

Ryzyko i śmiertelność nowotworowa wśród strażaków: przegląd metaanalityczny

Tło: Strażak to niebezpieczny zawód, związany ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia wybranych nowotworów. Liczba badań wzrosła w ostatnich latach, co pozwala na syntezę wyników.

Metody: Zgodnie z wytycznymi PRISMA przeszukano wiele elektronicznych baz danych w celu zidentyfikowania badań dotyczących ryzyka i śmiertelności raka wśród strażaków. Obliczyliśmy połączone szacunki standaryzowanego ryzyka zachorowalności (SIRE) oraz szacunków śmiertelności (SMRE), testowaliśmy błędy publikacyjne oraz przeprowadziliśmy analizy moderatorów.

Wyniki: Do ostatecznej metaanalizy uwzględniono trzydzieści osiem badań opublikowanych między 1978 a marcem 2022 roku. Ogólnie rzecz biorąc, zachorowalność i śmiertelność na raka były istotnie niższe wśród strażaków (SIRE = 0,93; 95% CI: 0,91-0,95; SMRE = 0,93; 95% CI: 0,92 - 0,95) w porównaniu do populacji ogólnej. Ryzyko wystąpienia nowotworów było istotnie wyższe dla czerniaka skóry (SIRE = 1,14; 95% CI: 1,08 - 1,21), innych nowotworów skóry (SIRE = 1,24; 95% CI: 1,16-1,32) oraz raka prostaty (SIRE = 1,09; 95% CI: 1,04-1,14). Strażacy wykazali wyższą śmiertelność z powodu odbytnicy (SMRE = 1,18; 95% CI: 1,02-1,36), jądra (SMRE = 1,64; 95% CI: 1,00-2,67) oraz chłoniaka nieziarniczego (SMRE = 1,20; 95% CI: 1,02-1,40). Istnieją dowody na błędność publikacji w szacunkach SIRE i SMRE. Niektórzy moderatorzy wyjaśniali różnice w efektach badania, w tym wyniki jakości badania.

Podsumowanie: Strażacy są bardziej narażeni na kilka nowotworów; W zakresie, w jakim niektóre (np. czerniak i prostata) są dopuszczalne, potrzebne są dalsze badania nad specyficznymi rekomendacjami pożarnych dotyczących monitorowania raka. Ponadto potrzebne są badania podłużne z bardziej szczegółowymi danymi dotyczącymi konkretnej długości i typów ekspozycji, a także nieprzebadanych podtypów nowotworów (np. podtypów raka mózgu i białaczek).

Wprowadzenie

Strażak to niebezpieczny zawód, związany ze wzrostem ryzyka wystąpienia wybranych nowotworów. Zagrożenia obejmują bezpośrednie i pośrednie narażenie na znane i podejrzewane czynniki rakotwórcze. Strażacy mogą wdychać, przyjmować lub mieć kontakt ze skórą znanymi czynnikami rakotwórczymi, takimi jak policykliczne węglowodory aromatyczne (PAH) i benzen ([1](#)). Ekspozycja na działania gaszące prowadzi do wzrostu poziomu różnych substancji chemicznych w moczu, w tym PAH, benzenu, związków organochloru i fosforu, fenoli, ftalatów oraz metali ciężkich i metaloidów ([2](#)). Zmiany w metylacji DNA zostały udokumentowane u strażaków w wieku 2-3 lat w porównaniu do poziomu szkolenia przed szkołą pożarniczą ([3](#)). Wybrane miejsca metylowane z szlakami związanymi z ryzykiem nowotworów zostały zidentyfikowane, stanowiąc jedną z potencjalnych ścieżek mechanistycznych łączących narażenie zawodowe z ryzykiem nowotworowym u strażaków. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) pracuje nad kompleksową aktualizacją wcześniejszego raportu dotyczącego ryzyka nowotworowego u strażaków ([4](#)). Ostateczny raport nie został jeszcze opublikowany, ale wstępne podsumowanie wyników wskazuje, że istnieją silne dowody mechanistyczne, iż udokumentowane narażenia zawodowe u strażaków wykazują cechy rakotwórcze ([5](#)). Na podstawie tego kompleksowego przeglądu Grupa Robocza stwierdziła, że narażenie strażaków zawodowe jest "rakotwórcze dla ludzi (Grupa 1) na podstawie 'wystarczających' dowodów na raka u ludzi".

Chociaż przeprowadzono liczne badania, oceny uogólniające i porównawcze są skomplikowane przez znaczne różnice w konstrukcji badań, okresie, lokalizacji geograficznej, pomiarze narażenia, definicji ról strażaków oraz klasyfikacji diagnoz nowotworów, a także innych cechach badań. Dalsze komplikacje mogą wynikać z małych prób i zmiennych związanych z czasem,

takich jak zmiany w przepisach bezpieczeństwa oraz rodzaje narażenia strażaków. Ze względu na te wyzwania, z jakimi mierzą się pierwotni badacze, metaanaliza stała się cennym narzędziem do zrozumienia ogólnego związku między gaszeniem pożarów a rakiem oraz dodatkowo wyznacza różnice (lub umiarkowane) efekty.

Jednak wcześniejsze metaanalizy na ten temat ujawniają mieszane wnioski. Na przykład LeMasters i in. (6) stwierdzono, że strażacy są prawdopodobnie bardziej narażeni na szpiczaka mnogiego, chłoniaka nieziarniczego, raka prostaty i jąder. Wcześniejszy raport IARC dotyczący narażenia zawodowego strażaków zawierał metaanalizę, która wykazała zwiększone ryzyko nowotworów prostaty, jąder i chłoniaka nieziarniczego (4). Nowsza metaanaliza autorstwa Jaliliana i in. (7) stwierdzono, że strażacy są bardziej narażeni na raka jelita grubego, prostaty, jąder, pęcherza, tarczycy i opłucnej oraz czerniaka złośliwego, a także zwiększoną śmiertelność z powodu raka odbytnicy i chłoniaka nieziarniczego. Podobnie Soteriades i in. (8) stwierdzono, że gaszenie pożarów wiąże się z rakami jelita grubego, prostaty i jąder. Śmiertelność strażaków była podwyższona dla większej liczby podtypów nowotworów, w tym mózgu i ośrodkowego układu nerwowego, chłoniaka nieziarniczego, czerniaka, odbytnicy, pęcherza, prostaty, jąder, choroby Hodgkina, chłoniaka i siatkowca, szpiczaka mnogiego, raka trzustki i nerki. Jednak bardziej restrykcyjna analiza przeprowadzona przez Soteriades i in. (8) na podstawie podzbioru badań uznanych za wysokiej jakości stwierdzono istotnie wyższe ryzyko jedynie dla nowotworów wywołanych przez jądra oraz śmiertelność z powodu raka odbytnicy (i jelita grubego). Wreszcie, niedawne badanie jedenastu przeglądów systematycznych dotyczących zachorowalności i śmiertelności na raka wśród strażaków wykazało, że w porównaniu do ogółu społeczeństwa strażacy są bardziej narażeni na raka pęcherza, czerniaka, międzybłoniaka, raka prostaty oraz raka odbytnicy (9). Nadmierna śmiertelność z powodu raka odbytnicy i chłoniaka nieziarniczego była również konsekwentnie zgłaszana jako podwyższona u strażaków. Tak duże różnice w poszczególnych badaniach oraz mieszane wyniki wcześniejszych metaanaliz wykazały potrzebę dalszych badań.

Dodatkowo stwierdzono chronologiczne i geograficzne nakładanie się uczestników w badaniach nad nowotworami strażaków, co pokazuje problemy z uzależnieniem w efektach badań podczas przeprowadzania metaanalizy. Jalilian i inni (7) metaanaliza nie uwzględniała tego, podczas gdy Soteriades i in. (8) metaanaliza wykluczyła artykuły obejmujące podobne obszary geograficzne. Uwzględnione w Jalilian i in. (7) oraz Soteriades i in. (8) Metaanalizy to badania stosujące rzadsze wzory badań (np. przypadek-kontrola), które w połączeniu z częstszymi projektami mogą wprowadzać heterogeniczność komplikującą interpretację wyników badań. Dzięki naszej dokładnej analizie projektu badań uwzględniliśmy tylko badania, które nie mają istotnego geograficznego i chronologicznego nakładania się, co mogłoby zwiększyć wskaźniki błędów typu I. Ponadto przeprowadziliśmy różnorodne analizy moderatorów, aby można było zidentyfikować źródła zmienności efektów (tj. jakość badania, płeć, typ wielkości efektu).

Na koniec, od czasu publikacji Jaliliana i in. opublikowano szereg nowych badań dotyczących ryzyka i śmiertelności raka wśród strażaków (7) oraz Soteriades i in. (8) metaanalizy zostały ukończone (10–16), które zostały włączone do niniejszej analizy (n=7). W związku z tym niniejsza metaanaliza dostarcza zaktualizowanego przeglądu światowego ryzyka raka wśród strażaków. Szczegóły protokołu do tej metaanalizy zostały zarejestrowane w PROSPERO (17) i można do niego uzyskać dostęp w www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.asp?ID=CRD42019110520.

Materiały i metody

Strategia wyszukiwania

Istotne badania zostały znalezione na podstawie wyszukiwania w wielu źródłach. Najpierw przeprowadzono serię kompleksowych wyszukiwań elektronicznych z wykorzystaniem wielu baz danych, w tym ERIC, PsychINFO, ProQuest Dissertation & Theses, PUBMED oraz

MEDLINE za pośrednictwem EBSCO. Po drugie, przeprowadziliśmy wyszukiwania cytowań za pomocą różnych wyszukiwarek internetowych, w tym Embase, Web of Science Core collection, Google Scholar oraz SCOPUS. Po trzecie, przeszukaliśmy wiele stron internetowych, w tym rządowe, rejestry onkologiczne oraz Bibliotekę Cochrane. Słowa kluczowe używane we wszystkich naszych wyszukiwaniach to kombinacja następujących terminów: (Rak LUB guz lub nowotwór lub nowotwór lub mutacja) oraz (inspektor strażak LUB inspektorzy straży pożarnej LUB ratownictwo LUB strażak ratowniczy LUB strażak LUB strażacy lub strażacy LUB "strażacy" LUB "strażacy" LUB ratownicy LUB ratownicy LUB technik medyczny LUB "pierwszy ratownik"). Wszystkie terminy Mesh używane w naszych wyszukiwaniach można znaleźć w Załączniku 1. Dwóch niezależnych recenzentów odpowiadało za ustalenie, czy badania kwalifikują się, a trzeci autor potwierdzał wszelkie rozbieżności w spełnianiu kryteriów kwalifikacji.

Kryteria włączenia i wykluczenia

Aby zostać uwzględnionym w obecnej metaanalizie, badanie musi spełniać następujące kryteria włączenia i wykluczenia, w tym:

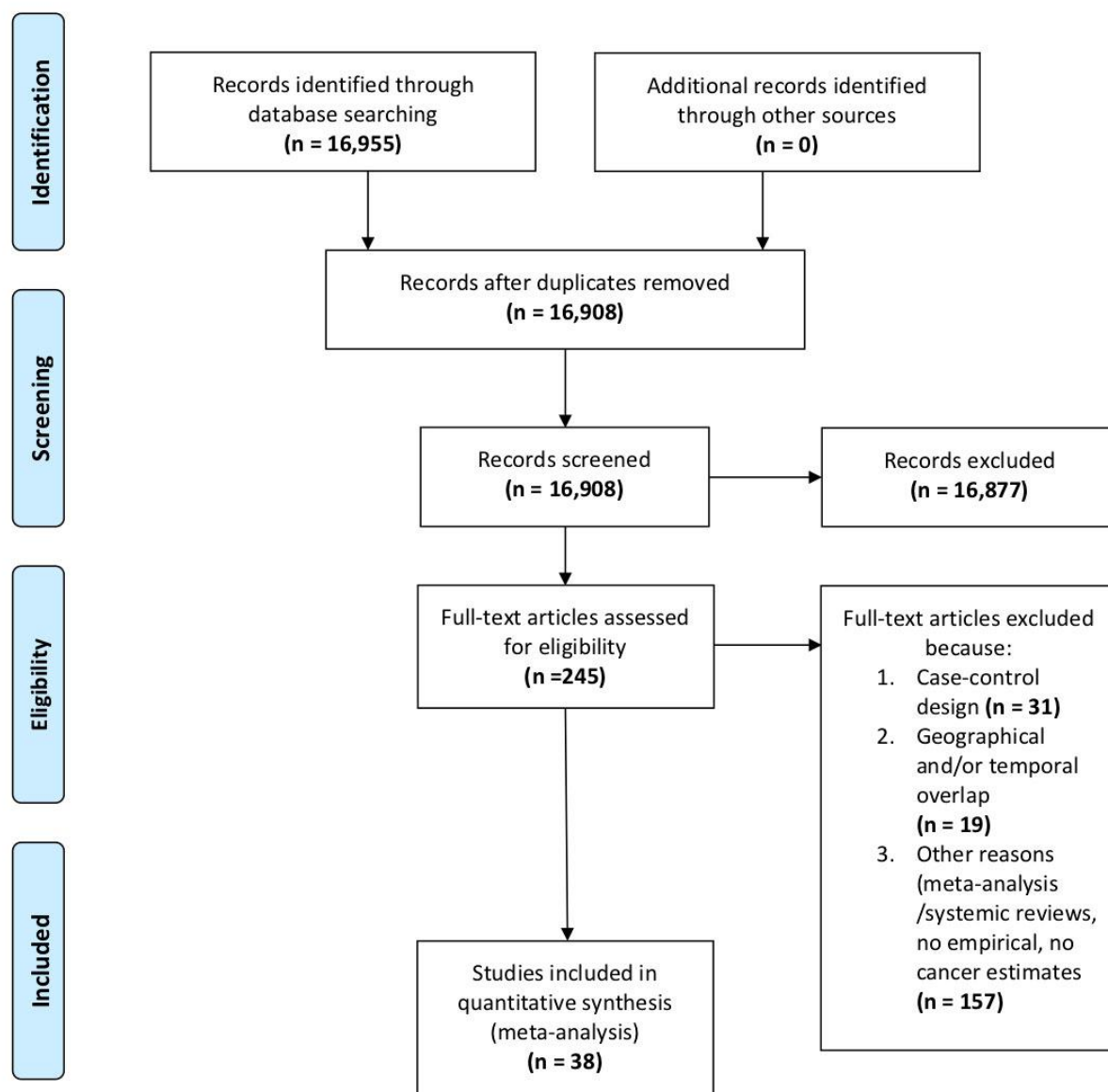
1. Badanie musi być empiryczne i ilościowe;
2. Badanie musi opierać się na badaniach na ludziach;
3. Populacja badawcza musi składać się ze strażaków;
4. Badanie musi być związane z zachorowalnością lub śmiertelnością raka strażaków;
5. Studium musi być napisane po angielsku;
6. Badanie musi wykazać wskaźniki zachorowalności i/lub śmiertelności na raka wśród strażaków, które są w dużej mierze geograficznie i chronologicznie niezależne od tych objętych innymi badaniami;
7. Grupa porównawcza badania musi stanowić populacja ogólna (np. międzynarodowa, krajowa, regionalna lub lokalna)
8. Badanie musi przedstawić wystarczające statystyki, które pozwalają obliczyć wielkość efektu i związany z nim błąd standardowy.

[Rysunek 1](#) prezentuje diagram PRISMA, który podsumowuje kompleksowy proces wyszukiwania na podstawie kryteriów włączenia i wykluczenia.

FIGURE 1



PRISMA 2009 Flow Diagram



Rysunek 1 Schemat przepływu.

Kodowanie cech badań

Każde badanie początkowo rozważane do niniejszej metaanalizy zostało przeanalizowane i zakodowane, obejmując (1) charakterystyki projektowe (np. kohorta, przekrój poprzeczny, podłużny, mieszany i inne) (2), typ wyniku (tj. częstość występowania i śmiertelność) (3), system kodowania nowotworów (np. Międzynarodowa Klasyfikacja Chorób (ICD) ICD-8, ICD-9, ICD-10, Międzynarodowa Klasyfikacja Chorób Onkologicznych (ICD-O), ICD-O-2, ICD-O-3, kody nadzoru, epidemiologii, rezultatów końcowych (SEER), oraz inne) (4), miejscami onkologii (5), czy przypadki *in situ* zostały wykluczone w analizach danych (6), źródła oznaczeń zawodowych (np. zatrudnienie, certyfikacja, nowotwory, rejestr, akt zgonu i inne) (7), typ zdarzenia, w którym uczestniczyli strażacy (8), cechy próby (np. wiek, czas zatrudnienia, status zatrudnienia, płeć, rasa/pochodzenie etniczne i status palenia) oraz (9) cechy badania (np. lokalizacja, typ publikacji).

i rok publikacji). Dwaj koderzy niezależnie odczytali zawarte badania i wyodrębnili informacje z 38 badań uwzględnionych w metaanalizie na podstawie ostatecznego instrumentu kodującego za pośrednictwem REDCap (zobacz Załącznik 2 arkusza kodującego REDCap). Korelacja wewnątrzklasowa (ICC) obliczona dla każdej kategorii wskazywała na dobry do doskonałego poziomu niezawodności między koderami, dając zakres od 0,73 (typ projektu badawczego) do 1,00 (miejsce badania). Wszelkie rozbieżności wykryte na etapie kodowania zostały skorygowane na podstawie dodatkowego przeglądu pierwszego autora przed analizą danych.

Rozmiary efektu i błędy standardowe

Główne miary wielkości efektu używane w obecnej metaanalizie to (1) standaryzowany wskaźnik zachorowalności (SIR) oraz (2) standaryzowany wskaźnik śmiertelności (SMR), w zależności od zastosowanych w badaniach głównych. Obliczyliśmy łączne szacunki ryzyka zachorowalności (SIRE) oraz szacunki ryzyka śmiertelności (SMRE), jak opisano poniżej.

Po pierwsze, zgłoszona wartość SIR była bezpośrednio wyodrębniana z każdego badania. Gdy nie była raportowana, wartość SIR obliczano przez podzielenie zaobserwowanej liczby strażaków z rakiem przez oczekiwaną liczbę populacji referencyjnej z rakiem. Obliczona wartość SIR została przekształcona do logarytmu przez przyjęcie logarytmu obliczonej wartości SIR, której standardowa wartość błędu została obliczona przez pierwiastek kwadratowy z $1/E1 + 1/E2$, gdzie E1 i E2 to oczekiwane częstotliwości strażaków i populacji referencyjnej z nowotworem. Jeśli podane są tylko 95% przedziały ufności wokół zgłoszonej wartości SIR, błąd standardowy obliczono na przykład: $(UL - SIR)/1,96$, gdzie UL to górny poziom 95% przedziału ufności, a SIR to zgłoszona wartość SIR.

Po drugie, zgłoszona wartość SMR oraz powiązany z nią błąd standardowy zostały bezpośrednio wyodrębnione z każdego badania. Gdy nie była raportowana, wartość SMR obliczono przez podzielenie zaobserwowanej liczby śmiertelności strażaków z powodu raka przez oczekiwaną liczbę śmiertelności populacji referencyjnej z powodu nowotworów. Obliczona wartość SMR została przekształcona do logarytmu przez policzenie logarytmu obliczonej wartości SMR, której standardowy błąd obliczono przez pierwiastek kwadratowy z $1/O$, gdzie O to zaobserwowana liczba śmiertelności strażaków z powodu nowotworów. Jeśli podane są tylko 95% przedziały ufności wokół zgłoszonej wartości SMR, błąd standardowy obliczono użyciem: $(UL - SMR)/1,96$, gdzie UL to górny poziom 95% przedziału ufności, a SMR to zgłoszona wartość SMR.

Wszystkie sztytmy parametrów (tj. połączone SIRE i SMRE) obliczone w metaanalizie zostały przekształcone z powrotem do pierwotnej skali poprzez zastosowanie wykładniczej (e) potęgi estymacji.

Stronniczość publikacyjną

Potencjał błędu publikacyjnego, który może wystąpić z powodu możliwości publikacji badań wykazujących istotny efekt w korzystnym kierunku, był oceniany za pomocą wielu wskaźników. Należały do nich (1): test korelacji rang Begga i Mazumbara ([18](#)) dla asymetrii wykresu lejka (2), test regresji Eggera przecięcia ([19](#)), oraz (3) wykresy lejka. Gdy zaakceptowana jest hipoteza zerowa, wskazująca brak związku między rozmiarami efektów a powiązanymi z nimi miarami precyzji, możemy stwierdzić, że nie ma wystarczających dowodów potwierdzających błędność publikacyjną w uwzględnionych badaniach.

Obsługa zależności od rozmiarów efektów

Ponieważ wiele badań raportowało wielkości efektu w odniesieniu do wielu miejsc nowotworowych, z jednego badania wyodrębniono więcej niż jeden rozmiar efektu, co doprowadziło do naruszenia założenia niezależności dla metaanalizy ([20](#)). Przed jakąkolwiek analizą najpierw wykluczaliśmy badania, które geograficznie się pokrywały z innymi. Z kilku

dostępnych metod radzących sobie z problemami zależności (21), wielkości efektu zostały najpierw rozdzielone według typu wyniku (tj. SMR vs. SIR). Przeprowadziliśmy analizę statystyczną podzieloną według typu zmiennych wyników. Po drugie, w każdym miejscu nowotworowym sprawdziliśmy, czy rozmiary efektów z tego samego badania są od siebie niezależne. Gdy rozmiary efektów opierały się na próbach niezależnych (tj. efekty zgłaszane oddzielone według płci (22), strażaków narażonych na 11 września w porównaniu z tymi, którzy nie byli narażeni na 11 września (23), FDNY kontra CFHS (15), niskie, średnie i wysokie ryzyko (24), traktowano je jako niezależne efekty.

Ocena jakości badań

Dwóch ekspertów merytorycznych (pierwszy i ostatni autor) niezależnie oceniło 38 badań, korzystając z baz pozycji Risk of Bias and Precision of Observational Studies (RTI) oraz Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale (Newcastle-Ottawa). Skale te zostały przeanalizowane przez niezależnych recenzentów na próbie badań nieuwzględnionych w ostatecznej analizie, aby zapewnić spójność założeń i kryteriów. Następnie wprowadzono drobne modyfikacje w oryginalnych ocenach jakości, aby lepiej dostosować się do metod ocenianych badań, a niektóre nieistotne elementy zostały usunięte. Następnie zastosowano wieloaspektowy model pomiarowy Rasch (MFRM) do oszacowania ukrytego wyniku jakości każdego testu, który wyrażany jest na standardowym wyniku (z-score) o średniej 0 (25).

Analiza statystyczna

Pakiet metafor (26) w wersji R 4.0.2 (R Development Core Team, 2021) został użyty do analizy danych, opartych na metaanalitycznych metodach proponowanych przez Hedgesa i Olkina (27). Po pierwsze, ogólna jednorodność oceniono na podstawie $\sum Q$, zakładając, że cała całkowita liczba efektów (k) pochodzi z populacji próby. Jeśli łączna liczba Q była statystycznie istotna, ogólny efekt oszacowano w modelu efektów losowych, gdzie wariancja między badaniami była szacowana metodą estymacji Restricted Maximum Likelihood (REML) (28). W pozostałych przypadkach do oszacowania ogólnego efektu używano modelu o stałych efektach (tj. połączonych SIRE i SMRE). Wszystkie główne analizy przeprowadzono oddzielnie według miejsc badań nowotworowych. Po drugie, gdy stwierdzono istotność $\sum Q$, przeprowadzono serię analiz moderatorów z użyciem predyktora kategoriowego (czyli ważona analiza wariancji [ANOVA]) w celu zidentyfikowania źródła zmienności w SIR lub SMR. W szczególności zastosowano model mieszanych efektów z predyktorem kategoriowym, gdy wariancja wewnątrz badania (Q_{within}) okazała się statystycznie istotna po kontrolowaniu moderatora. Gdy zastosowano model mieszanych efektów, dodatkowa wariancja między badaniami po kontrolowaniu moderatora była szacowana metodą REML i następnie włączana. W przeciwnym razie przeprowadzono analizę efektów stałych z użyciem predyktora kategoriowego. W tych analizach moderatorów model istotnego Q sugeruje, że efekty badania (tj. SIR lub SMR) różnią się istotnie w zależności od podgrup. Moderatorzy wykorzystywani w obecnej metaanalizie obejmują (1): miejsca nowotworów (2), czy przypadki *in situ* zostały wykluczone z analiz danych (3), cechy uczestników (np. status zatrudnienia, płeć, rasa/pochodzenie etniczne oraz status palenia) oraz (4) cechy badania (tj. lokalizacja, typ publikacji). Więcej szczegółów na temat modelu efektów losowych lub mieszanych można znaleźć w Raudenbush (28).

Wyniki

Opis badań

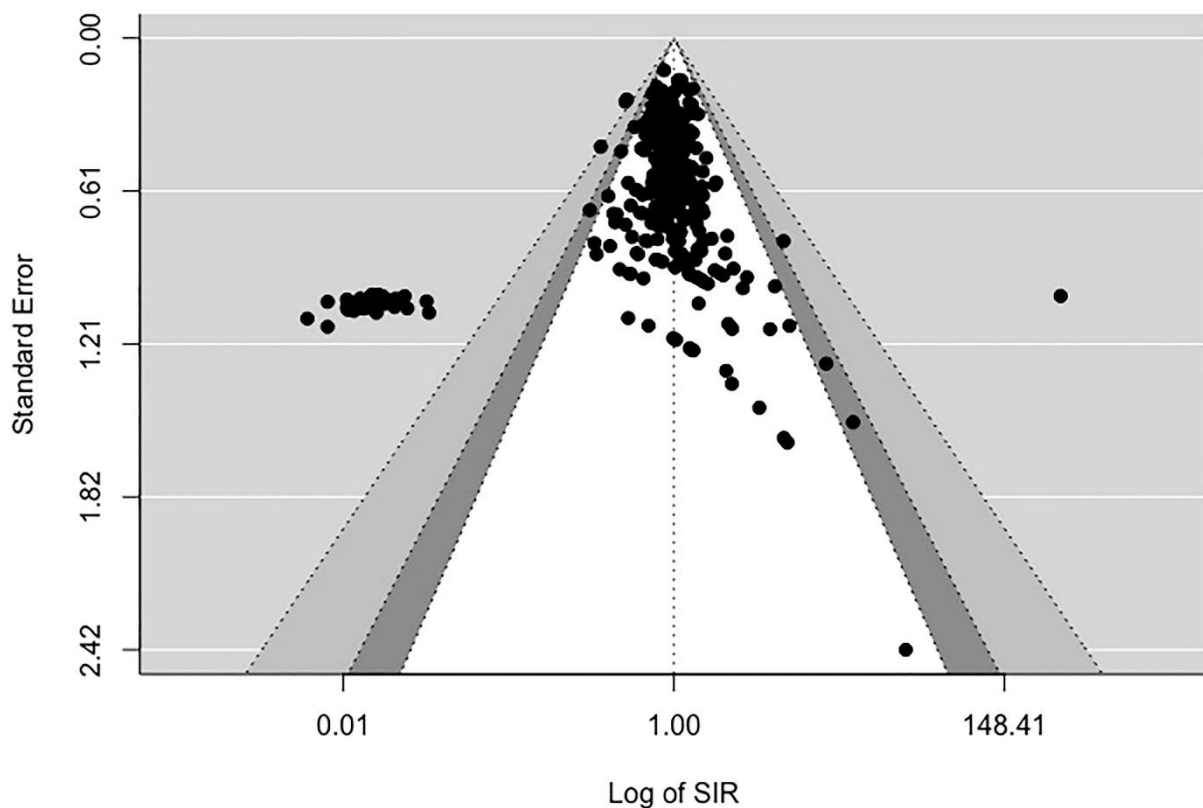
Łącznie 38 niezależnych badań opublikowanych w latach 1978–2022 zostało zakodowanych w różnych cechach badań, w tym (1): typ wyniku (tj. $k_{\text{badania}} = 17$, raportujące SIR, $k_{\text{badanie}} = 26$, raportujące SMR; z 5 badaniami raportującymi zarówno SIR, jak i SMR) (2), system kodowania nowotworów (3), miejsca nowotworów (4), czy przypadki *in situ* zostały wykluczone z analiz danych ($k_{\text{badania}} = 1$ przypadek *in situ* uwzględnionych, $k_{\text{badanie}} = 3$ przypadki *in situ* zostało

wykluczone, $k_{\text{badanie}} = 34$ niezgłoszone) (5), źródło oznaczeń zawodowych (np. zatrudnienie, certyfikacja, nowotwory, rejestr, akt zgonu i inne) (6), typ zdarzenia, w którym uczestniczyli strażacy (np. 9-11) (7), cechy uczestników (np. wiek, status zatrudnienia, płeć, rasa/pochodzenie etniczne i status palenia) oraz (8) cechy badania (np. lokalizacja [$k_{\text{badanie}} = 13$ dla badań amerykańskich, $k_{\text{badanie}} = 25$ dla badań spoza USA], typ publikacji [$k_{\text{badania}} = 2$ dla niepublikowanych, $k_{\text{badanie}} = 36$ dla opublikowanych]).

Ocena stroniczości publikacyjnej

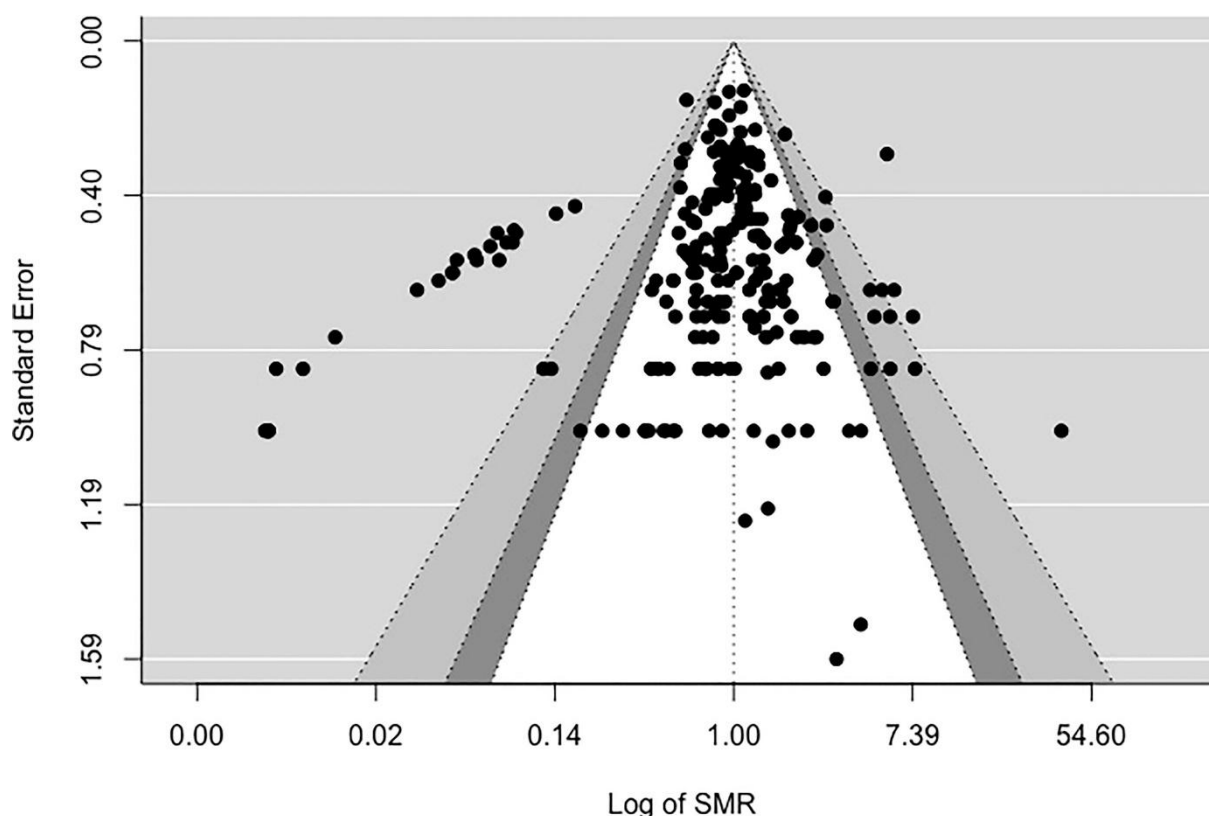
Rysunki 2 i 3 przedstawiają wykresy lejkowe (funnel plots), które wizualnie obrazują zależność między rozmiarami efektów (SIRE na Rysunku 2 oraz SMRE na Rysunku 3) a powiązanymi z nimi błędami standardowymi jako miarą precyzji. Wyniki (1) testu korelacji rangowej Begg'a i Mazumdar'a pod kątem asymetrii wykresu lejkowego, (2) testu regresji Eggera (testu punktu przecięcia) oraz (3) analiza wykresu lejkowego sugerują istnienie pewnych dowodów na błąd publikacyjny (publication bias) w przypadku SIRE ($z = -13,07$, $p < 0,01$ w teście regresji Eggera; tau Kendalla = $-0,21$, $p < 0,01$) oraz SMRE ($z = -13,11$, $p < 0,01$ w teście regresji Eggera; tau Kendalla = $0,03$, $p = 0,52$). W związku z tym dysponujemy dowodami potwierdzającymi potencjalne wystąpienie błędu publikacyjnego w badaniach uwzględnionych zarówno dla SIRE, jak i SMRE.

FIGURE 2



Rysunek 2 Wykres lejka dla standaryzowanego wskaźnika występowania (SIR).

FIGURE 3



Rysunek 3 Wykres lejka dla standaryzowanej śmiertelności (SMR).

Analizy ogólne

Standaryzowane szacunki ryzyka zachorowania

[Tabela 1](#) oraz [Rysunek 4](#) Podsumowanie połączonych efektów standaryzowanych szacunków ryzyka zachorowania według lokalizacji nowotworów. Wyniki wykazały, że strażacy mieli istotnie wyższe wskaźniki zachorowalności na czerniaka skóry (SIRE = 1,14, $k = 20$, 95% CI: 1,08 - 1,21), innych nowotworów skóry (SIRE = 1,24, $k = 8$, 95% CI: 1,16 - 1,32) oraz raka prostaty (SIRE = 1,09, $k = 14$, 95% CI: 1,04 - 1,14) w porównaniu z populacją referencyjną. Jednak nie stwierdzono istotnych różnic w standaryzowanych wskaźnikach zachorowalności na raka w innych miejscach nowotworów między strażakami a populacją referencyjną. Ponadto wskaźniki zachorowalności były istotnie niższe wśród strażaków na przełyk (SIRE = 0,73, $k = 14$, 95% CI: 0,60 - 0,88), wątrobę (SIRE = 0,62, $k = 9$, 95% CI: 0,51 - 0,75), krtań (SIRE = 0,65, $k = 12$, 95% CI: 0,52 - 0,81), płuca (SIRE = 0,67, $k = 21$, 95% CI: 0,63 - 0,73), jelito grube (SIRE = 0,86, $k = 7$, 95% CI: 0,80 - 0,93), tkankę limfatyczną i hematopoetyczną (SIRE = 0,82, $k = 10$, 95% CI: 0,75 - 0,89), oraz wszystkie nowotwory (SIRE = 0,93, $k = 25$, 95% CI: 0,91 - 0,95). Nie stwierdzono innych istotnych różnic w standaryzowanych wskaźnikach zachorowalności w innych obszarach miejsc nowotworów między strażakami a grupami referencyjnymi.

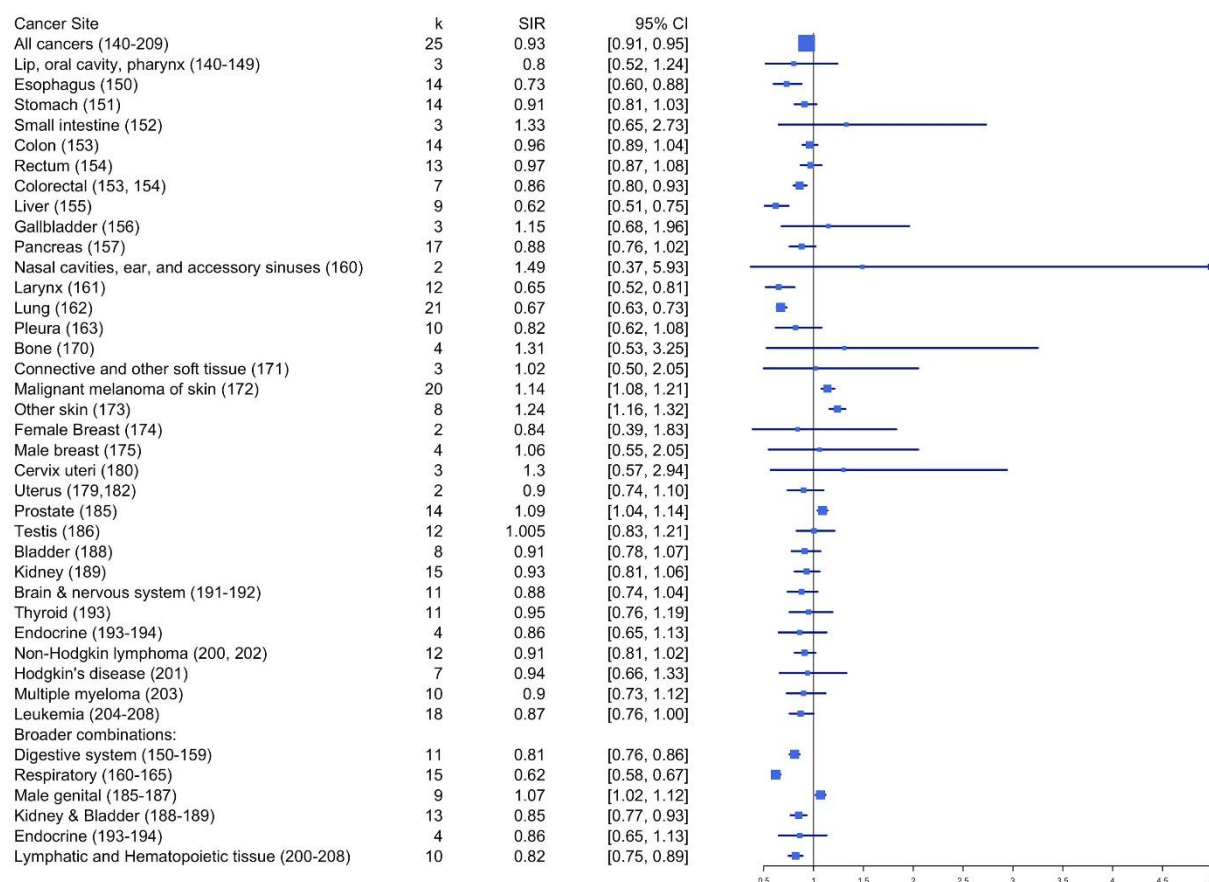
TABLE 1

Cancer sites	SIRE	<i>k</i>	95%CI
All cancers (140–209)	0.93**	25	[0.91, 0.95]
Lip, oral cavity, pharynx (140–149)	0.80	3	[0.52, 1.24]
Esophagus (150)	0.73**	14	[0.60, 0.88]
Stomach (151)	0.91	14	[0.81, 1.03]
Small intestine (152)	1.33	3	[0.65, 2.73]
Colon (153)	0.96	14	[0.89, 1.04]
Rectum (154)	0.97	13	[0.87, 1.08]
Colorectal (153, 154)	0.86**	7	[0.80, 0.93]
Liver (155)	0.62**	9	[0.51, 0.75]
Gallbladder (156)	1.15	3	[0.68, 1.96]
Pancreas (157)	0.88	17	[0.76, 1.02]
Nasal cavities, ear, and accessory sinuses (160)	1.49	2	[0.37, 5.93]
Larynx (161)	0.65**	12	[0.52, 0.81]
Lung (162)	0.67**	21	[0.63, 0.73]
Pleura (163)	0.82	10	[0.62, 1.08]
Bone (170)	1.31	4	[0.53, 3.25]
Connective and other soft tissue (171)	1.02	3	[0.50, 2.05]
Malignant melanoma of skin (172)	1.14**	20	[1.08, 1.21]
Other skin (173)	1.24**	8	[1.16, 1.32]
Female Breast (174)	>0.84	2	[0.39, 1.83]
Male breast (175)	1.06	4	[0.55, 2.05]
Cervix uteri (180)	1.30	3	[0.57, 2.94]
Uterus (179,182)	0.90	2	[0.74, 1.10]
Prostate (185)	1.09**	14	[1.04, 1.14]
Testis (186)	1.01	12	[0.83, 1.21]
Bladder (188)	0.91	8	[0.78, 1.07]
Kidney (189)	0.93	15	[0.81, 1.06]
Brain & nervous system (191-192)	0.88	11	[0.74, 1.04]
Thyroid (193)	0.95	11	[0.76, 1.19]
Endocrine (193-194)	0.86	4	[0.65, 1.13]
Non-Hodgkin lymphoma (200, 202)	0.91	12	[0.81, 1.02]
Hodgkin's disease (201)	0.94	7	[0.66, 1.33]
Multiple myeloma (203)	0.90	10	[0.73, 1.12]
Leukemia (204-208)	0.87	18	[0.76, 1.00]
Broader combinations:			
Digestive system (150-159)	0.81**	11	[0.76, 0.86]
Respiratory (160-165)	0.62**	15	[0.58, 0.67]
Male genital (185-187)	1.07**	9	[1.02, 1.12]
Kidney & Bladder (188-189)	0.85**	13	[0.77, 0.93]
Endocrine (193-194)	0.86	4	[0.65, 1.13]
Lymphatic and Hematopoietic Tissue (200-208)	0.82**	10	[0.75, 0.89]

k = # of effect sizes; **p <.01.

Tabela 1 Standaryzowany wskaźnik zachorowalności według miejsca nowotworu.

FIGURE 4



Rysunek 4 Standaryzowany wskaźnik zachorowalności według miejsca nowotworu.

Standaryzowane szacunki ryzyka śmiertelności

[Tabela 2](#) oraz [Rysunek 5](#) podsumuj szacowane ogólne efekty SMR według miejsca nowotworu. Wyniki wykazały u strażaków istotnie wyższe wskaźniki śmiertelności z powodu odbytnicy (SMRE = 1,18, k = 10, 95% CI: 1,02-1,36), jąder (SMRE = 1,64, k = 11, 95% CI: 1,00-2,67) oraz chłoniaka nieziarniczego (SMRE = 1,20, k = 2, 95% CI: 1,02-1,40), w porównaniu z populacją referencyjną. Ponadto wskaźniki śmiertelności wśród strażaków były istotnie niższe dla wszystkich nowotworów (SMRE = 0,93, k = 36, 95% CI: 0,92-0,95), żołądka (SMRE = 0,77, k = 11, 95% CI: 0,68-0,87), jelita grubego (SMRE = 0,78, k = 9, 95% CI: 0,66-0,91), wątroby (SMRE = 0,60, k = 7, 95% CI: 0,51-0,72), krtani (SMRE = 0,49, k = 7, 95% CI: 0,37-0,65), kości (SMRE = 0,52, k = 2, 95% CI: 0,13-2,10), mózgu (SMRE = 0,64, k = 4, 95% CI: 0,53-0,78), choroby Hodgkina (SMRE = 0,17, k = 6, 95% CI: 0,08-0,37), wargi, jamy ustnej i gardziela (SMRE = 0,65, k = 7, 95% CI: 0,53-0,78), tkanki limfatycznej i hematopoetycznej (SMRE = 0,82, k = 12, 95% CI: 0,71-0,95). Jednak nie stwierdzono istotnych różnic w standaryzowanych wskaźnikach śmiertelności w innych miejscach leczenia nowotworów między strażakami a grupami referencyjnymi.

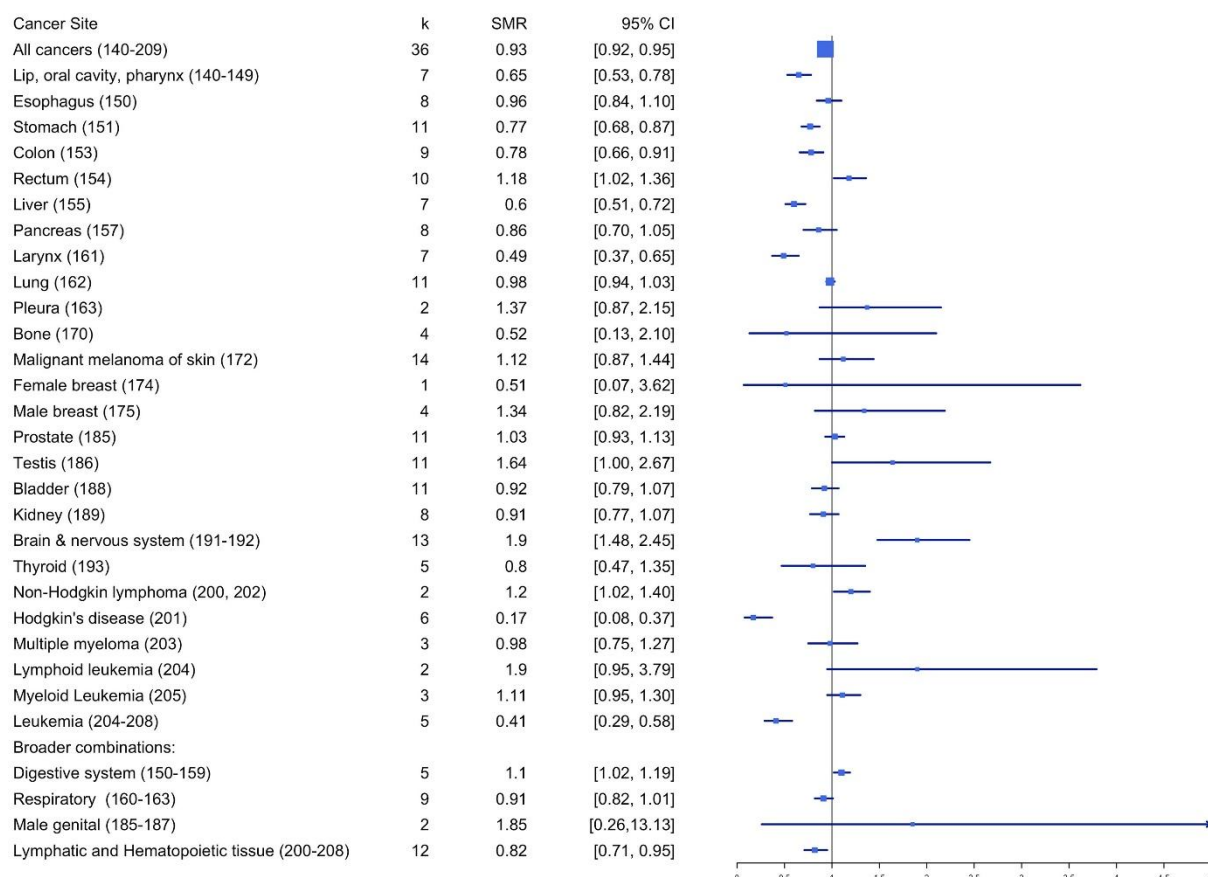
TABLE 2

Cancer site	SMRE	k	95%CI
All cancers (140-209)	0.93**	36	[0.92, 0.95]
Lip, oral cavity, pharynx (140-149)	0.65**	7	[0.53, 0.78]
Esophagus (150)	0.96	8	[0.84, 1.10]
Stomach (151)	0.77**	11	[0.68, 0.87]
Colon (153)	0.78**	9	[0.66, 0.91]
Rectum (154)	1.18**	10	[1.02, 1.36]
Liver (155)	0.60**	7	[0.51, 0.72]
Pancreas (157)	0.86	8	[0.70, 1.05]
Larynx (161)	0.49**	7	[0.37, 0.65]
Lung (162)	0.98	11	[0.94, 1.03]
Pleura (163)	1.37	2	[0.87, 2.15]
Bone (170)	0.52	4	[0.13, 2.10]
Malignant melanoma of skin (172)	1.12	14	[0.87, 1.44]
Male breast (175)	1.34	4	[0.82, 2.19]
Prostate (185)	1.03	11	[0.93, 1.13]
Testis (186)	1.64**	11	[1.00, 2.67]
Bladder (188)	0.92	11	[0.79, 1.07]
Kidney (189)	0.91	8	[0.77, 1.07]
Brain & nervous system (191-192)	1.90**	13	[1.48, 2.45]
Thyroid (193)	0.8	5	[0.47, 1.35]
Non-Hodgkin lymphoma (200, 202)	1.20**	2	[1.02, 1.40]
Hodgkin's disease (201)	0.17**	6	[0.08, 0.37]
Multiple myeloma (203)	0.98	3	[0.75, 1.27]
Lymphoid leukemia (204)	1.90	2	[0.95, 3.79]
Myeloid Leukemia (205)	1.11	3	[0.95, 1.30]
Leukemia (204-208)	0.41**	5	[0.29, 0.58]
Broader combinations:			
Digestive system (150-159)	1.10**	5	[1.02, 1.19]
Respiratory (160-163)	0.91	9	[0.82, 1.01]
Male genital (185-187)	1.85	2	[0.26,13.13]
Lymphatic and Hematopoietic Tissue (200-208)	0.82**	12	[0.71, 0.95]

k = # of effect size; **p <.01.

Tabela 2 Standaryzowany wskaźnik śmiertelności według miejsca nowotworu.

FIGURE 5



Rysunek 5 Standaryzowany wskaźnik śmiertelności według miejsca nowotworu.

Analizy moderatorów

Standaryzowane szacunki ryzyka zachorowania

Wyniki modelu o mieszanych efektach sugerują, że znaleziono kilka moderatorów wyjaśniających zmienności w SIRE. Istotne moderatorzy obejmują: 1) ocenę jakości za pomocą Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale ($_{model} Q(1) = 27,91, s. <.01$), 2) czy badania obejmowały kobiety, czy nie ($_{model} Q(1) = 19,61, s. <.01$), 3) czy uwzględniono pacjentów z nowotworami niezłośliwymi ($_{model} Q(1) = 37,61, p <.01$). Po pierwsze, stwierdzono, że łączna ocena SIRE została istotnie zwiększona o 29%, gdy wynik oceny jakości według Skali Oceny Jakości Newcastle-Ottawa wzrósł o 1 ($b = 1,29, s. <.01$). Po drugie, łączony SIRE dla mężczyzn był znacząco niższy niż dla kobiet (SIRE = 0,61, $p = 0,05$ dla mężczyzn strażaków vs. SIRE = 1,07, $p <.01$ dla kobiet strażaków). Po trzecie, SIRE było istotnie niższe, gdy uwzględniono uczestników z guzami niezłośliwymi (np. łagodnymi guzami mózgu i *in situ*) (SIRE = 0,97, $p = 0,70$).

Standaryzowane szacunki ryzyka śmiertelności

Wyniki modelu o mieszanych efektach sugerują, że znaleziono kilka moderatorów wyjaśniających zmienności SMRE. Znaczącymi moderatorami należą: 1) ocena jakości według Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale ($_{model} Q(1) = 66,70, s. <.01$), 2) czy badania obejmowały kobiety, czy nie ($_{model} Q(1) = 11,58, s. <.01$) oraz 3) miejsce badania ($_{model} Q(1) = 11,16, p <.01$). Po pierwsze, stwierdzono, że łączna ocena SMRE została istotnie zwiększona o 55% po zwiększeniu wyniku jakościowego ocenianego za pomocą Skali Oceny Jakości Newcastle-Ottawa ($b = 1,55, s. <.01$). Po drugie, łączony SMRE u mężczyzn był istotnie wyższy niż u kobiet w porównaniu z populacją ogólną (SMRE = 1,48, $p = 0,05$ dla mężczyzn strażaków vs. SMRE = 0,71, $p <.01$ dla kobiet strażaków). Po trzecie, zbiorowy SMRE wyodrębniony

z badań spoza USA (SMRE = 1,10, s. <,01) był istotnie wyższy niż w badaniach amerykańskich (SMRE = 0,65, $p = 0,43$).

Dyskusja

Podsumowanie wyników badania

Ogólnie rzecz biorąc, ta metaanaliza wykazała, że ryzyko wystąpienia nowotworów incydentów było istotnie wyższe dla czerniaka skóry, innych nowotworów skóry, raka prostaty, z wyższą śmiertelnością w przypadku nowotworów odbytnicy, jąder, mózgu i układu nerwowego oraz chłoniaka nieziarniczego wśród strażaków w porównaniu z populacjami referencyjnymi. Poniżej omawiamy szczegółowo te istotne ustalenia, w tym możliwe narażenia na pożar, które mogą być powiązane ze zwiększonym ryzykiem.

Nowotwory skóry

W obecnej metaanalizie strażacy mieli o 14% wyższe ryzyko czerniaka w porównaniu z ogólną populacją. Podobny wzorzec stwierdzono dla śmiertelności, choć niestatystycznie istotny (SMRE = 1,12, 95% CI: 0,87, 1,44). Inne wskaźniki zachorowalności na raka skóry były również istotnie wyższe u strażaków (SIRE = 1,24, 95% CI: 1,16 – 1,32). Strażacy są narażeni na działanie wielu rakotwórczych substancji związanych z czerniakiem i/lub innymi nowotworami skóry, w tym z wielocyklicznymi węglowodorami aromatycznymi (PAH), polichlorowanymi bifenylami (PCB) oraz benzenem (29). Często pracując na zewnątrz strażacy są narażeni na ultragwałtowne promieniowanie, znany czynnik ryzyka czerniaka (30). Jak wcześniej omówili Guidotti i in., może istnieć związek przyczynowy między narażeniem na strażaków a ryzykiem czerniaka u strażaków, chociaż nie można wykluczyć czynników promieniowania ultraagresywnego poza zawodem a stylu życia strażaków jako czynników przyczyniających się (31).

Rak prostaty

W niniejszej metaanalizie przypadający rak prostaty był istotnie wyższy u strażaków (SIRE = 1,09, 95% CI: 1,04 – 1,14), podczas gdy śmiertelność była podobna do tej w populacji ogólnej (SMRE = 1,03, 95% CI: 0,93 – 1,13). Warto zauważyć, że badania w innych populacjach wykazały powiązania z narażeniem na PAH, PCB i metale ciężkie z ryzykiem raka prostaty (32). Ponadto praca zmianowa była powiązana z ryzykiem raka prostaty w innych grupach pracowników (33). Potrzebne są dalsze badania, aby ustalić, czy specyficzne narażenia rakotwórcze dla strażaków mogą być przyczynowo powiązane ze zwiększonym ryzykiem raka prostaty, niezależnie od możliwego błędu wykrywalnego ze względu na różnicę w testach PSA u strażaków w porównaniu z innymi populacjami.

Rak odbytnicy

W niniejszej metaanalizie przypadający rak odbytnicy nie był istotnie wyższy u strażaków (SIRE = 0,97, 95% CI: 0,87 – 1,08), podczas gdy istotnie wzrosło ryzyko zgonu z powodu raka odbytnicy (SMRE = 1,18, 95% CI: 1,02 – 1,36). Inni badacze sugerowali, że istnieje możliwy związek między śmiertelnością z powodu raka odbytnicy a gaszeniem pożarów (6, 34), jednak przy ocenie przyczynowości należy uwzględnić brak znanych narażeń rakotwórczych związanych z tym nowotworem u strażaków.

Rak jądra

W obecnej metaanalizie przypadający rak jądra nie był istotnie wyższy u strażaków (SIRE = 0,97, 95% CI: 0,87 – 1,08), podczas gdy ryzyko śmierci z powodu raka jądra było istotnie wyższe (SMRE = 1,64, 95% CI: 1,02–2,67). Strażacy są narażeni na działanie polichlorowanych bifenyli oraz polibromowanych bifenyli (PCB) (4), który jest rakotwórcą zweryfikowanym przez IARC (35); Jednak badania prowadzone w innych grupach zawodowych są ograniczone (36–38).

Należy zachować ostrożność przy interpretacji naszych ustaleń, biorąc pod uwagę znaczną rozbieżność w połączonych efektach dotyczących częstości występowania i śmiertelności.

Chłoniak nieziarniowy

Niniejsza metaanaliza sugeruje niższe ryzyko (choć nieistotne) chłoniaka nieziarniczego wśród strażaków (SIRE = 0,91, 95% CI: 0,81 – 1,02), podczas gdy istotnie zwiększone ryzyko śmierci zaobserwowano na podstawie zaledwie dwóch badań zbiorczych (SMRE = 1,20, 95% CI: 1,02 – 1,40). Ponownie, należy zachować ostrożność przy interpretacji naszych wyników, biorąc pod uwagę rozbieżności w połączonych efektach dotyczących zachorowalności i śmiertelności. Istnieją "ograniczone" dowody z badań dotyczących ryzyka chłoniaka nieziarniczego, które wspierają klasyfikację Grupy 1 (5), zgodnie z wnioskami IARC (4) i poparta późniejszą metaanalizą przeprowadzoną przez LeMastersa i in. (6), prowadzonej mniej więcej w tym samym okresie. Warto zauważyć, że chłoniak nieziarniczego ma wiele odrębnych podtypów (>30), z których nie wszystkie wykazano jako powiązane z narażeniem zawodowym (39, 40). Według IARC, narażenie na dehyd formaldehyd, znane narażenie strażaków (4), a także lindanu i pentachlorofenolu, które mogą być stosowane do obróbki wyrobów drewnianych, wiążą się ze zwiększonym ryzykiem chłoniaka nieziarniczego (41).

Nowotwory mózgu i ośrodkowego układu nerwowego

W obecnej metaanalizie nowotwory związane z incydemem mózgu i ośrodkowego układu nerwowego nie były istotnie wyższe u strażaków (SIRE = 0,88, 95% CI: 0,74 – 1,04), podczas gdy ryzyko śmierci było istotnie zwiększone z powodu tej heterogenicznej grupy nowotworów (SMRE = 1,90, 95% CI: 1,48 – 2,45). Ta grupa nowotworowa charakteryzuje się dużą liczbą histologicznie odrębnych podtypów, z których tylko część może być powiązana z narażeniem zawodowym związanym ze strażnictwem (39, 42). Lead exposures are associated with firefighting activities (4), a związki między ekspozycją na ołów a zwiększonym ryzykiem raka mózgu zostały udokumentowane także w innych grupach zawodowych (43–47).

Rola analiz moderatorów w interpretacji wyników metaanalizy

Poprzednie badania metaanalizy ryzyka raka przez strażaków albo nie zakończyły formalnych analiz moderatorów, albo przeprowadzały analizy z ograniczoną liczbą zmiennych. Odkrywanie źródeł zmienności efektów badań (np. zachorowalności na raka lub śmiertelności) może być przydatne dla badaczy, ponieważ zwiększa interpretowalność i uogólnialność wyników metaanalizy, co jest szacowane na podstawie bardziej spójnych efektów badań. W tej metaanalizie zidentyfikowaliśmy kilka moderatorów, którzy wyjaśnili znaczną zmienność efektów między badaniami. Jalilian i in. udokumentowali dowody na umiarkowaną do silną heterogeniczność dla kilku specyficznych miejscowo nowotworów, w tym jamy policzkowej i gardła, mózgu i układu nerwowego, przełyku, krtani, płuc, czerniaka, skóry, prostaty i nerek (7).

Nie tylko rozszerzyliśmy liczbę analizowanych zmiennych moderatorów, ale także przeprowadziliśmy kompleksową ocenę jakości studiów jako moderator, wykorzystując dwa narzędzia do oceny jakości. Meta-analiza Soteriades i in. obejmowała mniejszą liczbę badań i przeprowadzała analizy kategorizowane według poziomu jakości badań (tj. "dobre i wystarczające" oraz "tylko dobre badania"). Takie podgrupy prawdopodobnie zmniejszały heterogeniczność efektów, ale kosztem liczby badań uwzględnionych w analizach podgrup dla konkretnych miejsc nowotworowych. W analizach opartych na "dobrych badaniach" liczba badań wahała się od 1 do 14 dla zachorowalności na nowotwory oraz od 2 do 24 dla śmiertelności z powodu nowotworów. Stwierdziliśmy, że oceny jakości badań na podstawie Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale wyjaśniały różnice w szacunkach SIRE i SMRE, sugerując, że szacunki SIRE i SMRE prawdopodobnie będą wyższe wraz ze wzrostem wyniku jakości. Konieczne jest staranne rozważenie optymalnych przyszłych projektów badań

obejmujących ryzyko raka wśród strażaków, aby dokładniej określić poziomy ryzyka w tej grupie zawodowej.

Identyfikacja innych ważnych moderatorów pomaga badaczom dokładnie rozważyć optymalny projekt przyszłych badań nad nowotworem strażaków (tj. cechy próby, cechy projektowe), a także pomaga kontekstualizować obecne wyniki metaanalizy. Na przykład nasze analizy moderatorskie wykazały również istotnie niższe efekty łącznej zachorowalności na nowotwory u mężczyzn niż u kobiet, podczas gdy łączna śmiertelność nowotworowa była wyższa u mężczyzn niż u kobiet w porównaniu z populacją ogólną. Jednym z możliwych wyjaśnień tych różnicowych efektów jest to, że proporcjonalnie mniejsza liczba kobiet strażaczek, uwzględnionych w wybranych indywidualnych badaniach, skutkowała dużymi, ale niestabilnymi szacunkami wielkości efektu w badaniach przypadków, podczas gdy niższe łączne efekty w badaniach śmiertelności kobiet mogą odzwierciedlać różnice w łącznej narażeniu rakotwórczej przez całe życie, ponieważ kobiety zaczęły dołączać do rynku pracy dopiero w ostatnich dekadach w USA i innych krajach ([48](#)). Dlatego należy zachować ostrożność przy interpretacji potencjalnego ryzyka nowotworowego u kobiet i mężczyzn wśród strażaków, biorąc pod uwagę stosunkowo niewielką liczbę zaobserwowanych przypadków incydentów i śmiertelności u kobiet oraz różnice w prawdopodobnych średnich profilach narażenia na rakotwórczość

w karierze u mężczyzn i kobiet w badaniach uwzględnionych w niniejszej metaanalizie.

Porównanie z wcześniejszymi wynikami metaanalitycznymi

Dwie metaanalizy przeprowadzone przez niezależne zespoły badawcze zostały opublikowane w 2019 roku ([7](#), [8](#)). Występowało znaczne nakładanie się artykułów wybranych do tych dwóch metaanaliz, które w przypadku Jaliliana i in. obejmowały badania opublikowane do 2017 roku. Jednak Soteriades i in. ograniczyli swoje pierwotne poszukiwania artykułów do publikacji w latach 1960–2007 i ostatecznie nie uwzględnili żadnych badań nad rakiem strażaków opublikowanych w latach 2010–2017. Spośród trzech metaanaliz Soteriades i in. konsekwentnie uwzględniali najmniejszą liczbę badań w swojej metaanalizie, zwłaszcza gdy ograniczali się do tych ocenianych jako wysokiej jakości. Z tego powodu lista badań uwzględnionych w naszej metaanalizie bardziej przypomina metaanalizę Jaliliana i in., ale zawierała także dodatkowe artykuły opublikowane po 2017 roku ([10](#), [12](#), [49–55](#)). Jednak nie wszystkie badania zostały uwzględnione w naszej metaanalizie, ponieważ wyeliminowaliśmy dane z badań o znacznym nakładaniu się geograficznym i chronologicznym. W takich przypadkach wyodrębniliśmy dane z badań obejmujących największą liczbę lat i/lub przeprowadzonych na największym obszarze zlewni geograficznym. Biorąc pod uwagę potencjalne uprzedzenia wynikające z zależności od efektów badań, dokładnie zbadaliśmy projekt badań i uwzględniliśmy efekty badań w dużej mierze niezależne od siebie. W związku z tym w niektórych przypadkach liczba szacunków niezależnych badań różni się od liczby badań, które przyczyniły się do szacunków badania.

Ogólnie rzecz biorąc, panowała pewna zgoda co do zwiększonego ryzyka wystąpienia kilku nowotworów w obu metaanalizach oraz wyniki niniejszej analizy. Na przykład połączone szacunki SIRE dla przypadkowego raka prostaty były istotnie wyższe w dwóch poprzednich metaanalizach, które wahały się od 1,09 do 1,20. Zakres łączonych szacunków SMRE dla śmiertelności z chłoniaka nieziarniczego był istotnie wyższy niż w populacji ogólnej we wszystkich trzech metaanalizach, które mieściły się w zakresie od 1,20 do 1,44. Wreszcie, zakres połączonych szacunków SMRE dla śmiertelności z powodu raka odbytnicy był istotnie wyższy we wszystkich trzech analizach i wahał się od 1,16 do 1,36. Z wyjątkiem zbiorczej oceny śmiertelności z powodu raka odbytnicy znalezionej w metaanalizie Soteriades i in. (SMR = 1,18 95% CI: 1,02–1,36), nasze szacunki były najniższe.

Zarówno obecne (SIR = 1,14, 95% CI: 1,08–1,21), jak i metaanalizy Jaliliana i in. (95% CI: 1,21–1,45) wykazały istotnie wyższe ryzyko wystąpienia czerniaka incydenta; Wyniki Soteriades i in.

nie były statystycznie istotne (SIR = 1,10, 95% CI: 0,77-1,58). Dla porównania, szacunki śmiertelności jąder były istotnie wyższe w obecnej metaanalizie (SIR = 1,64, 95% CI: 1,00-2,67), ale nie w przypadku Soteriades i in. (SIR = 1,63, 95% CI: 0,60-4,40), choć szacunki połączone były podobne pod względem wielkości. Jalilian i in. nie przedstawili podsumowania śmiertelności jąder. Wskaźniki śmiertelności z powodu nowotworów mózgu i ośrodkowego układu nerwowego były istotnie wyższe w obecności (SMR = 1,90, 95% CI: 1,48-2,45) oraz w metaanalizach Soteriades i in. (SMR = 1,26, 95% CI: 1,02-1,55), podczas gdy nie występowały w analizach Jaliliana i in. (SMR = 1,25, 95% CI: 0,96-1,63), choć o podobnej wielkości.

Ryzyko występowania raka jądra nie zostało uznane za istotne w obecnej analizie (SIR = 1,01, 95% CI: 0,83-1,21), podczas gdy zarówno Jalilian i in. (SIR = 1,34, 95% CI: 1,08-1,68), jak i Soteriades i in. stwierdzili istotnie wyższe ryzyko (SIR = 1,63, 95% CI: 0,60-4,40). Przyczyny takiej rozbieżności pozostają niejasne. Żadne badanie nie uwzględniło różnic między seminomami a typami raka jąder bez seminomów. Jednak w obecnej metaanalizie użyto więcej szacunków ($k = 12$), ale mniej zarówno w Jalilian i in. ($k = 9$), jak i Soteriades i in. ($k = 7$). Ponadto niektóre z nowszych badań uwzględnionych w obecnej metaanalizie wykazały niższe ryzyko występowania raka jąder.

Ocena przyczynowości

Ustalenie czy wzrost ryzyka nowotworów dokumentowany za pomocą przeglądów metaanalizy jest przyczynowo związany z zawodem strażaka, jest procesem złożonym. IARC opracowała systematyczny proces określania, czy określone ekspozycje chemiczne, biologiczne i zawodowe mogą być przyczynowo powiązane z konkretnym nowotworem, poprzez ocenę dostępnych badań nowotworowych i syntezę metaanalizy, eksperymentalne badania na zwierzętach, badania ekspozycji oraz ocenę innych istotnych danych mechanistycznych (np. efekty toksykkinetyczne, metabolomiczne i genetyczne) ([41](#), [56](#)). W swojej najnowszej ocenie podniesiono wcześniejsze oznaczenie strażaka jako potencjalnie rakotwórcze narażenie zawodowe (oznaczenie Grupy 2B) ([4](#)) do oznaczenia Grupy 1 jako rakotwórczego ([5](#)). Częścią dowodów potwierdzających to podwyższenie była metaanaliza siedmiu badań, która wykazała zwiększone ryzyko wystąpienia międzybłoniaka (zgłoszono o 58% zwiększone ryzyko; 95% CI=14%–120%) oraz połączone zwiększone ryzyko wystąpienia raka pęcherza moczowego na podstawie uwzględnienia "kilku" badań kohortowych raka pęcherza moczowego (zgłoszono o 16% zwiększone ryzyko; 95% CI=8%–26%). Nie znaleźliśmy podobnych zwiększonych szacunków zbiorczych dla żadnego z przypadków nowotworów (opłucna [mezotelioma] 0,82; [0,62-1,08]; pęcherz 0,91; [0,78-1,07]), choć stwierdziliśmy nieistotnie zwiększone ryzyko śmiertelności opłucnej SMRE= (1,37, 95% CI: 0,87-2,15). Nadchodzący pełny raport IARC prawdopodobnie dostarczy więcej szczegółów dotyczących stosowanych metod oraz listy badań uwzględnionych w ich metaanalizie dla tych i innych nowotworów.

Inni badacze zaproponowali i stosowali różne ramy oceny przyczynowości lub prawdopodobieństwa ryzyka nowotworowego związanego z gaszeniem pożarów, które obejmują niektóre z następujących cech: 1) spójność zgłaszanych wyników epidemiologicznych, 2) ocenę jakości badań, czynników zakłócających, błędnej klasyfikacji i stronniczości oraz 3) uwzględnienie biologicznej prawdopodobności narażenia rakotwórczego i innych substancji chemicznych jako czynników zwiększonego ryzyka nowotworów ([6](#), [34](#), [39](#)).

Dlatego ważne jest, aby zauważyć, że zakończenie metaanalizy wyników badań jest tylko jednym z elementów kompleksowej oceny ryzyka nowotworów, które można uznać za przyczynowo powiązane z narażeniem związanym z gaszeniem pożarów.

Możliwości zapobiegania i przesiewania w straży pożarnej

Wyniki niniejszej analizy, w połączeniu z innymi niedawnymi przeglądami metaanalitycznymi oraz niedawnym przeglądem IARC, jasno dokumentują podwyższone ryzyko nowotworów u strażaków, co potwierdza potrzebę dalszych działań nad identyfikacją i wdrażaniem najlepszych praktyk mających na celu zmniejszenie narażenia rakotwórczego występującego podczas i po działaniach gaszących pożary (57–60). Potrzebne są również dodatkowe prace nad edukacją strażaków na temat strategii zmniejszania ogólnego ryzyka raka (61–63). Wreszcie, należy rozważyć politykę w miejscu pracy dotyczącą bardziej agresywnego wczesnego wykrywania raka skóry i prostaty, biorąc pod uwagę podwyższone ryzyko obserwowane u strażaków (61, 64).

Ograniczenia

Istnieją ograniczenia w badaniach, które wymagają ostrożności przy interpretacji. Po pierwsze, nasza analiza obejmowała tylko niewielką liczbę badań, które szacowały ilość narażenia na rakotwórcze strażaków (65); Jednak, ponieważ te informacje nie są dostępne praktycznie we wszystkich badaniach, nie mamy metody korelacji ilości lub rodzaju narażenia z ryzykiem nowotworu. Zamiast tego większość badań uwzględnionych w tej metaanalizie wykorzystuje tytuł stanowiska jako wskaźnik ekspozycji. Dzięki różnym źródłom ogół społeczeństwa jest również w pewnym stopniu narażona na działania rakotwórcze często przypisywane działalności strażaków. Wpływ zdrowych pracowników prawdopodobnie występuje w badaniach strażaków i może prowadzić do systematycznego niedoszacowania ryzyka nowotworów u strażaków (66). Kolejnym ograniczeniem jest niewielka liczba przypadków w niektórych miejscach nowotworów, co uniemożliwia obliczanie stabilnych szacunków ryzyka. Dotyczy to szczególnie nowotworów kości, białaczek specyficznych i nowotworów mózgu, a także międzybłoniaka i innych. Dodatkowym ograniczeniem jest to, że spośród 38 badań tylko 8 przedstawia opisowe statystyki uczestników według wieku. Siedem badań podawało średni wiek uczestników, od 30 do 39,4 roku. Jedno badanie podawało średni wiek 57 lat. Ze względu na brak raportowanych informacji oraz (w przypadku zgłaszania) jednorodność uczestników pod względem średniego wieku (30–39 lat), zdecydowaliśmy się nie przeprowadzać analizy moderatorów na podstawie wieku jako ciągłego predyktora SIR i SMR. Wreszcie, proces minimalizowania nakładania się badań poprzez staranny dobór artykułów w odniesieniu do regionu geograficznego i lat objętych podziałem był nieprecyzyjny, ponieważ równoważyliśmy potrzebę uwzględnienia innych kwalifikujących się badań z uniknięciem uwzględniania rozmiarów efektów wybranych dla podobnych kohort strażaków. Nie było możliwe całkowite wyeliminowanie nakładania się badań, więc niektóre efekty zależności mogą pozostać w naszej analizie.

Pomimo tych ograniczeń udało nam się zminimalizować wzrost wskaźników błędów typu I, które mogą wynikać z zależności od efektów, przeprowadzając dokładną analizę indywidualnych projektów badań pod kątem możliwości zależności w rozmiarach efektów. Ponadto przeprowadziliśmy różne analizy moderatorów, aby lepiej zrozumieć źródła obserwowanych wariacji (np. płeć, wyniki jakości badania, typ wielkości efektu). Na koniec dokładnie przeanalizowaliśmy wszystkie uwzględnione badania i wybraliśmy najbardziej niezależne efekty badań, aby uniknąć nakładania się pod względem regionu geograficznego i lat objętych każdym badaniem.

Podsumowanie

Pomimo różnic między naszym badaniem a innymi, nasze wyniki wzmocniają powiązania między gaszeniem pożarów a rakiem. Ta grupa zawodowa mierzy się z wieloma unikalnymi zagrożeniami i ekspozycjami oraz z coraz większą liczbą badań wykorzystujących wysokiej jakości projekty badawcze, takie jak trwające Krajowe Rejestry Strażaków (67) oraz Studium Zdrowia Zawodowych Strażaków (68), jest potrzebny, aby zbadać, jak te ekspozycje wpływają na ryzyko raka. Ponadto potrzebne są przyszłe badania kohortowe, które uwzględniają istotne czynniki zakłócające i wykorzystują ekspozycję podłużną do dokumentowania częstotliwości, czasu

trwania i intensywności ekspozycji. Dalsze ulepszania środków ochrony osobistej, przestrzegania środków bezpieczeństwa w straży pożarnej oraz polityki i ustawodawstwa ochronne są niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa strażakom (68).

Oświadczenie o dostępności danych

Oryginalne wkłady przedstawione w badaniu zostały uwzględnione w artykule/[Materiały uzupełniające](#). Dalsze zapytania można kierować do autora korespondencyjnego.

Wkład autorów

Wszyscy wymienieni autorzy wnieśli istotny, bezpośredni i intelektualny wkład w dzieło oraz zatwierdzili je do publikacji.

Finansowanie

Badanie to zostało wsparte ze środków z Florida State Appropriation #2382A (<https://umiamihealth.org/sylvester-comprehensive-cancer-center/research/firefighter-cancer-initiative>). Badania opisane w tej publikacji były również wspierane przez National Cancer Institute of the National Institutes of Health w ramach Nagrody numer P30CA240139. Fundator nie miał żadnej roli w opracowaniu protokołu do badania. Treść jest wyłącznie odpowiedzialnością autorów i niekoniecznie odzwierciedla oficjalne poglądy Narodowych Instytutów Zdrowia. Dane użyte w tym raporcie zostały zebrane przez Biuro Straży Pożarnej Florydy oraz Florida Cancer Data System (FCDS), ogólnostanowy rejestr nowotworów finansowany przez Departament Zdrowia Florydy (DOH) oraz Narodowy Program Rejestrów Raka (CDC-NPCR) Centers for Disease Control and Prevention.

Podziękowania

Autorzy pragną podziękować stanowi Floryda oraz swoim kolegom strażakom za ich nieustające wsparcie i nieustający wkład w Firefighter Cancer Initiative w Sylvester Comprehensive Cancer Center. Chcemy również podziękować Stevenowi Peace'owi z Florida Cancer Data System za jego fachowe wsparcie dotyczące kodowania raka i zmian w czasie.

Konflikt interesów

Autorzy twierdzą, że badania przeprowadzono w braku jakichkolwiek relacji handlowych lub finansowych, które mogłyby być uznane za potencjalny konflikt interesów.

Nota wydawcy

Wszystkie twierdzenia wyrażone w tym artykule są wyłącznie zastrzeżeniami autorów i niekoniecznie odzwierciedlają twierdzenia ich organizacji powiązanych ani wydawcy, redaktorów i recenzentów. Każdy produkt, który może być oceniany w tym artykule lub twierdzenie przedstawione przez producenta, nie jest gwarantowany ani poparty przez wydawcę.

Zastrzeżenie autora

Wyrażone tutaj opinie są wyłącznie poglądami autora (autorów) i niekoniecznie odzwierciedlają stanowiska DOH lub CDC-NPCR.

Materiały uzupełniające

Materiały uzupełniające do tego artykułu można znaleźć online pod adresem: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fonc.2023.1130754/full#supplementary-material>

Bibliografia

1. Stec AA, Dickens KE, Salden M, Hewitt FE, Watts DP, Houldsworth PE i inni. Narażenie zawodowe na wielocykliczne węglowodory aromatyczne oraz podwyższona zachorowalność na nowotwory u strażaków. *Sci Rep* (2018) 8(1):2476. DOI: 10.1038/S41598-018-20616-6
2. Barros B, Oliveira M, Morais S. Markery biologiczne zagrożenia moczowego u strażaków. *Adv Clin Chem* (2021) 105:243–319. DOI: 10.1016/BS.AC.2021.02.004
3. Goodrich JM, Jung AM, Furlong MA, Beitel S, Littau S, Gulotta J i inni. Powtórz pomiary metylacji DNA w kohorcie strażaków inceptyjnych. *Occup Environ Med* (2022) 79(10):656–63. DOI: 10.1136/OEMED-2021-108153
4. Grupa robocza IARC. Malowanie, gaszenie pożarów i praca na zmiany. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* (2010) 98:9–764.
5. Demers PA, DeMarini DM, Fent KW, Glass DC, Hansen J, Adetona O i inni. Rakotwórczość narażenia zawodowego jako strażak. *Lancet Oncol* (2022) 23(8):985–6. DOI: 10.1016/S1470-2045(22)00390-4
6. LeMasters GK, Genaidy AM, Succop P, Deddens J, Sobeih T, Barriera-Viruet H i inni. Ryzyko raka wśród strażaków: przegląd i metaanaliza 32 badań. *J Occup Environ Med* (2006) 48(11):1189–202. DOI: 10.1097/01.jom.0000246229.68697.90
7. Jalilian H, Ziaei M, Weiderpass E, Rueegg CS, Khosravi Y, Kjaerheim K. Częstość i śmiertelność nowotworów wśród strażaków. *Int J Cancer* (2019) 145(10):2639–46. DOI: 10.1002/IJC.32199
8. Soteriades ES, Kim J, Christophi CA, Kales SN. Częstość występowania nowotworów i śmiertelność wśród strażaków: nowoczesny przegląd i metaanaliza. *Asian Pac J Cancer Prev* (2019) 20(11):3221–31. doi: 10.31557/APJCP.2019.20.11.3221
9. Laroche E, L'Espérance S. Częstość i śmiertelność nowotworów wśród strażaków: przegląd przeglądów systematycznych epidemiologicznych. *Int J Environ Res Public Health* (2021) 18(5):2519. DOI: 10.3390/ijerph18052519
10. Glass DC, Del Monaco A, Pircher S, Vander Hoorn S, Sim MR. Śmiertelność i zachorowanie na raka wśród australijskich strażaczek. *Occup Environ Med* (2019) 76(4):215–21. DOI: 10.1136/OEMED-2018-105336
11. Bigert C, Martinsen JI, Gustavsson P, Sparén P. Częstość zachorowań na raka wśród szwedzkich strażaków: rozszerzona kontynuacja badania NOCCA. *Int Arch Occup Environ Health* (2020) 93(2):197–204. DOI: 10.1007/s00420-019-01472-X
12. Lenahan P, Gochfeld M, Meng Q, Robson M, Fagliano J. 30-letnie badanie zachorowalności na raka wśród strażaków i policjantów w czterech największych gminach New Jersey. (2018). DOI: 10.7282/T3445QP8
13. Marjerrison N, Jakobsen J, Grimsrud TK, Hansen J, Martinsen JI, Nordby KC i inni. Częstość zachorowań na raka w miejscach potencjalnie związanych z narażeniem zawodowym: 58 lat obserwacji strażaków w norweskiej kohorcie straży pożarnej. *Scand J Work Environ Health* (2022) 48(3):210–9. DOI: 10.5271/Sjweh.4009
14. Pinkerton L, Bertke SJ, Yiin J, Dahm M, Kubale T, Hales T i in. Śmiertelność wśród grupy amerykańskich strażaków z San Francisco, Chicago i Filadelfii: aktualizacja. *Occup Environ Med* (2020) 77(2):84–93. DOI: 10.1136/OEMED-2019-105962
15. Webber MP, Singh A, Zeig-Owens R, Salako J, Skerker M, Hall CB i inni. Częstość zachorowalności na raka wśród strażaków mężczyzn narażonych na światowe centrum handlowe i ich nie, w porównaniu z dorosłą populacją mężczyzn w USA: 2001-2016. *Occup Environ Med* (2021) 78(10):707–14. DOI: 10.1136/OEMED-2021-107570

16. Zhao G, Erazo B, Ronda E, Brocal F, Regidor E. Śmiertelność strażaków w Hiszpanii: 10 lat obserwacji. *Ann Work Expo Health* (2020) 64(6):614–21. DOI: 10.1093/annweh/wxaa036
17. Centrum przeglądów i rozpowszechniania. W: *Międzynarodowy prospektywny rejestr przeglądów systematycznych*. PROSPERO: Uniwersytet w Yorku. Dostępne na: <https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>.
18. Begg CB, Mazumdar M. Charakterystyka operacyjna testu korelacji rang dla błędu publikacyjnego. *Biometria* (1994) 50(4):1088–101. DOI: 10.2307/2533446
19. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Błąd w metaanalizie wykryty za pomocą prostego, graficznego testu. *Bmj* (1997) 315(7109):629–34. DOI: 10.1136/BMJ.315.7109.629
20. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein H. *Introduction to meta-analysis*. Chichester, U.K: John Wiley & Sons (2009).
21. Cooper HM, Hedges LV, Valentine JC. *Podręcznik syntezy badawczej*. 2. wydanie. Nowy Jork: Russell Sage Foundation (2009). s. 632.
22. Ma F, Fleming LE, Lee DJ, Trapido E, Gerace TA, Lai H i inni. Śmiertelność wśród zawodowych strażaków na Florydzie, 1972–1999. *Am J Ind Med* (2005) 47(6):509–17. DOI: 10.1002/AJIM.20160
23. Zeig-Owens R, Webber MP, Hall CB, Schwartz T, Jaber N, Weakley J i inni. Wczesna ocena wyników raka u strażaków z Nowego Jorku po atakach z 11 września: obserwacyjne badanie kohortowe. *Lancet* (2011) 378(9794):898–905. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60989-6
24. Glass DC, Del Monaco A, Pircher S, Vander Hoorn S, Sim MR. Śmiertelność i zachorowanie na raka wśród australijskich wolontariuszy-strażaków. *Occup Environ Med* (2017) 74(9):628–38. DOI: 10.1136/OEMED-2016-104088
25. Linacre JM. *Wieloaspektowy pomiar rasch*. 2. wydanie. Chicago: MESA Press (1994). s. 149.
26. Viechtbauer W. Przeprowadzanie metaanaliz w R z pakietem metafor. *J Stat Software* (2010) 36(3):1–48. DOI: 10.18637/jss.v036.i03
27. Hedges LV, Olkin I. *Metody statystyczne do metaanalizy*. Orlando: Academic Press (1985). s. 369.
28. Raudenbush SW. *Analiza rozmiarów efektów: modele o efektach losowych*. W: Cooper H., Hedges L. V., Valentine J. C. (red.), *Podręcznik syntezy badawczej i metaanalizy* (wyd. 2, s. 295–315). Fundacja Russella Sage'a. (2009).
29. Fortes C, de Vries E. Niestoneczne czynniki ryzyka zawodowego czerniaka skórniego. *Int J Dermatol* (2008) 47(4):319–28. DOI: 10.1111/j.1365-4632.2008.03653.x
30. Modenese A, Korpinen L, Gobba F. Ekspozycja na promieniowanie słoneczne i praca na zewnątrz: niedoceniane ryzyko zawodowe. *Int J Environ Res Public Health* (2018) 15(10):2063. DOI: 10.3390/ijerph15102063
31. Guidotti TL. *Ryzyko zdrowotne i zawód strażaka*. Wspólnota Australii: Departament ds. Weteranów (2014). s. 192.
32. Doolan G, Benke G, Giles G. Aktualizacja dotycząca zawodu i raka prostaty. *Asian Pac J Cancer Prev* (2014) 15(2):501–16. doi: 10.7314/APJCP.2014.15.2.501
33. Gan Y, Li L, Zhang L, Yan S, Gao C, Hu S i inni. Związek między pracą zmianową a ryzykiem raka prostaty: przegląd systematyczny i metaanaliza badań obserwacyjnych. *Carcinogeneza* (2018) 39(2):87–97. DOI: 10.1093/carcin/BGX129

34. Guidotti TL. Śmiertelność zawodowa wśród strażaków: ocena związku. *J Occup Environ Med* (1995) 37(12):1348–56. DOI: 10.1097/00043764-199512000-00004
35. IARC. Polichlorowane bifenylole i polibromowane bifenylole. *IARC Monogr Evaluation Ryzyko karcinogenu Hum* (2016) 107:9–500.
36. Paoli D, Giannandrea F, Gallo M, Turci R, Cattaruzza MS, Lombardo F i in. Narażenie na polichlorowane bifenylole i heksachlorobenzen, jakość nasienia oraz ryzyko raka jąder. *J Endocrinol Invest* (2015) 38(7):745–52. DOI: 10.1007/S40618-015-0251-5
37. Mester B, Behrens T, Dreger S, Hense S, Fritschi L. Przyczyny zawodowe raka jąder u dorosłych. *Int J Occup Environ Med* (2010) 1(4):160–70.
38. Beranger R, Le Cornet C, Schuz J, Fervers B. Narażenie zawodowe i środowiskowe związane z guzami komórek rozrodczych jąder: systematyczny przegląd ekspozycji prenatalnych i wieloletnich. *PLoS One* (2013) 8(10):e77130. DOI: 10.1371/journal.pone.0077130
39. Guidotti TL. Ocena przyczynowości nowotworów zawodowych: przykład strażaków. *Occup Med (Londyn)* (2007) 57(7):466–71. DOI: 10.1093/OCCmed/KQM031
40. Morton LM, Slager SL, Cerhan JR, Wang SS, Vajdic CM, Skibola CF i inni. Heterogeniczność etiologiczna wśród podtypów chłoniaka nieziarnicznego: projekt podtypów chłoniaka nieziarnicznego InterLymph. *J Natl Cancer Inst Monogr* (2014) 2014(48):130–44. DOI: 10.1093/jncimonographs/LGU013
41. Loomis D, Guha N, Hall AL, Straif K. Identyfikacja zawodowych rakotwórców: aktualizacja monografii IARC. *Occup Environ Med* (2018) 75(8):593–603. DOI: 10.1136/OEMED-2017-104944
42. Nabors LB, Portnow J, Ammirati M, Brem H, Brown P, Butowski N i in. Nowotwory ośrodkowego układu nerwowego, wersja 2.2014. wyróżnione aktualizacje wytycznych NCCN. *J Natl Compr Canc Netw* (2014) 12(11):1517–23. DOI: 10.6004/JNCCN.2014.0151
43. Rodzic ME, Turner MC, Lavoue J, Richard H, Figuerola J, Kinkl L, i inni. Całe życie narażenie zawodowe na metale i opary spawalnicze oraz ryzyko glejaka: 7-krajowe badanie przypadków i kontroli. *Environ Health* (2017) 16(1):90. DOI: 10.1186/S12940-017-0300-y
44. Navas-Acien A, Pollan M, Gustavsson P, Plato N. Zawód, narażenie na chemikalia oraz ryzyko glejaków i opon mózgowych w Szwecji. *Am J Ind Med* (2002) 42(3):214–27. DOI: 10.1002/ajim.10107
45. Rajaraman P, Stewart PA, Samet JM, Schwartz BS, Linet MS, Zahm SH i inni. Ołów, podatność genetyczna i ryzyko guzów mózgu u dorosłych. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* (2006) 15(12):2514–20. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-06-0482
46. van Wijngaarden E, Dosemeci M. Śmiertelność z raka mózgu i potencjalna ekspozycja zawodowa na ołów: wyniki krajowego badania podłużnej śmiertelności, 1979-1989. *Int J Cancer* (2006) 119(5):1136–44. DOI: 10.1002/IJC.21947
47. Ohgaki H, Kleihues P. Epidemiologia i etiologia glejaków. *Acta Neuropathol* (2005) 109(1):93–108. DOI: 10.1007/S00401-005-0991-y
48. Hulett DM, Bendick M, Moccio SYT. Wzmacnianie włączenia kobiet w strażak pożarnych w USA. *Int J Organizacje Różnorodności Narody Społeczności* (2008) 8(2):189–207. DOI: 10.18848/1447-9532/CGP/v08i02/39562
49. Lee DJ, Koru-Sengul T, Hernandez MN, Caban-Martinez AJ, McClure LA, Mackinnon JA i inni. Ryzyko raka wśród zawodowych strażaków i kobiet na Florydzie: dowody z rejestru

nowotworów strażaków Florydy (1981-2014). *Am J Ind Med* (2020) 63(4):285–99. DOI: 10.1002/ajim.23086

50. Sritharan J, MacLeod J, Harris S, Cole DC, Harris A, Tjepkema M i inni. Nadzór nad rakiem prostaty według zawodu i przemysłu: kanadyjska kohorta zdrowotna i środowiskowa według spisu ludności (CanCHEC). *Cancer Med* (2018) 7(4):1468–78. DOI: 10.1002/CAM4.1358

51. Kirstine Ugelvig Petersen K, Pedersen JE, Bonde JP, Ebbelhoej NE, Hansen J. Długoterminowa kontrola w kierunku zachorowań na raka w grupie duńskich strażaków. *Occup Environ Med* (2018) 75(4):263–9. DOI: 10.1136/OEMED-2017-104660

52. Muegge CM, Zollinger TW, Yiqing S, Wessel J, Monahan PO, Moffatt SM. Nadmierna śmiertelność wśród strażaków Indiany, 1985-2013. *Am J Ind Med* (2018) 1–7. DOI: 10.1002/ajim.22918

53. Kullberg C, Andersson T, Gustavsson P, Selander J, Tornling G, Gustavsson A i in. Częstość zachorowalności na raka wśród strażaków w Sztokholmie 1958-2012: zaktualizowane badanie kohortowe. *Int Arch Occup Environ Health* (2018) 91(3):285–91. DOI: 10.1007/S00420-017-1276-1

54. Petersen KU, Pedersen JE, Bonde JP, Ebbelhoej NE, Hansen J. Śmiertelność w grupie duńskich strażaków; 1970-2014. *Int Arch Occup Environ Health* (2018) 91(6):759–66. DOI: 10.1007/s00420-018-1323-6

55. Harris MA, Kirkham TL, MacLeod JS, Tjepkema M, Peters PA, Demers PA. Nadzór nad ryzykiem raka dla strażaków, policji i sił zbrojnych wśród mężczyzn w kanadyjskiej kohorcie spisowej. *Am J Ind Med* (2018) 61(10):815–23. DOI: 10.1002/ajim.22891

56. Samet JM, Chiu WA, Coglian V, Jinot J, Kriebel D, Lunn RM i in. (autorzy). Monografie IARC: zaktualizowane procedury nowoczesnej i przejrzystej syntezy danych w identyfikacji zagrożeń rakotwórczych. *J Natl Cancer Inst* (Czasopismo Narodowego Instytutu Onkologii) (2020) 112(1):30–7. doi: 10.1093/jnci/djz169

57. Horn GP, Fent KW, Kerber S, Smith DL (autorzy). Hierarchia kontroli zanieczyszczeń w straży pożarnej: przegląd opcji kontroli narażenia w celu zmniejszenia ryzyka raka. *J Occup Environ Hyg* (Czasopismo Higieny Pracy i Środowiska) (2022) 19(9):538–57. doi: 10.1080/15459624.2022.2100406

58. Louzado-Feliciano P, Griffin KA, Santiago KM, Schaefer Solle N, Koru-Sengul T, Grant C i in. (autorzy). Charakterystyka organizacyjna straży pożarnej wiąże się z przestrzeganiem praktyk kontroli zanieczyszczeń w wydziałach straży pożarnej na Florydzie: dowody z inicjatywy dotyczącej raka u strażaków. *J Occup Environ Med* (Czasopismo Medycyny Pracy i Środowiska) (2020) 62(9):

59. Harrison TR, Yang F, Morgan SE, Muhamad JW, Talavera E, Eaton SA i in. (autorzy). Niewidzialne niebezpieczeństwo przenoszenia toksyn na odzież ochronnej (bunker gear): oparta na teorii interwencja mająca na celu zwiększenie dekontaminacji po pożarze w celu zmniejszenia ryzyka zachorowania na raka u strażaków. *J Health Communication* (Czasopismo Komunikacji Zdrowotnej) (2018) 23(12):999–1007. doi: 10.1080/10810730.2018.1535633.

60. Smith TD, DeJoy DM, Dyal MA. Przywództwo transformacyjne ukierunkowane na bezpieczeństwo, motywacja do zachowania bezpieczeństwa oraz stosowanie środków ochrony indywidualnej wśród strażaków. *Saf Sci* (2020) 131. doi: 10.1016/j.ssci.2020.104930.

61. Caban-Martinez AJ, Hughes J, Bator C. Podejście typu „Total Worker Health” do oceny narażenia skóry: doświadczenia z inicjatywy dotyczącej raka u strażaków. *Ann Work Expo Health* (2021) 65(2):143–7. doi: 10.1093/annweh/wxaa066.

62. Hardy T. Zawodowe ryzyko zachorowania na raka u strażaków: rozpoczęcie dyskusji. *J Cancer Educ* (2022) 37(4):1019–25. doi: 10.1007/s13187-020-01914-y.

63. Korre M, Sotos-Prieto M, Kales SN. Przetrwanie w stylu śródziemnomorskim: zmiany stylu życia mające na celu poprawę zdrowia amerykańskiej straży pożarnej. *Front Public Health* (2017) 5:331. doi: 10.3389/fpubh.2017.00331.

64. Caban-Martinez AJ, Schaefer Solle N, Santiago KM, Lee DJ, Koru-Sengul T, Bator CG i in. Wpływ czynników na poziomie organizacyjnym na działania w zakresie badań przesiewowych w kierunku raka w jednostkach straży pożarnej: badanie przekrojowe w ramach inicjatywy Sylwestra dotyczącej raka u strażaków. *Cancer Prev Res (Phila)* (2019) 12(5):335–42. doi: 10.1158/1940-6207.CAPR-18-0496.

65. Daniels RD, Bertke S, Dahm MM, Yiin JH, Kubale TL, Hales TR i in. Zależności ekspozycja-odpowiedź dla wybranych nowotworowych i nienowotworowych skutków zdrowotnych w kohorcie amerykańskich strażaków z San Francisco, Chicago i Filadelfii (1950–2009). *Occup Environ Med* (2015) 72(10):699–706.

66. Kirkeleit J, Riise T, Bjorge T, Christiani DC. Efekt zdrowego pracownika w badaniach nad zapadalnością na nowotwory. *Am J Epidemiol* (2013) 177(11):1218–24. doi: 10.1093/aje/kws373.

67. NIOSH. NFR – trzymajmy się razem. Narodowy Instytut Bezpieczeństwa i Higieny Pracy: Publikacja DHHS (NIOSH) nr 2022-148 (2022).

68. Zeig-Owens R, Singh A, Triplett S, Salako J, Skerker M, Napier A i in. (autorzy). Creation of a career firefighter health investigation cohort: methodology overview (Tworzenie kohorty badań zdrowotnych zawodowych strażaków: przegląd metod). *Am J Ind Med* (2021) 64(8):680–7. DOI: 10.1002/ajim.23266.

Słowa kluczowe: strażacy, metaanaliza, zachorowanie na raka, śmiertelność z nowotworów, badania zawodowe, przegląd

Cytat: Lee DJ, Ahn S, McClure LA, Caban-Martinez AJ, Kobetz EN, Ukani H, Boga DJ, Hernandez D i Pinheiro PS (2023) Ryzyko i śmiertelność nowotworów wśród strażaków: przegląd metaanalityczny. *Front. Onkol.* 13:1130754. doi: 10.3389/fonc.2023.1130754

Otrzymano: 10 stycznia 2023; **Przyjęto:** 26 kwietnia 2023;

Opublikowano: 12 maja 2023.

<https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2023.1130754/full>