



CORRELATION OF SYMPTOMS REGISTERED DURING BLOOD COLLECTION FROM DRIVERS WHO TESTED POSITIVE FOR Δ^9 -TETRAHYDROCANNABINOL (THC)

Wojciech LECHOWICZ , Joanna GIEROŃ

Institute of Forensic Research, Kraków, Poland

Abstract

The impact of marijuana on road safety has been the subject of many debates over the years. These debates have intensified in recent years due to initiatives carried out in several jurisdictions aimed at marketing medical cannabis. According to Polish forensic toxicologists, road safety is a key issue, especially following the conferences in November 2012 in Kraków and in 2013 in Augustów (Gieroń et al., 2013), Poland, on the determination of appropriate concentration thresholds. These thresholds, defining the limit for the ‘after use’ and ‘under the influence’ conditions, are still not unambiguous or easy to determine for the Polish government. An unambiguous assessment of the impact of a given concentration of blood THC on psychomotor performance is very difficult, and will remain so in the foreseeable future. This study used 107 randomly selected blood collection protocols, with 10 protocols for each THC concentration ranging from 1 to 10 ng/ml, on the basis of which thirteen features related to the external appearance and behaviour of the tested individuals were analysed. These features were: facial skin (pale, normal or red), slurred speech, mood and behaviour (cheerful, talkative, rowdy or reticent), heart rate, pupils (normal, dilated or contracted), reaction of pupils to light, the Romberg test, the finger-to-nose test, picking up objects from the ground and awareness of time and place. Five of the thirteen features related to the appearance and behaviour of the respondents showed no abnormalities (gait, the Romberg test, the finger-to-nose test, picking up objects from the ground, and awareness of time and place).

The study found that the symptoms observed and recorded in the protocols are insufficient to make a decision about the impact of THC on psychomotor performance. The characteristic symptoms (cheerfulness and talkativeness) occurred no more frequently than in 3 out of 10 of the concentrations tested.

Keywords

THC; Marijuana; Impairment; Symptoms.

Received 23 August 2022; accepted 13 September 2022

Introduction

The assessment of psychomotor ability is a key factor required to determine driver’s liability in the case of a car accident and, from a broader perspective, to establish a traffic safety policy. This is undoubtedly an interdisciplinary topic that combines aspects of vehicle engineering and equipment with the organisation and work of traffic control services, as well as medical and forensic investigations. A special concern is the

assessment of drivers who are under the influence of psychoactive substances, including alcohol. In such cases, data is collected based on motor tests, epidemiological analyses and routine inspections. The motor tests performed as part of populational studies are often conducted with different sample sizes, procedures and age groups, and do not include any related toxicological assessments. This makes the results difficult to meta-analyse, while their usually low amount means that the statistical significance for a meta-analysis is

only reached after many years. In addition to motor tests, epidemiological studies are conducted in order to assess the danger associated with driving a vehicle under the influence of alcohol and other substances with a similar effect. The collected data becomes more valuable when more observations are conducted. However, it should be noted that each observation involves human costs, i.e. disorders, disabilities and fatalities, as well as a substantial expenditure for the state budget.

Researchers have attempted to fill the gap between the motor and epidemiological data with observations of drivers detained for inspections which, from a legal sense, constitute a decisive factor in court verdicts concerning the condition of a driver. This approach has been incorporated into the judgments issued by the Supreme Court (SC) in Poland, which stipulates taking such observations into account (Wyrok Sądu Najwyższego, 2014).

Among all psychoactive substances, marijuana is the one that is most frequently confiscated by law enforcement agencies (Raport EMCDDA, 2021). This makes the active ingredient of marijuana, THC, the most common psychoactive substance detected in the blood of drivers. According to reports from the Institute of Forensic Research in Kraków, Poland, one in three drivers detained by the police due to the suspected use of a substance similar in effect to alcohol showed markers in their blood that indicated an intake of marijuana or hashish, i.e. THC and THCCOOH. Due to conflicting opinions between toxicologists and the theoreticians of law concerning the value of observations for determining a driver's psychophysical condition following the use of marijuana, it is worth analysing data found in the protocols describing the symptoms of intoxication with cannabis products.

The intensity of the symptoms and psychomotor disorders caused by the known pharmacological properties of cannabis depends on the amount of marijuana or hashish that has been consumed. Over time, as the psychoactive ingredients are removed from the body, fewer symptoms correlated with THC are observed. According to the International Classification of Diseases and Related Health Problems (Definition ICD-11, 220 6C41.3), cannabis intoxication is a clinically significant transient condition that develops during or shortly after the consumption of cannabis that is characterised by disturbances in consciousness, cognition, perception, affect, behaviour or coordination (WHO, 2022).

The primary symptoms of cannabis intoxication are: euphoria, impaired attention, impaired judgment, perceptual alterations (such as the sensation of floating,

altered perception of time), changes in sociability, increased appetite, anxiety, intensification of ordinary experiences, impaired short-term memory and sluggishness. Physical symptoms may include conjunctival injection (red or bloodshot eyes), absence of a reaction to light, dilated or constricted pupils (the latter symptom is less common), reddening of the facial skin and an increased heart rate and/or tachycardia. Cannabis use has also been shown to disturb the cognitive functions on multiple levels, from basic hand-eye coordination to more complex executive tasks, such as planning, problem solving, decision making, emotional and behavioural control, and memory. Usually however, only a few of the aforementioned symptoms are observed. The same blood THC concentration in different individuals may also cause different behaviours due to personal variability, THC tolerance and interactions with other xenobiotics. Thus, the symptoms of using cannabis products are not specific enough to enable a reliable interpretation.

The aforementioned conflicting opinions of experts are reflected in the subject literature, where no consensus has been reached regarding how useful, if at all, the symptoms observed during blood collection (i.e. at a later time than driving a vehicle) can help in determining the degree of a driver's psychomotor impairment.

In order to resolve this particular issue, i.e. to determine whether such observations can be reliably used to indicate an impairment of the driving ability in a specific individual, in this study the correlations between the symptoms registered in blood collection protocols and the concentration of the marker indicating the use of cannabis products, i.e. THC, were investigated.

Material and methods

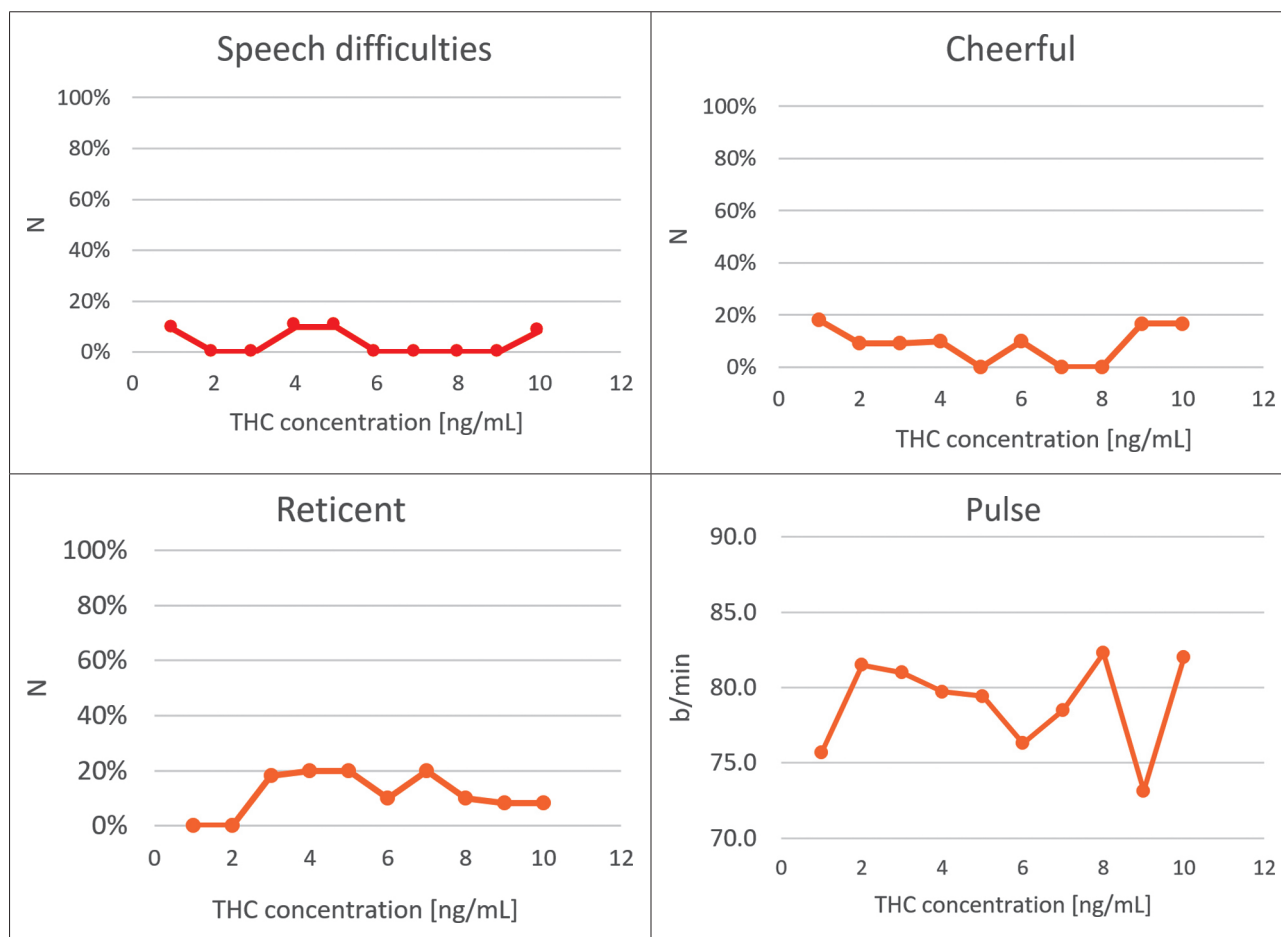
Blood samples from drivers detained by the police for routine inspections were collected in hospital emergency wards by the on-duty medical personnel. The observations were recorded in blood collection protocols, in the appropriate fields related to a given driver's parameters. The research material was comprised of 107 randomly-selected protocols of drivers who tested positive exclusively for the presence of cannabinoids. The data analysis was based on at least 10 protocols, for each whole-blood THC concentration ranging from 1 to 10 ng/mL at 1 ng/mL intervals. A total of 13 features concerning the drivers' appearance and behaviour were analysed, in particular: facial skin (pale, normal or red), slurred speech, mood and behaviour

(cheerful, talkative, rowdy or taciturn), heart rate, pupils (normal, dilated or constricted), reaction of the pupils to light, gait, the Romberg test, the finger-to-nose test, picking up objects from a group, and the awareness of time and place. Information about the time of the intake of marijuana, as well as the time of detainment for the inspection prior to the blood collection, was not recorded for the analysed cases. It was also unknown whether the marijuana was only consumed by smoking, or by smoking and ingesting the products containing it. Only the concentration of THC and its metabolite (THCCOOH) was determined. The analysis was conducted using the screening method, i.e. the enzyme-linked immunosorbent array, ELISA (where the cut-off point for cannabinoids is a THCCOOH concentration of 5 ng/mL). The results were confirmed using the methods described by Lechowicz et al. (2017), including liquid or gas chromatography coupled with mass spectrometry (HPLC-MS/MS or GC-MS). The limit of quantification with both methods was 1 ng/mL of the whole-blood THC and 5 ng/mL of THCCOOH, in accordance with the Regulation of the Minister of Health of 16 July 2014 on the list of agents with an

effect similar to alcohol and the conditions and methods of testing for their presence in the body. The methods designed and applied for cannabinol testing were validated with the Valistat v. 1.0 software, which is used to validate analytical methods in forensic toxicology. The reliability of the performed analyses was confirmed by the results of the BTMF Drugs in Serum interlaboratory tests, organised by ARVECON. In addition to the blood tests, a reference material was analysed for the presence of cannabinoids (STUP A; ACQ Science), which obtained consistent results. The ratio of the number of symptoms indicating an impairment and the total number of times that a given symptom was observed (e.g. dilated pupils) was calculated for each concentration and expressed as a percentage.

Results

The relationship between the number of times that a given symptom was observed (%) and the THC concentration was determined for the features relevant for the assessment of a driver’s psychomotor condition.



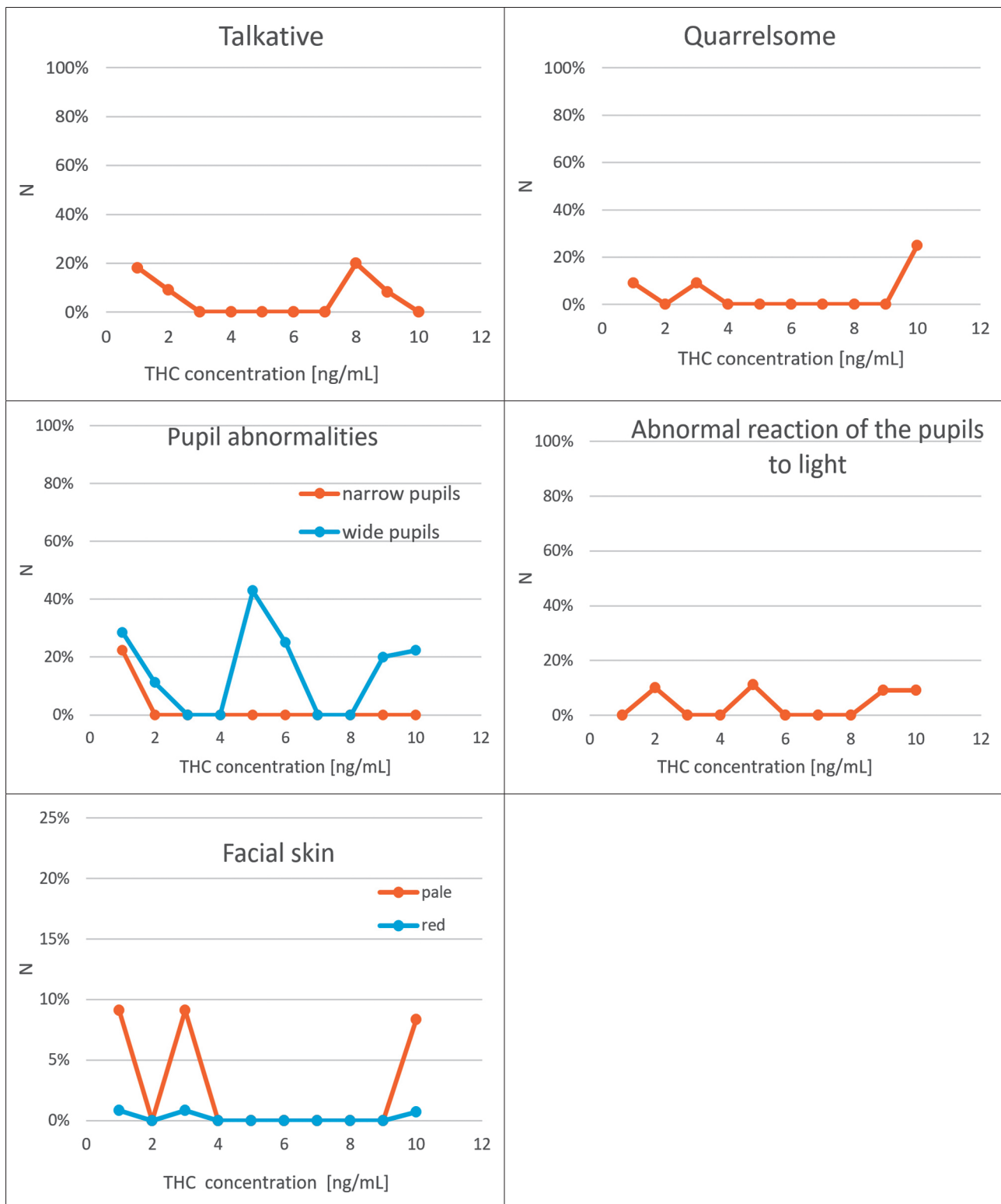


Fig. 1. Symptoms of the tested drivers recorded in the blood collection protocols (slurred speech, cheerful, reticent, talkative, rowdy, heart rate, pupil abnormalities, abnormal reaction of the pupils to light, and facial skin).

The obtained values are shown in Figure 1. Five of the thirteen features related to a driver's appearance and behaviour listed in the protocols showed no abnormalities in any of the analysed concentration ranges. These five features were: gait, the Romberg test, the finger-to-nose test, picking up objects from the ground, and the awareness of time and place. No charts were plotted for these features (variables).

For the slurred speech variable, only 10% of cases showed an abnormality (10% for a concentration of 4–5 ng/ml, and about 10% again for concentrations of 1 and 10 ng/mL). The same percentage (about 10%) was observed for rowdiness at a concentration of 1, 3 and 9 ng/mL and for reddened facial skin at a concentration of 1, 3 and 10 ng/mL. These results were accompanied by similar changes in the reaction of the pupils to light. Abnormalities were found in 10% of cases at THC concentrations of 2, 5, 9 and 10 ng/mL. Dilated pupils were observed in 43% of cases with a THC concentration of 5 ng/mL and in 25% of cases with a THC concentration of 6 ng/mL. For small concentrations, including 1 and 2 ng/mL of THC, and for concentrations above 8 ng/mL, dilated pupils were observed in 29%, 11% and about 20% of the tested drivers, respectively. In turn, constricted pupils were observed in 20% of cases with a THC concentration of 1 ng/mL. Reticeance was much more prevalent (about 20%) than talkativeness, but only for concentrations above 2 ng/mL. Heart rate did not show any statistical differences between the THC concentrations. These results indicate that symptoms such as talkativeness, rowdiness and reddened facial skin may occur at both low and high concentrations of blood THC. Nonetheless, the prevalence of reticeance and inappropriate cheerfulness (behavioural disorders) did not exceed 20%, regardless of the blood THC concentration. Only dilated pupils (a perceptive disorder) showed significant differences depending on the concentration. However, the relationship was not linear.

Discussion

According to the aforementioned ICD definition (WHO, 2022), the presence of two or more symptoms such as vitreous conjunctiva, increased appetite, dry mouth or tachycardia occurring within two hours after the intake of cannabis indicates intoxication. However, it should be stressed that these symptoms alone are not specific enough to reliably indicate the consumption of marijuana or a similar narcotic substance, and that regular users often do not show any symptoms at low concentrations of blood THC. The

presence of the symptoms, or the lack thereof, is related to the individual tolerance to cannabis products, which is strongly affected by the dosage and frequency of use. Furthermore, the external symptoms may disappear at different rates along with the development of tolerance. This fact was confirmed in a study conducted by Gorelick et al. (2013), which demonstrated that after six days of taking a high dose of cannabis (40–120 mg THC per day), the subject developed tolerance that reduced the external symptoms of intoxication, but did not eliminate the cardiological effects of THC (reduced blood pressure and increased heart rate). In addition, other factors that may affect the results should be taken into account, i.e. other psychoactive substances present in the blood. The dose of THC can also be correlated with the degree of psychomotor impairment. However, the duration of the impairment differs between sporadic and regular users, as with the occurrence of external symptoms (Arkell et al., 2020; Ramaekers, Mason, Kloft, Theunissen, 2021). Significant differences were also found between the degree of intoxication or the experienced effect (the 'high') and the THC concentration or dose, for both smoking and ingesting cannabis products (Ramaekers et al., 2021).

All of the aforementioned variables (dose and duration of the effects and intoxication) are associated with the observed symptoms, which in turn directly affect the degree of psychomotor impairment. A high THC concentration has a significant effect on the body. A low, but not a trace, THC concentration (below 1.0 ng/mL) is a reliable sign of use. Ramaekers et al. conducted a study on the effects of cannabis smoking (cigarettes with a 13% THC content, smoked at a dosage of 500 mg of THC/kg body mass) among habitual smokers (who smoked more than 4 times per week) and occasional smokers (who smoked no more than 1 time per week). They found that the occasional smokers showed a major impairment in their ability to perform a critical tracking task, a divided attention task and a stop signal task. The impairment was more severe than in the habitual smokers (Ramaekers, Kauert, Theunissen, Toennes, Moeller, 2009; Schwöpe, Bosker, Ramaekers, Gorelick, Huestis, 2012). Another study confirmed that the lack of external symptoms in a driver does not exclude a psychomotor impairment (Ramaekers et al., 2006). Several other studies have suggested that an intense use of *Cannabis indica* also leads to a long-term decrease in the results of neuropsychological tests (Pope, Yurgelun-Todd, 1996; Solowij, 2002; Solowij, Battisti, 2008), which may persist even after a period of abstinence (Bolla, Brown, Eldreth, Tate, Cadet, 2002; Pope et al., 2003; Pope, Gruber, Hudson, Huestis, Yurgelun-Todd,

2001). A study involving brain neuroimaging demonstrated a subtle, long-term effect of marijuana on the cognitive functions and brain function (Crean, Crane, Mason, 2011) that led to a decrease in such parameters as the awareness of time and place, focus, memory, speech, decision-making and emotional control.

Any observed symptoms should aid in the adjudication on the part of a court authority. However, as the figure above indicates (Figure 1), these symptoms occur rarely regardless of the analyses features and, from a pharmacological standpoint, they cannot determine the strength of the effect of a given substance on the body or the lack of such an effect. Consequently, they cannot be used to determine whether a driver is in an 'after use' condition or is 'under the influence' of THC. The key factor is the time period between smoking marijuana and the blood collection (rather than between the detainment and collection), which is usually unknown. The most important indicator of intoxication is, and should remain, the blood THC concentration measured using a reliable method, because it can help to determine whether the observed symptoms are the result of consuming THC, rather than the other way around. In the case of ethyl alcohol, a court authority decides whether a given driver was in a condition of being 'under the influence', in the meaning of article 178a of the Civil Code, or of 'after use', in the meaning of article 87 §1 of the Petty Offence Code, based exclusively on the blood concentration. While a blood concentration of 0.2–0.3 of ethyl alcohol per mil very often does not produce any symptoms, in accordance with the Act of 26 October 1982 on education in sobriety and counteracting alcoholism (Ustawa z dnia 26 października 1982 r. o wychowaniu w trzeźwości i przeciwdziałaniu alkoholizmowi, 1982), the individual is considered to be in an 'after use' condition. However, the decision does not lie within the competencies of a toxicology expert.

A person's psychomotor ability also depends on a wide range of other important factors that are impossible to observe during a roadside inspection (e.g. distance perception disorders or reduced reaction time), and are difficult to recreate due to the unique circumstances of each accident. A video recording of a driver's behaviour and condition may constitute an additional, objective source of information and can help to complement the documentation collected by a police patrol officer. Currently, these actions are not made available to forensic experts, even though they could prove useful for jurisprudence from the perspective of potential retrospective research (Lechowicz et al., 2017).

Recent studies indicate that the share in the risk of causing an accident due to driving under the effect of THC is below 2%. While this risk is not high, it is statistically significant (Rogeborg, 2019). The overall values of the estimated risk of causing an accident differ depending on the type of study, severity of the accident, estimation method and, of course, the THC concentration. Some studies have found a significant correlation between a high blood THC concentration (above 4 ng/mL) and the risk of causing a traffic accident (Ramaekers, 2006). Most studies did not confirm this correlation for lower THC concentrations (below 3 ng/mL); however, this does not mean that cannabis use is risk-free (Preuss et al., 2021). It is worth invoking the final report of DRUID, a meta-analysis of empirical studies concerning the effects of medicines and illegal drugs, including pharmacokinetics, on safe driving (DRUID, 2022). In the report, it was concluded that a blood serum THC concentration ranging from 3.3 to 4.5 ng/mL (an average of 3.8 ng/mL) leads to the same effects in relation to psychomotor disorders as a blood alcohol concentration of 0.5 per mil. Conversely, *Cannabis indica* was indicated as a low risk agent for accidents (odds ratio of 1–3). The calculations and conclusions included in the report are based on not one, but multiple studies.

The protocol template was changed by the Regulation of the Minister of Health of 16 July 2014 on the list of agents with an effect similar to alcohol and the conditions and methods of testing for their presence in the body (Rozporządzenie Ministra Zdrowia, 2014). The regulation contains a clause describing the symptoms and circumstances that may justify the suspicion that an agent with an effect similar to alcohol has been used. The same clause was included in the protocol templates defined by previous regulations (Rozporządzenie Ministra Zdrowia, 2003, 2004). While the clause does allow for the free assessment of a driver's condition, such an assessment usually lacks details. Most physicians simply enter one or two symptoms into the protocol, which are not formalised in any manner. The low prevalence of the symptoms, which is most likely caused by the passage of time between the detainment and the writing of the protocol, calls into question the usefulness of the information contained in the protocol for determining a driver's condition, and consequently, whether the requirements of the SC Judgment (Wyrok Sądu Najwyższego, 2014) are met. As a result, epidemiological studies and meta-analyses and blood test results still remain the most reliable and comprehensive sources of information for an accurate adjudication.

Conclusions

The presented analysis of blood collection protocols, supported by the results of toxicological tests for the presence of cannabinoids, indicates that there are no grounds to use the protocols as an additional and sufficient source of information that could exclude a real effect of marijuana use on a driver's psychomotor ability, regardless of the blood THC concentration. The lack of a correlation between the symptoms and blood THC concentration, combined with the fact that the symptoms are registered by the medical staff too late (on average, more than 2 hours after the driver's detainment by the police), exclude the symptoms as viable factors in determining a driver's psychomotor condition at the time of a roadside inspection. In light of the above, the blood THC concentration assessed via a reliable analytical method should remain the most important indicator of impairment, followed by its interpretation based on a meta-analysis and epidemiological assessment.

Projects for the optimisation of the assessment and adjudication of agents with an effect similar to alcohol should include a new, simplified, modified protocol for the blood collection. Such a protocol should include a field for remarks concerning the observations of a driver's eyes and a dry mouth. Furthermore, video and audio recordings of the roadside inspection should be mandatory, in order to better assess a driver's condition.

References

1. Arkell, T. R., Vinckenbosch, F., Kevin, R. C., Theunissen, E. L., McGregor, I. S., Ramaekers, J. G. (2020). Effect of cannabidiol and Δ^9 -tetrahydrocannabinol on driving performance. A randomized clinical trial. *JAMA*, 324(21), 2177–2186.
2. Bolla, K. I., Brown, K., Eldreth, D., Tate, K., Cadet, J. L. (2002). Dose-related neurocognitive effects of marijuana use. *Neurology*, 59, 1337–1343.
3. Crean, R. D., Crane, N. A., Mason, B. J. (2011). An evidence based review of acute and long-term effects of cannabis use on executive cognitive functions. *Journal of Addiction Medicine*, 5(1), 1–8.
4. DRUID (2022). Meta-analysis of empirical studies concerning the effects of medicines and illegal drugs including pharmacokinetics on safe driving. Project No. TREN-05-FP6TR-S07.61320-518404-DRUID. Retrieved May 10, 2022 from: <https://www.bast.de/Druid/EN/deliverales-list/deliverables-list-node.html>.
5. Gieroń, J., Adamowicz, P., Gil, D., Tokarczyk, B., Skulska, A., Lechowicz, W. (2013). Interpretacja wyników oznaczania THC oraz THCCOOH we krwi kierowców – dane z praktyki IES z lat 2010–2013 i projektu DRUID. (In) M. Kała, D. Zuba (Eds.), *XXX Konferencja Toksykologów Sądowych „Środki podobnie działające do alkoholu w praktyce toksykologa sądowego”, Augustów, 15–17 maja 2013. Materiały konferencyjne* (pp.19–20). Kraków: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych.
6. Gorelick, D. A., Goodwin, R. S., Schwilke, E., Schwoppe, D. M., Darwin, W. D., Kelly D. L., McMahon, R. P., Liu, F., Ortemann-Renon, C., Bonnet, D., Huestis, M. A. (2013). Tolerance to effects of high-dose oral Δ^9 -tetrahydrocannabinol and plasma cannabinoid concentrations in male daily cannabis smokers. *Journal of Analytical Toxicology*, 37(1), 11–16.
7. Lechowicz, W., Adamowicz, P., Bakalarz, D., Gil, D., Gieroń, J., Skulska, A., Tokarczyk, B. (2017). Estimating the change in concentration of THC in the blood of drivers over the time between stopping and collection of blood for testing. *Problems of Forensic Sciences*, 110, 97–109.
8. Pope, H. G., Gruber, A. J., Hudson, J. I., Cohane, G., Huestis, M. A., Yurgelun-Todd, D. (2003). Early-onset cannabis use and cognitive deficits: What is the nature of the association? *Drug and Alcohol Dependence*, 69, 303–310.
9. Pope, H. G., Gruber, A. J., Hudson, J. I., Huestis, M. A., Yurgelun-Todd, D. (2001). Neuropsychological performance in long-term cannabis users. *Archives of General Psychiatry*, 58(10), 909–915.
10. Pope, H. G., Yurgelun-Todd, D. (1996). The residual cognitive effects of heavy marijuana use in college students. *JAMA*, 275, 521–527.
11. Preuss, U. W., Huestis, M. A., Schneider, M., Hermann, D., Lutz, B., Hasan, A., Kambeitz, J., Wong, J. W. M., Hoch, E. (2021). Cannabis use and car crashes: A review. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 643315.
12. Ramaekers, J. G. (2006). Commentary on cannabis and crash risk: concentration effect relation. *Transportation Research E-Circular*, E-C096, 65–66.
13. Ramaekers, J. G., Kauert, G., Theunissen, E. L., Toennes, S. W., Moeller, M. R. (2009). Neurocognitive performance during acute THC intoxication in heavy and occasional cannabis users. *Journal of Psychopharmacology*, 23, 266–277.
14. Ramaekers, J. G., Mason, N. L., Kloft, L., Theunissen, E. L. (2021). The why behind the high: determinants of neurocognition during acute cannabis exposure. *Nature Review Neuroscience*, 22(7), 439–454.
15. Ramaekers, J. G., Moeller, M. R., van Ruitenbeek, P., Theunissen, E. L., Schneider, E., Kauert, G. (2006). Cognition and motor control as a function of Δ^9 -THC concentration in serum and oral fluid: limits of impairment. *Drug and Alcohol Dependence*, 85(2), 114–122.

16. Raport EMCDDA 2021;. Retrieved September 20, 2022 from: https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/13838/2021.2256_PL_03.pdf.
17. Rogeberg, O. (2019). A meta-analysis of the crash risk of cannabis-positive drivers in culpability studies — Avoiding interpretational bias. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 69–78.
18. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 czerwca 2003 r. w sprawie wykazu środków działających podobnie do alkoholu oraz warunków i sposobu przeprowadzania badań na ich obecność w organizmie (2003). *Dziennik Ustaw*, 116, 1104.
19. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 marca 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu środków działających podobnie do alkoholu oraz warunków i sposobu przeprowadzania badań na ich obecność w organizmie (2004). *Dziennik Ustaw*, 52, 524.
20. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 lipca 2014 r. w sprawie wykazu środków działających podobnie do alkoholu oraz warunków i sposobu przeprowadzania badań na ich obecność w organizmie (2014). *Dziennik Ustaw*, 948.
21. Schwope, D. M., Bosker, W. M., Ramaekers, J. G., Gorelick, D. A., Huestis, M. A. (2012). Psychomotor performance, subjective and physiological effects and whole blood Δ -tetrahydrocannabinol concentrations in heavy, chronic cannabis smokers following acute smoked cannabis. *Journal of Analytical Toxicology*, 36(6), 405–412.
22. Solowij, N. (2002). Marijuana Treatment Project Research Group, cognitive functioning of long-term heavy cannabis users seeking treatment. *JAMA*, 287, 1123–1131.
23. Solowij, N., Battisti, R. (2008). The chronic effects of cannabis on memory in humans: A review. *Current Drug Abuse Reviews*, 1, 81–98.
24. Ustawa z dnia 26 października 1982 r. o wychowaniu w trzeźwości i przeciwdziałaniu alkoholizmowi (1982). *Dziennik Ustaw*, 5, 230.
25. World Health Organization (2022). ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics (MMS) 2022-02. Retrieved May 10, 2022 from: <https://icd.who.int/en>.
26. Wyrok Sądu Najwyższego, sygn. akt II KK 219/14 (2014).

ORCIDWojciech Lechowicz  0000-0002-5794-0373**Corresponding author**

Dr. Wojciech Lechowicz
Institute of Forensic Research
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Kraków
e-mail: wlechowicz@ies.gov.pl

KORELACJA OBJAWÓW REJESTROWANYCH PODCZAS POBIERANIA KRWI OD KIEROWCÓW ZE STĘŻENIAMI Δ^9 -TETRAHYDROKANNABINOLU (THC)

Wstęp

Ocena sprawności psychofizycznej kierowcy w czasie prowadzenia pojazdu jest jednym z podstawowych zadań dla określenia jego odpowiedzialności w razie zdarzenia drogowego i szerzej – dla polityki zapewnienia bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Niewątpliwie jest to zagadnienie multidyscyplinarne, zawiera w sobie problematykę z zakresu konstrukcji i wyposażenia pojazdów, organizacji pracy służb kontroli drogowej, badań medycznych oraz sądowych. Szczególnym przypadkiem jest ocena kierowców będących pod wpływem substancji psychoaktywnych, w tym alkoholu. Źródłem wiedzy są tutaj testy sprawnościowe, analizy danych epidemiologicznych oraz obserwacje w trakcie rutynowych kontroli. Testy sprawnościowe w ramach badań populacyjnych prowadzone są na różnorodnych grupach probantów, zwykle w sposób niejednakowy, na różnych grupach wiekowych oraz bez towarzyszących im badań toksykologicznych. Takie wyniki są trudne do całościowej oceny w ramach tzw. metaanalizy. Ich niewielka zwykle liczba sprawia, że istotność statystyczna w metaanalizie osiągnięta jest po wielu latach. Równoległe do testów sprawności prowadzone są badania epidemiologiczne mające na celu ocenę zagrożenia, jakie stanowi prowadzenie pojazdów pod wpływem alkoholu i środków podobnie do niego działających. Zbierane dane są tym cenniejsze, im obserwacji jest więcej, jednak należy pamiętać, że z każdą z nich związane są koszty czysto ludzkie w postaci osób chorych, kalekich lub zmarłych, a także wymierne straty ekonomiczne dla budżetu państwa.

Lukę w tych dwóch obszarach próbuje się wypełnić obserwacjami zatrzymanego do kontroli kierowcy, które mają mieć, w rozumieniu teoretyków prawa, decydujące znaczenie dla rozstrzygnięć na sali sądowej o stanie kierowcy. Podejście to znalazło wyraz w wyrokach Sądu Najwyższego, który wskazuje konieczność brania pod uwagę tych obserwacji (Wyrok Sądu Najwyższego, 2014).

Niewątpliwie najczęściej konfiskowanym przez organy ścigania środkiem psychoaktywnym jest marihuana (Raport EMCDDA, 2021). Jej aktywny składnik, czyli THC, jest więc najczęściej wykrywaną we krwi kierowców substancją psychoaktywną. Jak wynika ze statystyk Instytutu Ekspertyz Sądowych, spośród osób zatrzymanych do kontroli w związku z podejrzeniem przyjęcia środka działającego podobnie do alkoholu co trzeci kierowca posiadał we krwi markery wskazujące na

przyjęcie marihuany lub haszyszu, tj. THC i THCCOOH. W związku z rozbieżnościami w poglądach ekspertów z zakresu toksykologii oraz teoretyków prawa co do wartości obserwacji dla kwestii rozstrzygnięcia o stanie psychofizycznym w kontekście przyjmowania marihuany należałoby się nieco bliżej przyjrzeć danym z protokołów opisujących objawy intoksykacji przetworami konopi.

Intensywność objawów i zaburzeń psychomotorycznych spowodowana znanymi właściwościami farmakologicznymi konopi związana jest z ilością przyjmowanej marihuany/haszyszu. Z upływem czasu, gdy składniki psychoaktywne usuwane są z organizmu, obserwuje się mniej objawów skorelowanych z THC. Zgodnie z Międzynarodową Klasyfikacją Chorób i Problemów Zdrowotnych (Definicja (ICD-11) 220 6C41.3) intoksykacja konopiami jest klinicznie istotnym stanem przejściowym, który rozwija się w trakcie lub tuż po spożyciu/przyjęciu marihuany, a która charakteryzuje się zaburzeniami świadomości, funkcji poznawczych, percepcji, afektu, zachowania lub koordynacji (WHO, 2022).

Do podstawowych objawów po przyjęciu przetworów konopi należą: euforia, zaburzenia uwagi, zaburzenia oceny sytuacji, zmiany percepcyjne (takie jak uczucie unoszenia się, zmienione postrzeganie czasu), zwiększona otwartość i skłonność do nawiązywania kontaktów, zwiększony apetyt, niepokój, zaburzenia pamięci krótkotrwałej i ospałość. Do fizycznych objawów zaliczyć można przede wszystkim zmiany wyglądu spojówek (zaczerwienione lub przekrwione oczy), brak reakcji na światło, rozszerzone lub zwężone źrenice (rzadziej), zaczerwienienie skóry twarzy, podwyższone tętno i/lub tachykardię. Wykazano również, że używanie konopi zaburza funkcje poznawcze na wielu poziomach – od podstawowej koordynacji ruchowej do bardziej złożonych zadań wykonawczych, takich jak umiejętność planowania, rozwiązywania problemów, podejmowania decyzji, zapamiętywania i kontrolowania emocji oraz zachowania. Zwykle obserwuje się tylko kilka objawów z wymienionych powyżej. Takie samo stężenie THC we krwi u różnych osób może sprawić, że ich zachowanie będzie się różnić ze względu na zmienność osobniczą, tolerancję na tę substancję oraz interakcje z innymi ksenobiotykami. Objawy występujące po przyjęciu przetworów konopi nie są na tyle specyficzne, aby można było je jednoznacznie interpretować.

Przytoczone wcześniej rozbieżności w poglądach ekspertów znalazły wyraz w piśmiennictwie fachowym,

gdzie nie ma konsensusu co do tego, czy w ogóle, a jeśli tak – to na ile w określaniu stopnia upośledzenia zdolności psychomotorycznych pomocne mogłyby być objawy stwierdzone w trakcie pobierania krwi, czyli w późniejszym czasie niż prowadzenie pojazdu.

Dla rozstrzygnięcia tej szczególnej kwestii, czyli ustalenia, czy mogą one posłużyć do jednoznacznego wskazania u określonej osoby upośledzenia sprawności do prowadzenia pojazdu, dokonano próby korelacji rejestrowanych objawów notowanych w protokołach pobrania krwi ze stężeniem markeru wskazującego na przyjęcie produktów konopi, tj. THC.

Materiały i metody

Próbki krwi kierowców zatrzymanych przez policję w ramach rutynowych kontroli pobierane były w szpitalnych oddziałach ratunkowych przez dyżurujący personel medyczny. Obserwacje zapisywane były w odpowiednich rubrykach odnoszących się do zawartych w protokołach parametrów osoby badanej. W badaniach wykorzystano 107 losowo wybranych protokołów pobrania krwi kierowców, dla których uzyskano dodatkowo wyniki badań toksykologicznych wyłącznie na obecność kannabinoli. W analizie danych brano pod uwagę po co najmniej 10 protokołów dla każdego stężenia THC, rozpoczynając od 1 do 10 ng/ml we krwi pełnej, co 1 ng/ml. Przeanalizowano trzynaście cech opisów odnoszących się do wyglądu zewnętrznego i zachowania badanych osób. Były to: skóra twarzy (błada, normalna, czerwona), niewyraźna mowa, nastrój i zachowanie (wesoły, gadatliwy, awanturczy, małomówny), tętno, źrenice (normalne, szerokie, wąskie), reakcja źrenic na światło, chód, objaw Romberga, próba palec-nos, podnoszenie przedmiotów z ziemi oraz orientacja co do czasu i miejsca. W badanych przypadkach nie odnotowano informacji o tym, kiedy przed pobraniem próby krwi do badań doszło do wypalenia marihuany, ani też kiedy nastąpiło zatrzymanie do kontroli drogowej. Nie wiadomo również, czy została przyjęta tylko przez wypalenie, czy też doszło do wypalenia oraz przyjęcia drogą pokarmową produktów zawierających marihuanę. Znane jest jedynie stężenie THC i jego metabolitu (THCCOOH). Badania zostały wykonane metodą przesiewową, tj. metodą immunoenzymosorpcyjną ELISA (próg odcięcia dla kannabinoli to stężenie THCCOOH 5 ng/ml) oraz metodami potwierdzającymi opisanymi przez Lechowicza i współpracowników (2017), takimi jak chromatografia cieczowa lub gazowa sprzężone ze spektrometrią mas (HPLC-MS/MS lub GC-MS). Granica oznaczalności w obu metodach wynosiła 1 ng/ml dla THC we krwi pełnej oraz 5 ng/ml dla THCCOOH, co wynika z Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 16 lipca 2014 r. w sprawie wykazu środków działających podobnie do alkoholu oraz warunków

i sposobu przeprowadzania badań na ich obecność w organizmie. Opracowane i wykorzystywane metody oznaczenia kannabinoli zostały zwalidowane za pomocą programu Valistat v. 1.0 stosowanego do walidacji metod analitycznych w toksykologii sądowej. Potwierdzeniem wiarygodności wykonywanych analiz były wyniki badań międzylaboratoryjnych BTMF Drugs in Serum organizowanych przez firmę ARVECON. Nadto, równoległe z badanymi próbkami krwi, wykonywano analizy materiału referencyjnego na obecność kannabinoli (STUP A; ACQ Science), uzyskując wyniki zgodne. Wyznaczano stosunek liczby objawów wskazujących na zaburzenie do całkowitej liczby obserwacji danego parametru (np. szerokich źrenic) przy analizowanym stężeniu i wyrażano go w procentach.

Wyniki

Dla cech istotnych z punktu widzenia oceny stanu psychomotorycznego kierowcy sporządzono zależności liczby przypadków (%), w których odnotowano występowanie danego objawu, od stężenia THC. Wartości te przedstawiono na wykresach (Ryc. 1). Spośród zestawionych w protokołach trzynastu cech odnoszących się do wyglądu zewnętrznego i zachowania badanych osób w przypadku pięciu z nich nie stwierdzono żadnych odchylenia od stanu prawidłowego w żadnym z analizowanych zakresów stężeń. Były to: chód, objaw Romberga, próba palec-nos, podnoszenie przedmiotów z ziemi oraz orientacja co do czasu i miejsca. Dla tych cech (zmiennych) nie sporządzano wykresów.

W zakresie zaburzeń mowy (mowa niewyraźna) stwierdzono zaledwie 10% przypadków z odchyleniami (10% dla mowy niewyraźnej przy stężeniach w zakresie 4–5 ng/ml oraz około 10% dla stężeń 1 i 10 ng/ml). Z taką samą częstotliwością (około 10%) przy stężeniach 1, 3 i 9 ng/ml odnotowywano u badanych awanturczość/kłótność oraz odpowiednio dla stężeń 1, 3 i 10 ng/ml zaczerwienienie skóry twarzy. Wynikom tym towarzyszyły podobne zmiany w reakcji źrenic na światło. Dla stężeń THC 2, 5, 9 i 10 ng/ml odnotowano 10% przypadków, w których zaobserwowano odchylenia od stanu prawidłowego. Szerokie źrenice stwierdzano odpowiednio w 43% przypadków u osób ze stężeniem THC we krwi równym 5 ng/ml oraz w 25% przypadków przy stężeniu 6 ng/ml. W stężeniach małych, takich jak 1 i 2 ng/ml oraz powyżej 8 ng/ml, szerokie źrenice stanowiły odpowiednio 29%, 11% oraz około 20% przypadków. Wąskie źrenice stwierdzono natomiast w 20% przypadków przy stężeniu 1 ng/ml. Znacznie częściej niż gadatliwość obserwowano u badanych małomówność, tj. na poziomie około 20%, ale tylko dla stężeń powyżej 2 ng/ml. W zakresie zmian pulsu nie zauważano istotnych wahań w zależności od stężenia THC. Zatem objawy takie jak

gadatliwość, kłótność/awanturniczość, zaczerwienienie twarzy mogą wystąpić zarówno dla małych, jak i dla dużych stężeń THC we krwi. Bez względu na wartość stężenia THC we krwi kierowcy częstość występowania zaburzenia afektywnego w postaci małomówności i nieadekwatnego do sytuacji wesołego nastroju (zaburzenia zachowania) nie przekraczały 20%. Jedynie pojawianie się szerokich źrenic (zaburzenia percepcji) istotnie zmieniło się w zależności od stężenia, jednak zależność ta nie jest liniowa.

Dyskusja

Zgodnie z przywołaną wcześniej definicją Międzynarodowej Klasyfikacji Chorób (WHO, 2022) występowanie dwóch lub więcej objawów, takich jak szkliste spojówki, zwiększony apetyt, suchość w ustach, tachykardia w ciągu dwóch godzin po przyjęciu konopi, świadczy o intoksykacji tymi środkami. Należy jednak podkreślić, że same objawy nie są na tyle specyficzne, aby jednoznacznie świadczyły o przyjęciu takiego środka odurzającego jak marihuana, oraz że regularni użytkownicy często nie wykazują żadnych symptomów jej używania przy niskich stężeniach THC we krwi. Występowanie bądź brak objawów związane jest ze zjawiskiem tolerancji, na które niebagatelny wpływ mają przyjmowane dawki i częstotliwość przyjmowania przetworów konopi. Tolerancja na dany środek nie jest jednakowa dla osób zażywających go, a także jest uzależniona od częstotliwości i ilości przyjmowanej substancji. Ponadto nie wszystkie zewnętrzne symptomy ustępują (zanikają) w takim samym stopniu w miarę rozwoju tolerancji. Potwierdzono to w badaniach opisanych przez Gorelicka i współpracowników (2013), w których udowodniono, że po sześciu dniach przyjmowania wysokich dawek konopi (40–120 mg THC dziennie) rozwój tolerancji doprowadził do zaniku zewnętrznych oznak intoksykacji, ale nie zniwelował pojawiających się efektów kardiologicznych (THC powodowało obniżenie ciśnienia krwi, ale zwiększało jednocześnie tętno). Dodatkowo należy jeszcze wziąć pod uwagę czynniki zakłócające wyniki badań w postaci innych substancji psychoaktywnych obecnych we krwi. Można również dokonać korelacji przyjętej dawki THC ze stopniem upośledzenia sprawności psychomotorycznej, jednak czas trwania tego upośledzenia tak samo jak czas występowania samych objawów zewnętrznych są różne w przypadku użytkowników sporadycznych i regularnych (Arkell i in., 2020; Ramaekers, Mason, Kloft, Theunissen, 2021). Stwierdzono także istotne różnice w zależnościach stopnia odurzenia lub odczuwanego efektu (tzw. haju) od stężenia THC/dawki zarówno dla przetworów konopi przyjmowanych drogą palenia, jak i doustnie (Ramaekers i in., 2021).

Wszystkie te zmienne (dawki, czas trwania efektów i odurzenia) mają związek z obserwowanymi objawami, które z kolei bezpośrednio wpływają na upośledzenie sprawności psychomotorycznej. Wysokie stężenia THC świadczą o jego istotnym wpływie na organizm. Małe, ale nie śladowe stężenia THC (poniżej 1,0 ng/ml) jednoznacznie wskazują na użycie/używanie tychże środków. Badając skutki palenia konopi (papierosy o zawartości 13% THC, przyjmowane w dawkach 500 mg THC/kg masy ciała użytkownika) u palaczy nałogowych (palących więcej niż 4 razy w tygodniu) i okazjonalnych (palących nie więcej niż 1 raz w tygodniu), Ramaekers i współpracownicy stwierdzili u palaczy okazjonalnych znaczne upośledzenie zdolności śledzenia ruchu pojazdów w teście kontroli trakcji (*critical tracking task*), podzielności uwagi (*divided attention task*) i kontroli hamowania (*stop signal task*). Upośledzenie to było większe niż u palaczy nałogowych (Ramaekers, Kauert, Theunissen, Toennes, Moeller, 2009; Schwoppe, Bosker, Ramaekers, Gorelick, Huestis, 2012). Badania Ramaekersa i współpracowników potwierdziły, że brak jakichkolwiek zewnętrznych objawów nie wyklucza upośledzenia sprawności psychomotorycznej kierowcy (Ramaekers i in., 2006). W kilku innych badaniach zasugerowano, że w przypadku intensywnego używania konopi indyjskich można zaobserwować także długotrwałe pogorszenie wyników testów neuropsychologicznych (Pope, Yurgelun-Todd, 1996; Solowij, 2002; Solowij, Battisti, 2008), które może utrzymywać się nawet po okresie abstynencji (Bolla, Brown, Eldreth, Tate, Cadet, 2002; Pope i in., 2003, Gruber, Hudson, Huestis, Yurgelun-Todd, 2001). W badaniach z zastosowaniem technologii neuroobrazowania mózgu wykazano subtelny, długotrwały wpływ marihuany na funkcje poznawcze i funkcjonowanie mózgu (Crean, Crane, Mason, 2011), który objawia się pogorszeniem takich parametrów, jak m.in. orientacja co do czasu i miejsca, koncentracja uwagi, pamięć, mowa, podejmowanie decyzji i kontrola nad emocjami.

Zaobserwowane objawy powinny wspomagać decyzję organu procesowego. Jak wykazały powyższe zestawienia (Ryc. 1), niezależnie od rodzaju badanej cechy objawy te nie występują często i (z farmakologicznego punktu widzenia) nie mogą przesądzać o sile bądź braku oddziaływania związku na organizm, a co za tym idzie – o stanie „po użyciu” czy „pod wpływem” THC. Kluczowe znaczenie ma czas, jaki upływa pomiędzy wypaleniem marihuany a pobraniem krwi do badań (nie zaś pomiędzy zatrzymaniem a pobraniem), który najczęściej nie jest znany. Najistotniejszym wskaźnikiem stopnia upośledzenia jest i powinien pozostać wynik zawartości THC we krwi uzyskany wiarygodną metodą analityczną. To właśnie taki wynik może sugerować, że zaobserwowane objawy są skutkiem przyjęcia THC, nie odwrotnie. W przypadku alkoholu etylowego o uznaniu czy dana osoba znajdowała się w stanie „pod wpływem”

w rozumieniu art. 178a §1 Kodeksu karnego, czy w stanie „po użyciu” w rozumieniu art. 87 §1 Kodeksu wykroczeń, decyduje organ procesowy na podstawie wyłącznej wartości stężenia. W zakresie stężeń alkoholu etylowego 0,2–0,3 promille we krwi bardzo często nie występują żadne objawy, ale dana osoba, w myśl przyjętych przepisów Ustawy z dnia 26 października 1982 r. o wychowaniu w trzeźwości i przeciwdziałaniu alkoholizmowi (1982), znajduje się w stanie „po użyciu”. Taka decyzja nie leży jednak w kompetencjach biegłego toksykologa.

Na sprawność psychomotoryczną ma wpływ również szereg innych istotnych, a niemożliwych do zaobserwowania podczas kontroli drogowej efektów (np. zaburzenia postrzegania odległości czy spowolnienie czasu reakcji) trudnych do odtworzenia choćby ze względu na niepowtarzalne okoliczności zdarzenia. Utrwalenie w postaci nagrania wideo zachowania i stanu kierującego stanowiłoby dodatkowe obiektywne źródło informacji i mogłoby przyczynić się do uzupełnienia dokumentacji patrolu policyjnego. Obecnie takie działania nie są udostępniane biegłym, jednakże z punktu widzenia możliwych badań retrospektywnych (Lechowicz i in., 2017) mogłyby okazać się przydatne dla orzecznictwa.

Badania ostatnich lat wykazują, że przypisywany udział ryzyka spowodowania wypadku związany z prowadzeniem pojazdów pod działaniem THC wynosi poniżej 2%. Ryzyko to nie jest duże, ale statystycznie istotne (Rogeberg, 2019). Ogólnie wartości szacowanego ryzyka spowodowania wypadku prezentowane w piśmiennictwie różnią się w zależności od rodzaju badania, ciężkości wypadku, metody szacowania oraz oczywiście stężenia THC. Niektóre badania wykazują istotną korelację między wysokim stężeniem THC (powyżej 4 ng/ml) we krwi a ryzykiem spowodowania wypadku drogowego (Ramaekers, 2006). Większość badań nie potwierdza jednak tego związku przy niższych stężeniach THC (poniżej 3 ng/ml), co nie oznacza, że używanie konopi nie stwarza żadnego ryzyka jego spowodowania (Preuss i in., 2021). Warto w tym miejscu przytoczyć wniosek raportu końcowego DRUID „Meta-analysis of empirical studies concerning the effects of medicines and illegal drugs including pharmacokinetics on safe driving” (DRUID, 2022). W raporcie tym stwierdzono, że stężenia THC w surowicy w zakresie 3,3–4,5 ng/ml (średnio 3,8 ng/ml) powodują, że skutki zaburzeń psychomotorycznych są takie jak dla stężenia 0,5 promille alkoholu we krwi. Natomiast same konopie indyjskie uznano za środek niskiego ryzyka spowodowania wypadku (OR, *odds ratio* w granicach 1–3). Obliczenia i konkluzje zawarte w tym raporcie są wynikiem nie jednej, lecz wielu prac naukowych.

Obecnie stosowany wzór protokołu został zmieniony Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 16 lipca 2014 r. w sprawie wykazu środków działających podobnie do alkoholu oraz warunków i sposobu przeprowadzania badań na ich obecność w organizmie (2014),

zawiera jednak punkt, w którym umieszcza się opis objawów i okoliczności uzasadniających podejrzenie użycia środka działającego podobnie do alkoholu. Punkt ten znajdował się we wzorze protokołów we wcześniejszych Rozporządzeniach (2003, 2004). Tak sformułowany tytuł punktu daje możliwość, co prawda, swobodnej oceny stanu kierowcy, jednak zwykle jest ona bardzo oszczędna w szczegółach. Lekarz wypełniający tę rubrykę podaje najczęściej jeden lub dwa objawy, które nie są w żaden sposób sformalizowane. Mała częstotliwość występowania objawów, wynikająca najprawdopodobniej z upływu czasu pomiędzy zatrzymaniem a sporządzeniem protokołu, stawia pod znakiem zapytania użyteczność zamieszczonych tam informacji dla orzekania o stanie kierowcy, a tym samym spełnienie wymogów Wyroku Sądu Najwyższego (2014). Najbardziej wiarygodnym i najobszerniejszym źródłem wiedzy dla opiniowania pozostają więc badania epidemiologiczne i metaanaliza oraz wynik badania krwi.

Wnioski

Na podstawie przedstawionej analizy protokołów pobrania krwi popartej wynikami badań toksykologicznych na obecność kannabinoli należy stwierdzić, że nie ma podstaw do użycia informacji zawartych w protokołach jako dodatkowego i wystarczającego źródła danych mogących wykluczyć realny wpływ marihuany na sprawność psychomotoryczną bez względu na wysokość stężenia THC we krwi kierowcy. Brak korelacji objawów ze stężeniem THC we krwi oraz rejestracja objawów przez personel medyczny po zbyt długim czasie od zatrzymania (średnio ponad 2 godziny) są czynnikami wykluczającymi możliwość wykorzystania objawów do określenia stanu psychomotorycznego, w jakim znajdował się kierowca w chwili zatrzymania do kontroli drogowej. W tych realiach najistotniejszym wskaźnikiem stopnia upośledzenia powinien pozostać wynik zawartości THC we krwi uzyskany wiarygodną metodą analityczną, a następnie jego interpretacja w oparciu o metaanalizę i badania epidemiologiczne.

Wśród projektów zmian zmierzających do usprawnienia systemu opiniowania i orzekania o stopniu intoksykacji środkami działającymi podobnie do alkoholu powinien znaleźć się nowy, uproszczony, zmodyfikowany wzór protokołu pobrania krwi. Powinien on zostać wzbogacony o możliwość zamieszczenia uwag na temat obserwacji oczu oraz dostrzeżonej podczas obserwacji suchości w jamie ustnej. Do zapewnienia lepszej oceny stanu kierującego pojazdem przydatna byłaby także konieczność rejestracji za pomocą kamery obrazu i dźwięku czynności z kontroli drogowej.