

podinsp. dr Ewa Kartasińska
Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji

Ślady kontaktowe – wyzwanie dla biegłych i wymiaru sprawiedliwości

Streszczenie

Dzięki dużej czułości współcześnie stosowanych metod biologii molekularnej badania śladów kontaktowych zaliczamy obecnie do najczęściej wykonywanych w laboratoriach kryminalistycznych. Zarówno biegli z zakresu genetyki sądowej, jak i przedstawiciele wymiaru sprawiedliwości z entuzjazmem przyjmują dynamiczny rozwój technologii badań DNA. Jednak wzrost czułości badań nie tylko oznacza większą możliwość ustalenia sprawcy, lecz także przysparza coraz więcej potencjalnych problemów, z którymi muszą się zmierzyć zarówno biegli, jak i sądy, dla nich bowiem dowód z badań DNA jest często podstawą ustaleń mających istotny wpływ na rozstrzygnięcie sprawy.

Słowa kluczowe: ślad kontaktowy, DNA, genetyka sądowa, transfer wtórny, kontaminacja, czułość

Francuski kryminalistyk Edmond Locard powiedział, że „wszystko pozostawia jakiś ślad...” (Locard, 1937, s. 117). Stwierdzenie to nabiera szczególnego znaczenia w świetle czułości współczesnych badań genetycznych, które uznaje się powszechnie za najbardziej wiarygodną i skuteczną metodę badań kryminalistycznych. Rutynowe badania genetyczne wymagają około 1 ng DNA, co odpowiada w przybliżeniu ok. 167 komórkom (Butler, 2005). Możliwe jest jednak przeprowadzenie badań genetycznych na podstawie ilości mniejszej niż ogólnie przyjęta, tzn. poniżej 0,2 ng DNA (ang. LTDNA – *Low Template DNA*; Caddy, Taylor, Linacre, 2008). Oznacza to, że zaledwie kilka czy kilkanaście niewidocznych gołym okiem komórek wystarcza, aby na podstawie zawartego w nich DNA ustalić, czy istnieje związek podejrzanego z miejscem zdarzenia.

Niewidoczne gołym okiem ślady biologiczne nazywane są zwyczajowo „śladowymi kontaktowymi” (ang. *trace DNA*, *touch DNA*). Ślad taki może świadczyć o tym, że osoba, która go pozostawiła, miała związek z miejscem zdarzenia, np. podejrzany dotykał przedmiotu palcami/dłońmi, czego konsekwencją będzie pozostawienie na nim mieszanek łju i potu, czyli substancji potowo-tłuszczowej (w postaci odwzorowań linii papilarnych). Ślady kontaktowe to także przenoszone bezwiednie z innych części ciała dłońmi niewidoczne, niewielkie ilości substancji biologicznych takich jak wydzielina z nosa lub łzy, ślady naniesione w wyniku obgryzania paznokci czy drapania się (Wickenheiser,

2002, s. 442–445) oraz mikroskopijnej wielkości ślady śliny, która roznosi się drogą kropelkową podczas mówienia, kichania czy kasłania, jak również ślady biologiczne pozostawione na noszonym ubraniu, szczególnie w miejscach mających kontakt ze skórą (mankiety, kołnierze). Źródła pochodzenia DNA w śladach kontaktowych mogą być bardzo różne. Dlatego w ostatnich doniesieniach przyjmuje się, że ślady kontaktowe są to ślady biologiczne, które zawierają niewielką ilość DNA i których źródło jest bliżej nieokreślone (Burrill, Daniel, Frascione, 2019, s. 8–18).

Jedno z najczęściej zadawanych pytań odnośnie do śladów kontaktowych brzmi: ile DNA znajduje się w takim śladzie, jeśli wziąć pod uwagę różne okoliczności jego naniesienia, które najczęściej nie są znane. Jest to o tyle trudne pytanie, że nie każdy kontakt (dotyk) pozostawia wystarczającą ilość DNA, pozwalającą na identyfikację osoby, od której on pochodzi, co znajduje potwierdzenie w wynikach wielu badań. Zespół badaczy z Wielkiej Brytanii (Raymond i in., 2009, s. 136–137) po analizie 252 próbek pobranych ze śladów kontaktowych pozostawionych na różnych przedmiotach w 111 (44%) uzyskał wynik negatywny. W innych rodzajowo badaniach (Lowe i in., 2002, s. 25–34) stwierdzono, że aż 12 z 30 przedmiotów (tj. 40%) w postaci sterylnych próbek trzymanyh w ręku przez 10 sekund zaabsorbowało na swojej powierzchni zbyt mało DNA do przeprowadzenia identyfikacji. Do podobnych wniosków doszli także badacze z Nowej Zelandii (Phipps,

Petricevic, 2007, s. 162–168), którzy zauważyli, że od 51 do 70% osób (w zależności od używanej ręki) nie pozostawiało na przedmiotach – sterylnych próbkach trzymanyh przez 10 sekund – ilości DNA wystarczającej do uzyskania profilu.

W śladach o charakterze kontaktowym może się znajdować od 0 do 169 ng DNA (Daly, Murphy, McDermott, 2012, s. 41–46). Ślady pojedynczych odwzorowań linii papilarnych zawierają od 0,04 do 0,2 ng DNA (Alessandrini, Carle, Tagliabracci, 2002, s. 586–592), co odpowiada ok. 6–30 komórkom. Ślady, które zostały pozostawione przez wielokrotny lub/i długotrwały kontakt z przedmiotem, np. na powierzchni koła kierownicy, blacie, uchwycie kubka, zawierają więcej DNA (Burrill, Daniel, Frascione, 2019, s. 8–18). Pomimo że optimum potrzebne do uzyskania pełnego profilu DNA w większości dostępnych na rynku zestawów służących do amplifikacji wynosi około 1 nanogram (ng), to tzw. profile częściowe można uzyskać na podstawie mniejszej ilości materiału wyjściowego. Wiele laboratoriów stosuje różne techniki mające zwiększyć efektywność wyników uzyskiwanych ze śladów kontaktowych, np. zagęszczenie izolatu DNA do objętości około 10–20 µl, wydłużenie czasu iniekcji na urządzeniu do elektroforezy kapilarnej i zwiększenie tym samym ilości DNA wprowadzanego do kapilary w celu jego wykrycia. Można np. zmniejszyć objętość reakcji amplifikacji (do 12,5–25 µl), co wpływa na poprawienie czułości reakcji, albo zwiększyć liczbę cykli w reakcji PCR. Każde z podjętych działań może spowodować zwiększenie sygnału odczytu na elektroforogramie. Stosując powyższe metody, należy jednak pamiętać że mogą one przysporzyć trudności interpretacyjnych, takich jak występowanie efektu stochastycznego w postaci niepożądanych zjawisk „drop out” (wypadanie alleli), „drop in” (pojawianie się alleli dodatkowych), brak balansu heterozygotycznego czy pojawianie się zbyt wysokich stutterów, które utrudniają interpretację profili DNA (Gill i in., 2000, s. 17–40).

O wielkości i jakości śladu substancji potowo-tłuszczowej pozostawionego na przedmiocie może decydować wiele czynników, takich jak: wiek osoby, która go pozostawia, płeć czy kondycja skóry (np. schorzenia skórne), stan emocjonalny (np. zdenerwowanie i towarzyszące mu pocenie się), przegrzanie organizmu, wykonywanie ciężkiej pracy w wysokiej temperaturze otoczenia, a także spożycie pikantnego posiłku, przyjmowane leki, jak również uwarunkowane genetycznie skłonności do pozostawiania DNA (Kamphausen i in., 2012, s. 179–183). Wiele czynników wpływa też na trwałość przylegania śladu do powierzchni przedmiotu, np. rodzaj powierzchni, na której go pozostawiono (porowate powierzchnie absorbują więcej DNA niż gładkie), warunki środowiskowe, na jakie ślad był narażony (np. temperatura powietrza, wilgotność), a także to, jak długo przedmiot był dotykany, jaka była siła nacisku osoby pozostawiającej ślad, jaki był rodzaj kontaktu (statyczny, dynamiczny), ile czasu upłynęło

od ostatniego mycia rąk, oraz indywidualne upodobania osoby, która pozostawiła ślad, takie jak częste ocieranie czoła, dotykane włosów, wycieranie nosa, tarcie oczu itp. (Wickenheiser, 2002, s. 442–445).

Rozwój technik genetycznych, który stał się ostatnimi laty synonimem innowacji i postępu w dziedzinie kryminalistyki, niesie ze sobą także pewne problemy zarówno natury kryminalistycznej, jak i prawnej. Przede wszystkim zaletą, jaką jest czułość badań genetycznych, jest równocześnie ich ogromną wadą, ponieważ badając ślad kontaktowy, bada się nie tylko materiał biologiczny podejrzanego, lecz także całe „tło”, na którym znajdował się pozostawiony przez niego ślad, a więc również DNA osób, które pozostawiły ślady przed zaistniałym czynem przestępnym, ale nie mają z nim związku. W ten sposób uzyskuje się tzw. profile mieszane DNA (mieszaniny DNA) i pojawia się kolejny poważny problem, a mianowicie określenie liczby osób, których DNA znajduje się w badanej próbce. Fakt ten rzutuje na późniejszą interpretację próbki i ma ogromny wpływ na wynik obliczeń statystycznych. Zbyt duża liczba osób, których DNA znajdzie się w mieszaninie, może utrudnić albo wręcz uniemożliwić całkowicie identyfikację tych, które go pozostawiły.

Kolejnym niepożądanym zjawiskiem wynikającym z właściwości DNA jest możliwość tzw. transferu wtórnego DNA (transferu pośredniego) (van Oorschot i in., 2019, s. 140–166), czyli przeniesienie śladu z jednego miejsca na drugie przez przedmiot (wektor) niezwiązany z czynem przestępnym, np. dłoń. Ponieważ istnieje tendencja do kojarzenia DNA bezpośrednio z przestępstwem, brak zrozumienia jego właściwości transferowych niesie ze sobą duże ryzyko niewłaściwego zinterpretowania przez sąd dowodu z badań DNA. Na możliwość wtórnego przeniesienia DNA z przedmiotu na dłoń po raz pierwszy zwrócili uwagę australijscy naukowcy już w 1997 r., o czym donieśli na łamach prestiżowego czasopisma *Nature* (van Oorschot, Jones, 1997, s. 767). Przeprowadzono wiele doświadczeń potwierdzających istnienie zjawiska transferu wtórnego. Zespół naukowców z Australii (Goray i in., 2010, s. 62–67) zajmujący się tą tematyką wykazał, że zjawisko transferu wtórnego zależy od wielu czynników. Wyniki badań dowodzą, że na transfer wtórny istotny wpływ ma zarówno rodzaj podłoża, jak i wilgotność materiału biologicznego (ślądu). Porowate podłoże i suchy materiał biologiczny zmniejszyły stopień transferu (średnio było przenoszonych tylko 0,36% materiału biologicznego). Około 50–95% materiału biologicznego zostało przeniesione w przypadku podłoża gładkiego, co z kolei wskazuje na fakt, że podłoże takie ułatwia transfer DNA. Dodatkowo tzw. kontakt aktywny (przez tarcie dwóch powierzchni) znacznie zwiększył transfer w porównaniu z kontaktem pasywnym lub kontaktem przez nacisk. Zespół naukowców z Irlandii (Daly, Murphy, McDermott, 2012, s. 41–46) przeprowadził podobne eksperymenty na podłożu szklanym, tkaninie i drewnie. W 10% uzyskali oni próbki mieszanin

DNA o pełnym profilu, w których znajdował się również DNA będący wynikiem transferu wtórnego (profil pełny lub częściowy). Pomimo że autorzy podkreślają, iż w większości przypadków „obcy” DNA jest wynikiem transferu pierwotnego (DNA naniesiony podczas rozmowy, kichania itp.), to zjawisko transferu wtórnego (na poziomie poniżej 0,03 ng/μl) utrudniło analizę DNA osoby, która pozostawiła pierwotny ślad. Na transfer prawdopodobnie będą miały wpływ także właściwości fizyczne i chemiczne podłoża, skład chemiczny i rodzaj włókien tkaniny, ich spłot, grubość, ładunek elektryczny itp. (van Oorschot i in., 2019, s. 140–166).

Badacze zjawiska transferu wtórnego przeprowadzili również doświadczenia symulujące czyny przestępne. W jednej ze spraw kryminalnych została zamordowana kobieta, a jej ciało częściowo spalono. Na piżamie ofiary zabezpieczono DNA jej byłego partnera, który twierdził, że nie kontaktował się z ofiarą ani nie był w jej domu przez kilka miesięcy. Były partner został oskarżony o morderstwo, między innymi na podstawie dowodu z badań DNA. Podczas procesu obrona zaproponowała przeprowadzenie eksperymentów dotyczących wtórnego transferu DNA, które miały symulować sytuację przeniesienia DNA przez ubranie oraz zabawki dziecka na piżamę ofiary, w celu wyjaśnienia obecności DNA oskarżonego na ofierze. Eksperymenty potwierdziły możliwość przeniesienia DNA drogą transferu (na poziomie 13–14% po upływie 24 godzin) (Goray, Mitchell, van Oorschot, 2012, s. 40–46). W innym doświadczeniu uczestnicy przez dwa kolejne dni użytkowali noże w celu symulacji sytuacji regularnego użycia. Każdy uczestnik doświadczenia następnie przez 10 sekund ścisnął dłoń innej osoby i natychmiast przez 60 sekund kilkakrotnie dźgał nożem w blok piankowy. Później od poszczególnych par uczestników zbierano DNA z rękojeści noży, w różnych odstępach czasu: bezpośrednio po ich użyciu, po jednej godzinie, po jednym dniu i po tygodniu. Całkowite ilości DNA uzyskane z noży regularnie używanych przez jedną osobę były zróżnicowane (uzyskano zarówno pełne profile DNA, jak i profile częściowe), a ilość odzyskanego DNA malała wraz z upływem czasu. Ilość DNA przeniesionego w wyniku transferu można było oznaczyć jako komponent mniejszościowy na poziomie około 10% profilu dominującego (Meakin i in., 2017, s. 38–47). Z kolei podczas eksperymentów dotyczących śladów kontaktowych przeprowadzanych w Centrum Nauk Sądowych odnotowano, że na niektórych dotykanych przedmiotach zidentyfikowano profile osób bliskich uczestników badań, a niemających kontaktu z badanym przedmiotem (Stępień, 2018). W ramach innych testów pary ochotników poproszono o trzymanie się za dłonie przez mniej więcej 2 minuty, po czym każdy z uczestników miał chwycić noż. W 85% przypadków partnera zidentyfikowano jako „współsprawcę”, a w pozostałych 25% jego DNA był głównym lub jedynym oznaczonym (Cale i in., 2016, s. 196–203).

W 2012 r. bezdomny Lukis Anderson na podstawie dowodu z badań DNA został oskarżony o zabójstwo multimilionera Raveesha Kumry w Kalifornii. Pod paznokciami ofiary bowiem znaleziono niewielką ilość jego DNA. Okazało się, że Anderson nie mógł być sprawcą zabójstwa, gdyż miał niepodważalne alibi. W momencie popełnienia przestępstwa, pijany do nieprzytomności, był hospitalizowany z powodu zatrucia alkoholem. Należy zatem zadać pytanie, w jaki sposób jego DNA znalazł się przy ofierze. Okazało się, że medycy, którzy udzielali mu pomocy, kilka godzin później interweniowali na miejscu zabójstwa i to oni pozostawili jego DNA (Lee, 2013).

Kolejnym problemem związanym z badaniem niewielkich ilości DNA jest zjawisko kontaminacji, czyli transfer DNA po zdarzeniu przestępnym i niemający z nim związku (Gill, 2002, s. 366–385). Obecna czułość zestawów do profilowania DNA sprawia, że bardzo trudno jest zapobiec temu zjawisku, zwłaszcza kiedy uświadomimy sobie, że podczas około 30-sekundowej rozmowy DNA roznosi się drogą kropelkową na odległość do 115 cm (Port i in., 2006, s. 157–163), a podczas kichania – nawet do 8 m (Lok, 2016, s. 24–26). Kontaminacja jest często powodem błędów w interpretacji wyników badań genetycznych i źródłem pomyłek sądowych (Kloosterman i in., 2014, s. 77–85). Będący efektem kontaminacji DNA może maskować DNA pochodzący z miejsca przestępstwa, co w konsekwencji może doprowadzić do błędnego rozstrzygnięcia sprawy albo uniemożliwić identyfikację śladu. Kontaminacja może wystąpić zarówno w fazie zabezpieczenia dowodów rzeczowych na miejscu zdarzenia, ich pakowania, przechowywania i transportu, jak i na etapie badań laboratoryjnych. Możliwymi źródłami zanieczyszczenia obcym DNA mogą być też osoby biorące udział w produkcji materiałów eksploatacyjnych, przedstawiciele organów ścigania obecni na miejscu zdarzenia lub ratownicy medyczni; może także dojść do kontaminacji pomiędzy dowodami rzeczowymi lub próbkami w laboratorium (Pickrahn i in., 2017, s. 12–18). Takich przypadków nie da się uniknąć, ale stosowane są procedury mające na celu zminimalizowanie tego niepożądanego zjawiska oraz monitorowanie go (Basset, Castella, 2019, s. 12–18). Kilka lat temu w Niemczech ten sam profil DNA o żeńskim genotypie zidentyfikowano w ponad 30 śladach w różnych miejscach zdarzeń, w tym także w sprawie zabójstwa policjantki z Heilbronn. Prawdziwym powodem powtarzania się tego samego profilu w próbkach była kontaminacja wymazówek użytych do zabezpieczania śladów DNA przez kobietę pracującą w fabryce przy ich produkcji (Neuhuber i in., 2009, s. 145–146). Naukowcy wykazują rosnącą liczbę takich przypadków na przykładzie Wydziału Śladów Biologicznych Instytutu Kryminalistyki w Holandii, gdzie kontaminacja DNA personelu laboratoryjnego kształtowała się na poziomie od 21 do 53 przypadków w latach 2008–2011 (Kloosterman i in., 2014, s. 77–85). Badacze z Zakładu Medycyny

Sądowej z Uniwersytetu w Salzburgu w Austrii wykryli w ciągu ostatnich 17 lat w sumie aż 347 przypadków zanieczyszczenia spowodowanych przez funkcjonariuszy policji (Pickrahn i in., 2017, s. 12–18). Z kolei naukowcy z Centrum Medycyny Sądowej Uniwersytetu w Lozannie w Szwajcarii (FGU) zanotowali spadek przypadków kontaminacji w laboratorium o 70% po wdrożeniu dodatkowych procedur antykontaminacyjnych. Wpływ na to miały między innymi: automatyzacja procesu izolacji standardowych śladów, zakaz wnoszenia do pomieszczeń laboratoryjnych przedmiotów z zewnątrz, np. długopisów, telefonów komórkowych itp., stosowanie podwójnych rękawiczek, częste zmienianie fartuchów jednorazowych i stosowanie zasady, że osoba pobierająca próbki do badań nie wykonuje innych czynności, np. obsługi aparatu fotograficznego, itp. (Basset, Castella, 2019, s. 12–18).

Na wyżej przedstawionych przykładach widać, że analiza DNA i dowodu z jego badań może przysporzyć wielu problemów. Co więcej, „niektórzy przekonują przedwcześnie, że świat badań DNA jest całkiem jednoznaczny i ostatecznie uporządkowany. Wyrażają to w kuriozalnych poglądach, jakoby ten dowód był tak absolutnie pewny, że aż nie powinien podlegać swobodnej ocenie sądu (art. 7 k.p.k.)” (Gurgul, 2009, s. 134–140). Analiza DNA to dziś podstawowe i niezwykle skuteczne narzędzie identyfikacji przestępców, lecz wraz z ciągłym wzrostem czułości używanych metod analitycznych wzrasta też margines błędu. Błąd popełnia zazwyczaj badający materiał genetyczny i zabezpieczający materiał dowodowy człowiek. Co więcej, nie tylko biegli genetycy, ale przede wszystkim technicy policyjni, prokuratorzy, adwokaci i, co najważniejsze, sędziowie (bo to oni mają ostatnie i decydujące „słowo”) muszą przyzwyczaić się do nowego spojrzenia na dowód z badań DNA. Sceptycyzm i powściągliwość musi zastąpić entuzjazm i stuprocentową pewność, iż DNA jest bezspornym dowodem bezpośredniego kontaktu. Niektórzy prokuratorzy oraz sędziowie, ostatecznie oceniający dowody z badań genetycznych, mają często wiedzę w tej dziedzinie niestety niewystarczającą i wciąż pokutuje mit dowodu z badań DNA jako dowodu idealnego. Istnieje zatem obawa, że postęp technologii badań DNA paradoksalnie niekoniecznie przełoży się na eliminowanie pomyłek sądowych, a konieczność oceny coraz bardziej złożonych i skomplikowanych kwestii, np. zjawiska wtórnego transferu DNA czy kontaminacji, może być przyczyną zwiększenia liczby popełnianych błędów. Warto też zwrócić uwagę na fakt, że w odniesieniu do badań DNA na salach sądowych coraz częściej zadawane jest pytanie nie kto pozostawił ślad kontaktowy, ale jak i kiedy znalazł się on na miejscu zdarzenia. Wyżej przedstawione zagadnienia pokazują, że odpowiedź na to pytanie nie jest wcale taka oczywista.

Bibliografia

1. Alessandrini, F., Carle, F., Tagliabracci, A. (2002). Fingerprints as evidence for genetic profile: Morphological study on fingerprints and analysis of exogenous and individual factors affecting DNA typing. *Journal of Forensic Sciences*, 48(3).
2. Basset, P., Castella, V. (2019). Positive impact of DNA contamination minimization procedures taken within the laboratory. *Forensic Sciences International: Genetics*, 31.
3. Burrill, J., Daniel, B., Frascione, N. (2019). A review of trace “Touch DNA” deposits: Variability factors and an exploration of cellular composition. *Forensic Sciences International: Genetics*, 39.
4. Butler, J.M. (2005). *Forensic DNA Typing: Biology, Technology and Genetics of STR Markers*. Amsterdam–New York: Elsevier Academic Press.
5. Caddy, B., Taylor, G., Linacre, A. (2008). A review of the science of low template DNA analysis, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/117556/Review_of_Low_Template_DNA_1.pdf (dostęp 12.06.2019).
6. Cale, C.M., Earll, M.E., Latham, K.E., Bush, G.L. (2016). Could secondary DNA transfer falsely place someone at the scene of a crime? *Journal of Forensic Sciences*, 61(1).
7. Daly, D.J., Murphy, C., McDermott, S.D. (2012). The transfer of touch DNA from hands to glass, fabric and wood. *Forensic Sciences International: Genetics*, 6(1).
8. Gill, P. (2002). Role of short tandem repeat DNA in forensic casework in the UK – past, present, and future perspectives. *Biotechniques*, 32(2).
9. Gill, P., Whitaker, J., Flaxman, C., Brown, N., Buckleton, J. (2000). An investigation of the rigor of interpretation rules for STRs derived from less than 100 pg of DNA. *Forensic Science International*, 112.
10. Goray, M., Eken, E., Mitchell, R.J., van Oorschot, R.A.H. (2010). Secondary DNA transfer of biological substances under varying test conditions. *Forensic Science International: Genetics*, 4.
11. Goray, M., Mitchell J.R., van Oorschot, R.A.H. (2012). Evaluation of multiple transfer of DNA using mock case scenarios. *Legal Medicine*, 14.
12. Gurgul J. (2009). Recenzja książki Wojciecha Branickiego, Tomasza Kupca i Pauliny Wolańskiej-Nowak, *Badania DNA dla celów sądowych*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych w Krakowie, Kraków 2008. *Prokuratura i Prawo*, 3.
13. Kamphausen, T., Schadendorf, D., Wurmb-Schwark, N., Poetsch, M. (2012). Good shedder or bad shedder – the influence of skin diseases on forensic DNA analysis from epithelial abrasions. *International Journal of Legal Medicine*, 126.
14. Kloosterman, A., Sjerps, M., Quak, A. (2014). Error rates in forensic DNA analysis: Definition, numbers, impact and communication. *Forensic Sciences International: Genetics*, 12.

15. Lee, H.K. (2013). How innocent man's DNA was found at killing scene, <https://www.sfgate.com/crime/article/How-innocent-man-s-DNA-was-found-at-killing-scene-4624971.php> (dostęp 12.06.2019).
16. Locard, E. (1937). *Dochodzenie przestępstw według metod naukowych*. Łódź: Księgarnia Powszechna.
17. Lok, C. (2016). The snot-spattered experiments that show how far sneezes really spread. *Nature*, 534.
18. Lowe, A., Murray, C., Whitaker, J., Tully, G., Gill, P. (2002). The propensity of individuals to deposit DNA and secondary transfer of low level DNA from individuals to inert surfaces. *Forensic Science International*, 129(1).
19. Meakin, G.E., Butcher, E.V., van Oorschot, R.A.H., Morgan, R.M. (2017). Trace DNA evidence dynamics: An investigation into the deposition and persistence of directly- and indirectly-transferred DNA on regularly-used knives. *Forensic Science International: Genetics*, 29.
20. Neuhuber, F., Dunkelmann, B., Höckner, G., Kiesslich, J., Klausriegler, E., Radacher, M. (2009). Female criminals – it's not always the offender!. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 21.
21. Phipps, M., Petricevic, S. (2007). The tendency of individuals to transfers to a handled items. *Forensic Science International*, 168(2–3).
22. Pickrahn, I., Kreindl, G., Müller, E., Dunkelmann, B., Zahrer, W., Cemper-Kiesslich, J., Neuhuber, F. (2017). Contamination incidents in the pre-analytical phase of forensic DNA analysis in Austria – Statistics of 17 years. *Forensic Science International: Genetics*, 31.
23. Port, N.J., Bowyer, V.L., Graham, E.A., Batuwangala, M.S., Rutty, G.N. (2006). How long does it take a static speaking individual to contaminate the immediate environment?. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 2(3).
24. Raymond, J.J., van Oorschot, R.A.H., Gunn, P.R., Walsh, S.J., Roux, C. (2009). Trace DNA success rates relating to volume crime offenders. *Forensic Science International. Genetics Supplement Series*, 2(1).
25. Stępień, S. (2018). Mit dowodu ostatecznego. Badania DNA wcale nie są nieomyłne. *Newsweek*, 4 listopada, <https://www.newsweek.pl/wiedza/mit-dowodu-ostatecznego-badania-dna-wcale-nie-sa-nieomylne/7t7kxz2> (dostęp: 11.06.2019).
26. van Oorschot, R.A.H., Jones, M.K. (1997). DNA fingerprints from fingerprints. *Nature*, 387.
27. van Oorschot, R.A.H., Szkuta, B., Meakin, G.E., Kokshoorn, B., Goray, M. (2019). DNA transfer in forensic science: A review. *Forensic Science International: Genetics*, 38.
28. Wickenheiser, R.A. (2002). Trace DNA: A review, discussion of theory and application of the transfer of DNA through skin contact. *Journal of Forensic Sciences*, 47(3).