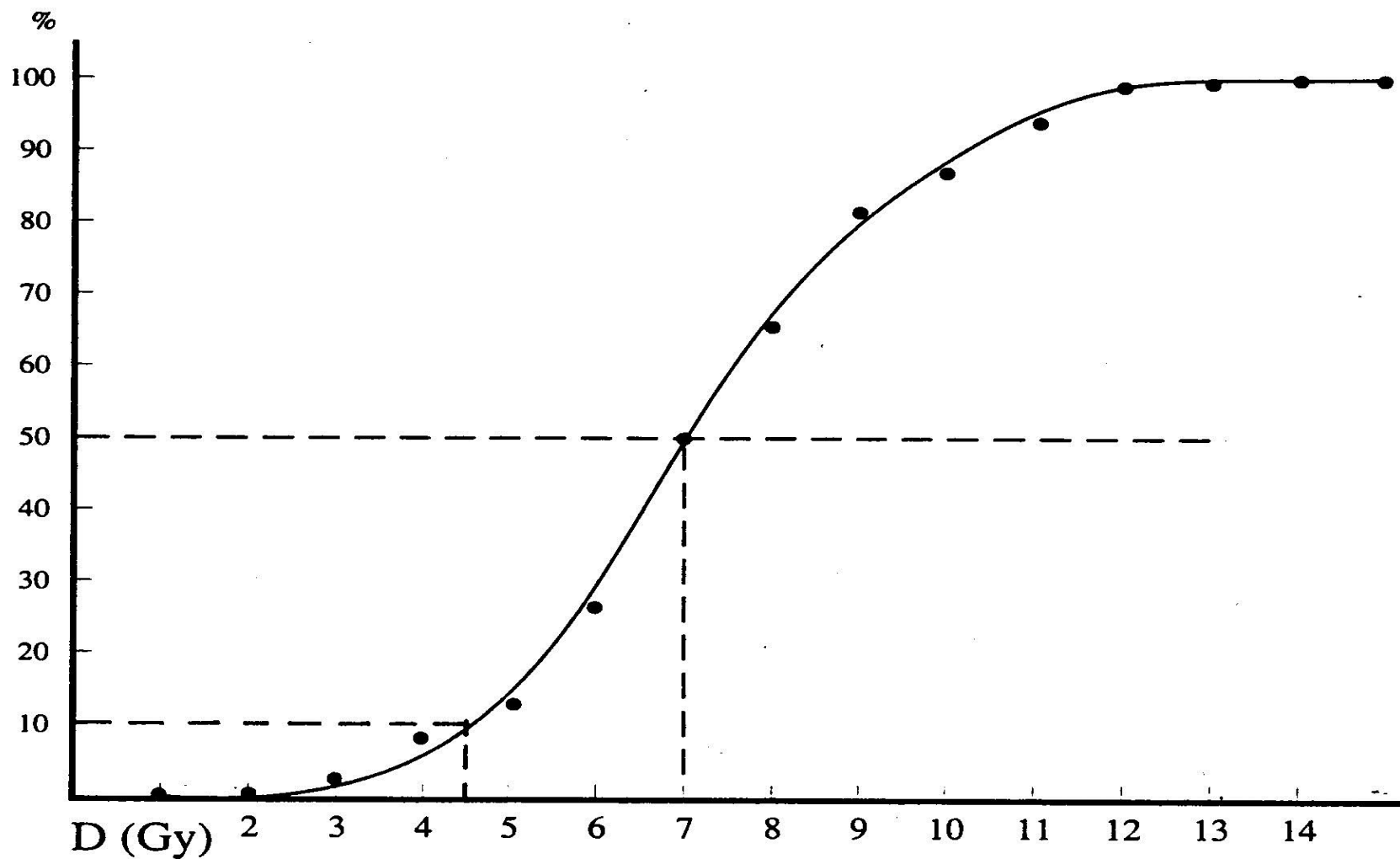












PRAHOVÁ DÁVKA $\frac{2}{3}$ ED(10) 3 Gy

Při uvádění přesné hodnoty prahové erytémové dávky ED, či ED_{10} nebo ED_{50} je třeba přesně uvést podmínky stanovení.

Tak např. UNSCEAR, 1988, str. 560:

Pro pozdní erytém činí $ED = 5,7 \text{ Gy}$
při jednorázovém ozáření X o 200 kVp na ploše
10cm x 10 cm na vnitřní straně předloktí

Typ účinku	Odhad prahové dávky (Gy)	Doba nástupu účinku
Časný přechodný erytém	2	2-24 hodin
Hlavní (pozdní) erytémová reakce	6	asi 1,5 týdne
Přechodná epilace	3	asi 3 týdny
Trvalá epilace	7	asi 3 týdny
Suché olupování	14	asi 4 týdny
Odlučování pokožky s mokváním	18	asi 4 týdny
Druhotné zvrhedovatění	24	> 6 týdnů
Pozdní erytém	15	8-10 týdnů
Ischemická kožní nekróza	18	> 10 týdnů
Atrofie dermis (první fáze)	10	> 52 týdnů
Teleangiektasie	10	> 52 týdnů
Nekrosa dermis (pozdní vřed)	> 12	> 52 týdnů

Co je míněno dávkou v kůži?

Je to dávka na kritickou strukturu odpovědnou za tu kterou biologickou odezvu. Hloubka těchto struktur je nestejná.

Jako **operační veličina** je zaveden **osobní dávkový ekvivalent $H_p(0,07)$** vztažený k hloubce kůže $70\ \mu\text{m}$, který je vhodnou aproximací ekvivalentních dávek H_T

Osobní dávkový ekvivalent $H_p(0,07)$
výstižně charakterizuje ozáření kůže
a je vhodný pro porovnání s limity

Při nehodových situacích s možností
deterministických projevů usilujeme o
výpočet ekvivalentních dávek H_T také
např. v 20-100 μm a 1000-1500 μm

Limity pro ozáření kůže v plánovaných expozičních situacích

Pracovníci: 500 mSv H_T za kalendářní rok

Obyvatelé: 50 mSv H_T za kalendářní rok

Zprůměrováno přes plochu 1 cm², bez ohledu
na ozářenou plochu

Kožní změny - riziko intervenčních výkonů

Literární prameny

Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany ICRP, publikace č. 103 z r.2007

ICRP 59, 1991

The Biological Basis for Dose Limitation in the Skin

ICRP 85, 2000

Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures

RAKOVINA KŮŽE - spinocelulární karcinom bazaliom

Nominální koeficient rizika (na 1 Sv) (ICRP 103)

- celá populace	0,1
- pracovníci (věk 18-64)	0,0570

<u>Frakce letality</u> - celá populace	0,002
- pracovníci	0,002

Relativní újma (na 1 Sv celotělově = 1)

- celá populace	0,007
- pracovníci (obecně)	0,006

Přídavné relativní riziko (excess relative risk – ERR)

činí **1,27/Sv** (za předpokladu 1 WLM → 38 mSv)