proLékaře.cz | 21.8.2025

Analýza dat v neurologii

LVIII. Koncept atributivního rizika v analýze populačních studií – V. Hodnocení dopadu preventivních programů

L. Dušek, T. Pavlík,
J. Jarkovský, J. Koptíková

Institut biostatistiky a analýz
Masarykova univerzita, Brno

doc. RNDr. Ladislav Dušek, Ph.D.
Institut biostatistiky a analýz
MU, Brno
e-mail: dusek@iba.muni.cz

Minulý díl seriálu jsme věnovali otázce optimalizace a hodnocení populačních preventivních programů z hlediska jejich skutečného dopadu do cílové populace. Připomeňme, že se již od dílu č. 54 věnujeme odhadům tzv. populační atributivní frakce (*PAF*), která vyjadřuje, kolika procentům rizikových událostí nebo onemocnění můžeme zabránit, eliminujeme-li expozici rizikovému faktoru, pro který je hodnota *PAF* odhadována. Obdobně tzv. populační preventabilní frakce (*PPF*) se týká vlivu protektivních faktorů a kvantifikuje podíl hypotetické celkové zátěže populace danou nemocí (podíl celkové hypotetické incidence), kterému bylo zabráněno v důsledku působení protektivního faktoru.

Předchozí díl seriálu na příkladu doložil, že samotné kalkulace *PAF* či *PPF* nejsou pro relevantní optimalizaci populačních programů dostatečné. Při praktických aplikacích tyto odhady trpí sníženou kvalitou vstupních dat, často odvozených z různých observačních studií. Publikovaná data lze jen s omezenou spolehlivostí vztáhnout na jinou, mnohdy specifickou, cílovou populaci. Teoretické výpočty rovněž nemohou zohlednit řadu rušivých vlivů, koincidenci rizikových či protektivních faktorů a v reálném světě velmi významnou pozaďovou incidenci zkoumané a ovlivňované rizikové události (blíže viz díl 57 tohoto seriálu).

Tyto nedostatky se samozřejmě neprojevují pouze při plánování preventivních programů (intervencí), ale také při hodnocení jejich dopadu do cílové populace. V tomto díle se budeme věnovat několika jednoduchým aspektům, které nelze při hodnocení dopadu preventivních programů v reálném světě opominout. Uvedeme tři modelové vztahy hodnocení dopadu hypotetické populační intervence při existenci jednoho rizikového faktoru a na příkladech vysvětlíme jejich význam pro praktické aplikace.

Připomeňme z dřívějších textů, že např. hodnotu *PAF* rovnu 70 % kalkulujeme ve vztahu k expozici konkrétním rizikovým faktorem. Interpretujeme ji tak, že pokud se podaří eliminovat vliv tohoto faktoru, můžeme dosáhnout až 70% poklesu v inci-

Pro odhad frakce dopadu (*IF*) ovlivněné preventivním opatřHQtP LQMLYHQFt MH P RåQp Y\ XåtVWadu vztahů, které se liší podle dostupnosti datových zdrojů 9 SUD[LVRXMå R] NRXP DQêFK SURJ UDP HFK či intervencích čDVXR FK\ Et UHGHYDQQ LQIRUP DFH

1) Výpočet $IF = (R_1 - R_2)/R_1$ předpokládající znalost:
- R_1: odhad rizika v celkové cílové populace před intervencí,
- R_2: odhad rizika v celkové cílové populace po intervenci,
- Příklad: $R_1 = 0{,}8$; $R_2 = 0{,}4$ $\quad IF = (0{,}8 - 0{,}4)/0{,}8 = \underline{0{,}5.}$

2) Výpočet $IF = (R_1 - R_2)/R_1 = PAF \times Q_I \times ER_I$ předpokládající znalost:
- *PAF*: populačQ DWHEXWQ IUDNFH FRå MH SRWRFH L QQě GRVDåLWQê HIHNWXMLF SřHGSRNDG LGH QQ VLWXDFLD QHNDOXXMH V QP LW XYDåRYDQpKR opatřHQ D VH VSHFLLLN FtQRYp SRSXODFH
- Q_I: úspěšnost (dostupnost) intervence *I* (*success rate* WHG SRGLORVRE SUR NWHUp EXGH LQMLYHQFH GRVWXSQ D] DV KQH MH
- ER_I: relativní účinnost intervence *I* (*relative efficacy* MH R UHGXXMQ SRGLOY MZGěXWFt GR MZNp P tU YHGH GDQ LQMLYHQFH N UHGXNFL UL LND Då na úroveň UL LND X RVRE EH] YQYX UL LNRYpKR IDNWRUX SřHG LQMLYHQFt WHG Då QD ~URYHň pozaďového rizika v referenční populaci),
- Příklad: $PAF = 0{,}7$; $Q_I = 0{,}8$ a $ER_I = 0{,}9$ $\quad IF = 0{,}7 \times 0{,}8 \times 0{,}9 = \underline{0{,}504.}$

3) Výpočet $IF = [P_E \times Q_I \times RR_E \times (1 - RR_I)]/[1 + P_E \times (RR_E - 1)]$ předpokládající znalost:
- P_E: odhad prevalence rizikového faktoru,
- Q_I: úspěšnost (dostupnost) intervence *I* (*success rate* WHG SRGLORVRE SUR NWHUp EXGH LQMLYHQFH GRVWXSQ D] DV KQH MH
- RR_E RGKDG UHODWLYQ KR UL LND Y MZGěXWFt KR YQY UL LNRYpKR IDNWRUX N GDQp UL LNRYp XGL GRVWX QHP RFL MHQNRå] GH KRGQRWP H UL LNRYê IDNWRU pak je hodnota $RR_E > 1$,
- RR_I RGKDG UHODWLYQ KR UL LND Y MZGěujícího efekt intervence *I* mezi jedinci exponovanými daným rizikovým faktorem, $RR_I < 1$,
- Příklad: $P_E = 0{,}8$; $Q_I = 0{,}8$, $RR_E = 3$ a $RR_I = 0{,}15$ $\quad IF = [0{,}8 \times 0{,}8 \times 3 \times (1 - 0{,}15)]/[1 + 0{,}8 \times (3 - 1)] = \underline{0{,}628.}$

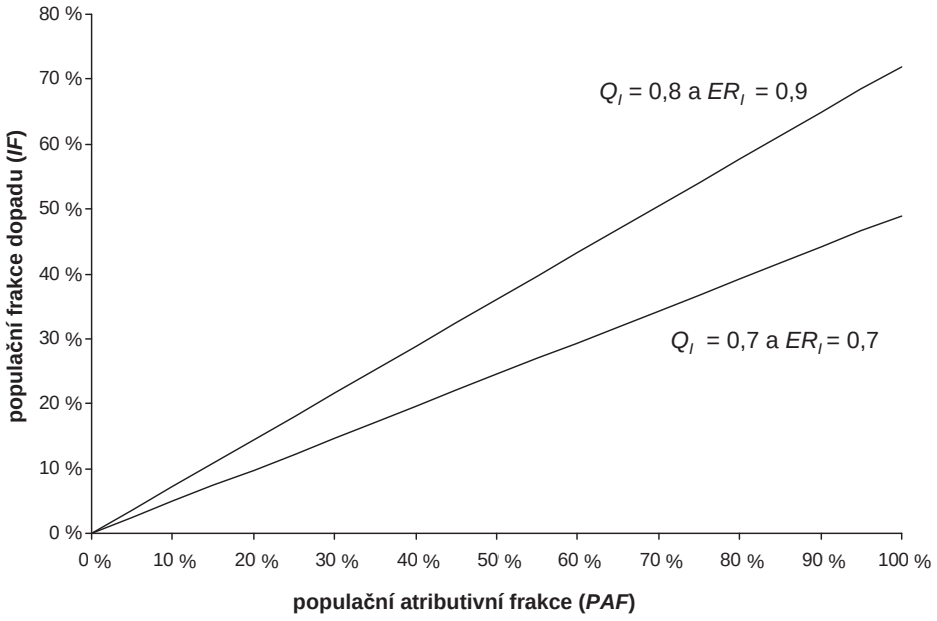
Různé způsoby výpočWX XP Råňují simulaci dopadu intervencí v populaci pro nejrůznější kombinace charakteristik populace, síly vlivu rizikového faktoru a dostupnosti a účinnosti intervencí. Vstupními daty mohou být literární zdroje nebo teoreticky volené kombinace hodnot v různých scénářích.

Příklad 1. Ukázky výpočtu tzv. populační frakce dopadu (*population impact fraction; IF*).

proLékaře.cz | 21.8.2025

Při výpočtu ovlivněné populační frakce (*IF*) vycházíme ze vztahu $IF = (R_1 - R_2)/R_1 = PAF \times Q_I \times ER_I$, který byl vysvětlen v příkladu 1.

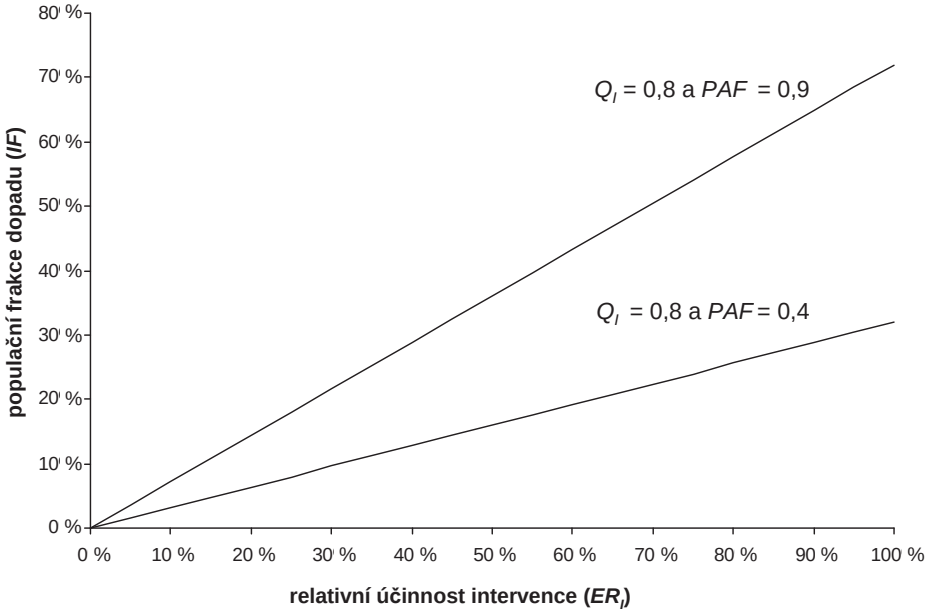
V grafu zde dokládáme závislost *IF* na *PAF* (populační atributivní frakce) za situace:
- $Q_I = 0{,}8$ a $ER_I = 0{,}9$ – scénář předpokládající vysokou dostupnost i vysokou relativní účinnost intervence,
- $Q_I = 0{,}7$ a $ER_I = 0{,}7$ – scénář předpokládající spíše průměrnou dostupnost i relativní účinnost intervence.



Příklad 2. Simulace hodnot populační frakce dopadu (*population impact fraction; IF*) při znalosti dostupnosti preventivních vyšetření a jejich relativní úspěšnosti.

Při výpočtu ovlivněné populační frakce (*IF*) vycházíme ze vztahu $IF = (R_1 - R_2)/R_1 = PAF \times Q_I \times ER_I$, který byl vysvětlen v příkladu 1.

Výsledek simulace v grafu dokládá závislost *IF* na ER_I za situace:
- $Q_I = 0{,}8$ a $PAF = 0{,}9$ – scénář předpokládající vysokou úspěšnost intervence i vysokou populační atributivní frakci,
- $Q_I = 0{,}8$ a $PAF = 0{,}4$ – scénář předpokládající vysokou úspěšnost a nízkou populační atributivní frakci.

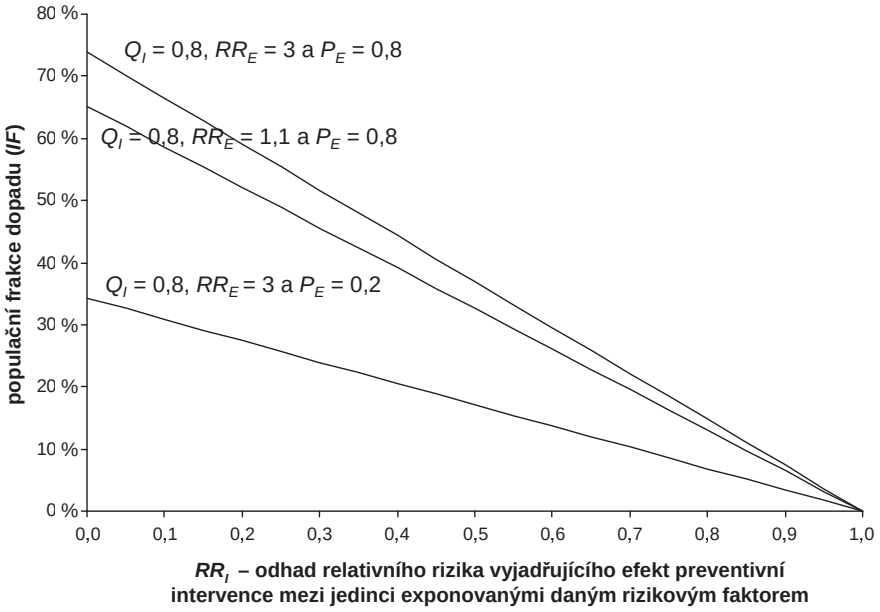


Příklad 3. Simulace hodnot populační frakce dopadu (*population impact fraction; IF*) při znalosti dostupnosti plánované preventivní intervence a populační atributivní frakce.

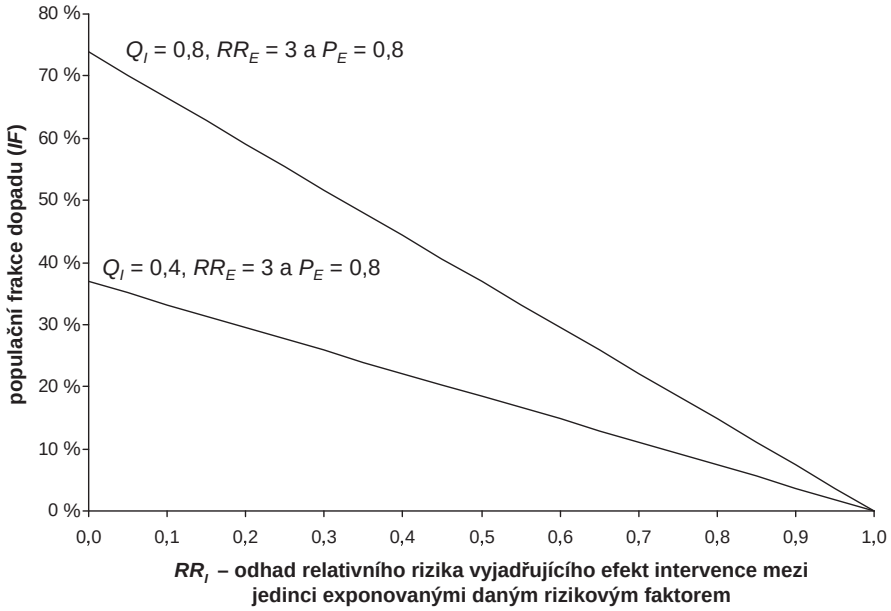
proLékaře.cz | 21.8.2025

Při výpočtu ovlivněné populační frakce (*IF*) vycházíme z vzorce $IF = [P_E \times Q_I \times RR_E \times (1 - RR_I)]/[1 + P_E \times (RR_E - 1)]$, který byl vysvětlen v příkladu 1.

4a. Výsledek simulace v grafu dokládá závislost *IF* na RR_I za situace:
- $Q_I = 0{,}8$, $RR_E = 3$ a $P_E = 0{,}8$ – silný a prevalentní rizikový faktor, vysoká dostupnost intervence;
- $Q_I = 0{,}8$, $RR_E = 1{,}1$ a $P_E = 0{,}8$ – slabý, ale prevalentní rizikový faktor, vysoká dostupnost intervence;
- $Q_I = 0{,}8$, $RR_E = 3$ a $P_E = 0{,}2$ – silný, ale vzácný rizikový faktor, vysoká dostupnost intervence.



4b. Výsledek simulace v grafu dokládá závislost *IF* na RR_I za situace:
- $Q_I = 0{,}8$, $RR_E = 3$ a $P_E = 0{,}8$ – silný a prevalentní rizikový faktor, vysoká dostupnost intervence;
- $Q_I = 0{,}4$, $RR_E = 3$ a P_E – [illegible]

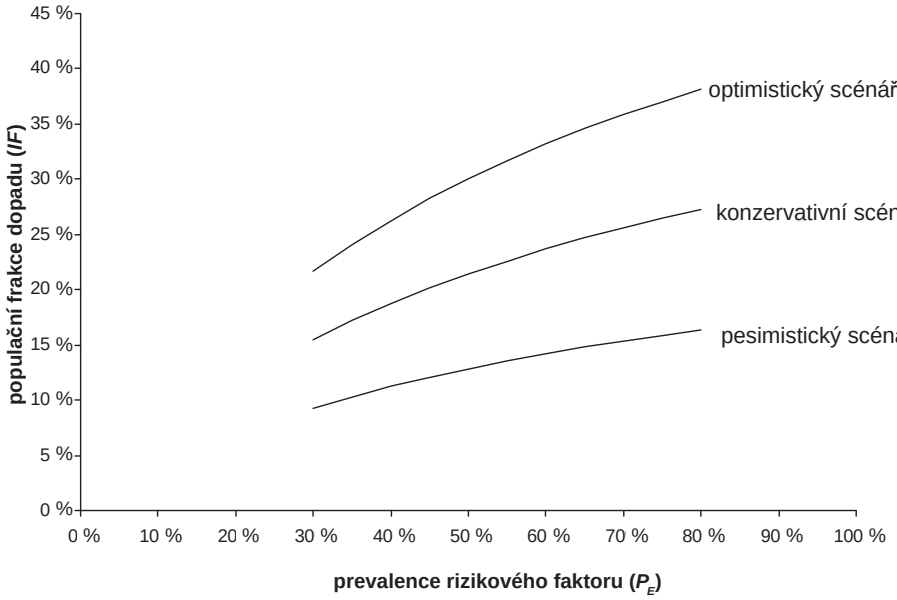


Příklad 4. Simulace hodnot populační frakce dopadu (*population impact fraction; IF*) při znalosti prevalence rizikového faktoru, dostupnosti preventivní intervence a odhadu relativního rizika vyjadřujícího efekt intervence mezi exponovanými jedinci.

proLékaře.cz | 21.8.2025

Při plánování preventivního programu je velmi podstatné znát prevalenci rizikového faktoru. Data o prevalenci jsou často získatelné. Příklad: Odhad populační frakce dopadu. Odhad relativního rizika vyjadřujícího vztah rizikového faktoru k dané rizikové události) a hodnotu RR_I = 0,4 (odhad relativního rizika vyjadřujícího efekt intervence *I* mezi jedinci exponovanými daným rizikovým faktorem). Neznámým údajem je hodnota Q_I (úspěšnost intervence). Pro tyto tři scénáře, které vyhodnotíme pro celý definovaný rozsah prevalence rizikového faktoru, tedy pro P_E = 0,3 – 0,8:

- Scénář pesimistický (Q_I = 0,3),
- Scénář konzervativní (Q_I = 0,5),
- Scénář optimistický (Q_I = 0,7).



Simulace umožňuje vyhodnotit různé varianty dopadů preventivních opatření na populační úrovni. Různé scénáře umožňují zachytit optimistických i rizikových variant výsledku a objektivizují tak plánování preventivních programů.

Příklad 5. Ukázka simulace hodnot populační frakce dopadu (*population impact fraction; IF*) na základě literárních údajů.

denci daného onemocnění. Jde o potenciálně dosažitelný efekt, který předpokládá ideální situaci a nekalkuluje s limity uvažovaného opatření a se specifiky cílové populace. V praxi ale velmi často může nastat situace, kdy

- **dostupnost** přijatého opatření směřujícího k eliminaci expozice daným rizikovým faktorem není 100%, a ne všechny cílové osoby jsou tedy adekvátně ošetřeny;
- **účinnost** přijatého opatření není 100%, a tudíž ani u ošetřených osob nemusí dojít k úplné eliminaci vlivu rizikového faktoru a následného výskytu sledovaného onemocnění.

Pod poněkud nejasným výrazem „ošetřené osoby" si můžeme představit širokou škálu opatření, intervencí, podle typu zvoleného preventivního programu. V případě informační kampaně, osvěty, jde o dostupnost a pochopení informací; u programů založených na diagnostických testech (např. skríningy) může jít o dostupnost těchto vyšetření a o zapojení cílové populace do skríningu, apod.

Praktické hodnocení musí pracovat i s jistou nedokonalostí přijatých opatření, nerovnoměrnou citlivostí osob v cílové populaci anebo se specifiky konkrétní populace, která mohou komplikovat dostupnost opatření pro všechny cílové osoby. Hodnocení preventivních programů v praxi musí tedy být komplexnější a nemělo by stát pouze na samotném odhadu hodnot *PAF*. Hovoříme o tzv. hodnocení dopadu (*impact assessment*), které nahrazuje hodnotu *PAF* odhadem tzv. frakce dopadu (*impact fraction, population impact fraction, IF*). Hodnocení reálných dopadů různých preventivních opatření na populační úrovni bývá v literatuře označováno jako *Health Impact Assessment* (HIA).

Výpočet *IF* můžeme v nejjednodušším případě (pro jedno hodnocené opatření neboli intervenci, *I*) definovat takto:

$$IF = (R_1 - R_2)/R_1 = PAF \times Q_I \times ER_I,$$

kde

- R_1 je odhad rizika v celkové cílové populaci před intervencí;
- R_2 je odhad rizika v celkové cílové populaci po intervenci;
- *PAF* je odhad populační atributivní frakce pro cílový rizikový faktor;
- Q_I je úspěšnost (dostupnost) intervence *I* (*success rate*); tedy podíl osob, pro které bude intervence dostupná a ovlivní je;
- ER_I je relativní účinnost intervence *I* (*relative efficacy; efficacy rate*); jde o relativní podíl vyjadřující, do jaké míry vede daná intervence k redukci rizika až na úroveň rizika u osob bez vlivu rizikového faktoru před intervencí (tedy až na úroveň pozaďového rizika v referenční populaci).

Na rozdíl od ostatních komponent výše uvedeného vztahu je hodnota ER_I výhradním atributem daného opatření neboli intervence. Její výpočet je relativně jednoduchý:

$$ER_I = (R_{E1} - R_{E2})/(R_{E1} - R_{01}),$$

proLékaře.cz | 21.8.2025

kde

- R_{E1} je odhad rizika u osob exponovaných rizikovým faktorem před intervencí;
- R_{E2} je odhad rizika u osob exponovaných rizikovým faktorem po intervenci;
- R_{01} je odhad rizika u osob neexponovaných rizikovým faktorem před intervencí (referenční populace, pozadí);
- rozdíl $R_{E1} - R_{E2}$ vyjadřuje redukci rizika v důsledku dané intervence;
- rozdíl $R_{E1} - R_{01}$ vyjadřuje rozdíl rizika u exponované a referenční skupiny před intervencí.

Je patrné, že pokud daná intervence sníží hodnotu rizika (eliminuje vliv rizikového faktoru) až na pozaďovou (referenční) úroveň (R_{01}), dosahuje ER_I hodnoty 1. Je-li účinek intervence nižší, je $ER_I < 1$ a jako násobitel snižuje ve výše uvedeném vztahu hodnotu faktoru dopadu (*IF*).

Na závěr této matematické části výkladu pouze spojíme tři vztahy vzájemným dosazením. Konkrétně do vztahu pro výpočet *IF* uvedeného výše dosadíme odvozený vztah pro ER_I a dále vztah pro *PAF* vysvětlený v díle 53 a 54 seriálu. Dostáváme vztah:

$$IF = [P_E \times Q_I \times RR_E \times (1 - RR_I)]/[1 + P_E \times (RR_E - 1)],$$

kde

- P_E je odhad prevalence rizikového faktoru;
- RR_E je odhad relativního rizika vyjadřujícího vztah rizikového faktoru k dané rizikové události (nemoci); jelikož zde hodnotíme rizikový faktor, pak je hodnota $RR_E > 1$;
- RR_I je odhad relativního rizika vyjadřujícího efekt intervence *I* mezi jedinci exponovanými daným rizikovým faktorem, $RR_I < 1$.

Tuto poslední rovnici jsme uvedli zejména proto, abychom pro tento nejjednodušší případ zdůraznili, že předpokládá nezávislost rizika souvisejícího s expozicí rizikovým faktorem (vliv expozice faktorem je vyjádřen jako RR_E), vlivu intervence (RR_I) a dále účasti osob na intervenci nebo její dostupnosti (Q_I). Předpoklad vzájemné nezávislosti těchto skutečností a vlivů nemusí v praxi vždy platit. Například osoby postižené rizikovým faktorem (abúzus alkoholu, gamblerství atd.) mohou být hůře dostupné pro preventivní kampaň a mohou na ni nedostatečně reagovat. Mezi efektem intervence a expozicí rizikovým faktorem tak může vzniknout negativní interakce; čím více je osoba postižená expozicí rizikovým faktorem, tím menší účinnost může mít aplikovaná intervence. Tyto skutečnosti by se samozřejmě nutně promítly do výše uvedených vztahů a poměry rizik RR_I a RR_E by nebylo možné pouze jednoduše vzájemně násobit.

Z posledního uvedeného vztahu je také dobře patrný vliv účinnosti intervence. Čím je intervence účinnější, tím více redukuje riziko spojené s expozicí rizikovým faktorem a tím je hodnota RR_I menší než 1. S klesající hodnotou RR_I roste konečná hodnota *IF*. Představme si naopak extrémní příklad zcela neúčinné intervence, jejíž hodnota RR_I je tedy rovna 1 (intervence nijak nesnižuje riziko u skupiny exponovaných osob). V takovém případě je konečná hodnota *IF* rovna nule, neboť za této situace nijak nesnižujeme incidenční zátěž cílové populace.

Doufáme, že jsme výkladem matematických vztahů čtenáře neodradili od dalšího studia. Výklad jsme se pokusili oživit příklady 1–5, které praktický význam uvedených vztahů číselně vysvětlují. Znalost uvedených výpočtů je nespornou výhodou, zejména pokud nemáme o plánovaném preventivním programu dostatečně přesná data. Za těchto okolností můžeme výše uvedené postupy využít k simulačním výpočtům a pro dané preventivní opatření připravit více variant očekávaných hodnot *IF*. Například lze takto ověřovat různé scénáře pracující s optimální nebo suboptimální účinností metody, konzervativní nebo naopak optimistické scénáře dostupnosti a přijetí intervence v cílové populaci apod. Můžeme tak získat odhad nejhoršího možného výsledku či nejlepšího dosažitelného výsledku a tyto odhady vztáhnout k jednotkovým finančním nákladům. Tyto simulace a grafické zobrazení závislosti hodnoty *IF* na různých předpokládaných vstupních parametrech dokládají příklady 2–5.

Volby nového výboru ČNS

Ve druhé polovině roku 2016 proběhnou volby do výboru a revizní komise České neurologické společnosti (ČNS).
Výborem byla ustanovena volební komise ve složení:
prim. MUDr. Jolana Marková,
prof. MUDr. Zdeněk Kadaňka, CSc.,
doc. MUDr. Jaroslav Jeřábek, CSc.,
MUDr. Olga Zapletalová.

Členové ČNS mohou zasílat návrhy kandidátů do výboru a do revizní komise prostřednictvím emailu na sekretariat@czech-neuro.cz do **30. září 2016**, případně v listinné formě na adresu:

Česká neurologická společnost ČLS JEP, Volební komise, Lékařský dům, Sokolská 490/31, 120 00 Praha 2.

Průběžné informace o volbách budou k dispozici na www.czech-neuro.cz.