



Praca oryginalna
Original paper

Catherine Raux, Frédéric Savall, Daniel Rouge, Norbert Telmon, Fabrice Dedouit

Diagnostyka ofiar utonięcia przy użyciu pośmiertnej tomografii komputerowej – stan wiedzy

Diagnosis of drowning using post-mortem computed tomography – state of the art

CHU Toulouse Rangueil – Service de Médecine Légale, Toulouse, France

Streszczenie

Cel pracy: Najnowsze badania z użyciem pośmiertnej tomografii komputerowej (TK) sugerują, że metoda ta jest skuteczna w diagnostyce ofiar utonięcia. W pracy podsumowano dane z literatury dotyczące efektywności diagnozowania za pomocą TK w tych przypadkach.

Materiał i metody: Do przeglądu włączono badania opublikowane w latach 1999–2013, opatrzone słowami kluczowymi: „post-mortem CT scan”, „drowning and CT scan”, „near-drowning diagnosis” i „drowning diagnosis”.

Wyniki: Uwzględniono tylko 11 publikacji, których wyniki umożliwiły przeprowadzenie komplementarnej analizy statystycznej. Wyznacznikiem diagnozy utonięcia jest obecność płynu i osadów w zatokach przynosowych. W przypadku ofiar utonięcia obecność płynów w zatokach wynosi 100% oraz 90% w tchawicy i oskrzelach. Powyższe wyniki zostają uzupełnione obecnością wysokiej specyficzności osadem w zatokach przynosowych, górnych drogach oddechowych i żołądka, których obecność wynosi 100%. Hemodylucja występuje w przypadku ofiar utonięcia ($p < 0,001$). Wyniki ujęte w przeglądzie oraz ich analiza pozwoliły opracować algorytm decyzyjny usprawniający diagnostykę utonięcia.

Słowa kluczowe: utonięcie, tomografia komputerowa, pośmiertny, wartość diagnostyczna, przegląd.

Abstract

Aim of the study: Recent studies using post-mortem computed tomography (PMCT) have suggested this imaging modality is of value in the positive diagnosis of drowning. We summarize the data from the literature regarding the diagnostic value of CT in cases of drowning.

Material and methods: We performed an all-language search of literature published from 1999 to 2013 with the key words “post-mortem CT scan”, “drowning and CT scan”, “near-drowning diagnosis”, and “drowning diagnosis”.

Results: Only 11 articles, whose data enabled complementary statistical analysis, were included. The presence of fluid and sediment in paranasal sinuses appear to be the determinants of the diagnosis of drowning. The presence of fluid in the sinuses had a sensitivity of 100%, and of 90% in the trachea and main bronchi. The results were completed by the high specificity of the presence of sediment in the paranasal sinuses, upper airways and stomach, which was 100% for all three. Haemodilution was present in cases of drowning ($p < 0.001$). The values made it possible to formulate a decision algorithm for the diagnosis of drowning.

Key words: drowning, computed tomography, post-mortem, diagnostic value, review.

Wstęp

Diagnostyka przyczyny i ustalenie przebiegu zgonu w przypadkach związanych z zanurzeniem w cieczy są wyzwaniem dla medyków sądowych [1–4]. Nie wszystkie osoby, których ciała wydobywa się z wody, zmarły wskutek utonięcia. Zwłoki wydobyte z wody mogą wprawdzie wykazywać znamiona zanurzenia w cieczy, lecz potwierdza to jedynie, że przebywały w wodzie. W tym aspekcie istotne jest precyzyjne zdefiniowanie terminologii, tj. zanurzenia częściowego, całkowitego i utonięcia. Zanurzenie częściowe oznacza niepełne zanurzenie ciała w cieczy, całkowite zaś – całego ciała w cieczy. Jako utonięcie należy rozumieć proces pierwotnego upośledzenia oddychania będący efektem częściowego lub całkowitego zanurzenia w ciekłym ośrodku. Główne znamiona utonięcia stwierdzane podczas sekcji zwłok wiążą się z aspiracją płynu topielnego do dróg oddechowych. Nie są one jednak swoiste, gdyż obserwuje się je także w innych przypadkach. Ich brak nie jest podstawą do wykluczenia śmierci z utonięcia, zwłaszcza jeśli u ofiary doszło do skurczu krtani. Rozróżnienie to stanowi wyzwanie dla medycyny sądowej, toteż ważne jest zróżnicowanie utonięcia typowego i atypowego, w którym doszło do utonięcia osoby nieprzytomnej lub utonięciu towarzyszą inne przyczyny zgonu (udar mózgu, udar naczyniowy itp.). W przypadku utonięcia atypowego niezbędne są dalsze badania.

W diagnostyce przypadków utonięcia wykorzystuje się kilka metod: pośmiertne badanie techniką tomografii komputerowej (TK), sekcja zwłok, wykrywanie okrzemek oraz oznaczanie stężenia strontu w surowicy. Metody te nierzadko są uznawane za kontrowersyjne i trudno ustalić ich faktyczną wartość diagnostyczną. Niedawne badania z zastosowaniem pośmiertnej TK wskazują jednak, że metoda ta jest użyteczna w diagnostyce utonięcia. Niniejsza praca stanowi przegląd piśmiennictwa dotyczącego wartości diagnostycznej TK w przypadkach utonięcia.

Materiał i metody

Na potrzeby pracy przeanalizowano piśmiennictwo obejmujące prace oryginalne, przeglądowe, polemiczne i rozdziały książek z lat 1999–2013, niezależnie od języka publikacji. Przy analizie wykorzystano bazy danych: PubMed, Web of Science, Medline i Google Books. W ramach uzupełnienia przeprowadzono ręczne wyszukiwanie publikacji z tego okresu. Za słowa

Introduction

The diagnosis of the cause and the establishment of the manner of death in submersion cases are considered a challenge for forensic pathologists [1–4]. It is generally accepted that not all persons whose bodies are recovered from water have drowned. All bodies retrieved from water may show signs of submersion on examination, but this only confirms that they had indeed been immersed. It is important to properly define the terms immersion, submersion, and drowning. Immersion corresponds to being covered with liquid. Submersion corresponds to immersing the whole body in liquid. Drowning is then defined as a process resulting in primary respiratory impairment from submersion or immersion in a liquid medium. The main positive autopsy findings for drowning are related to the aspiration of the drowning medium into the airways. However, these findings are not specific as they can be observed in other situations. Moreover, their absence cannot exclude the possibility of drowning, particularly if laryngospasm occurred. Because the distinction is a challenge in legal medicine, it is important to differentiate typical drowning and atypical drowning where drowning is combined with another causes of death (cerebral or vascular strokes for example) or happens to an unconscious victim. Atypical drowning needs further examinations.

Several diagnostic methods are used to determine drowning cases: post-mortem computed tomography (PMCT), anatomopathological study, detection of diatoms, and serum strontium estimation. These methods are often controversial and we do not know their true value for diagnosis. Recent studies using PMCT suggest that this imaging modality is useful for the diagnosis of drowning. We summarise the data from the literature regarding the diagnostic value of CT in cases of drowning.

Material and methods

We performed an all-language literature search of original articles, reviews, focus articles, and book chapters published from 1999 to 2013. We searched the PubMed, Web of Science, Medline, and Google Books databases. In addition, we performed a hand-search of publications over the same period. The keywords used were “post-mortem CT scan”, “drown-

kluczowe przyjęto: „post-mortem CT scan”, „drowning and CT scan”, „near-drowning diagnosis” i „drowning diagnosis”. Do przeglądu włączono badania poświęcone wykorzystywaniu pośmiertnej TK w sądowo-lekarskiej diagnostyce utonięcia. Uwzględniono tylko te publikacje, których wyniki umożliwiały przeprowadzenie komplementarnej analizy statystycznej. Kwalifikacja publikacji odbywała się na zasadzie konsensusu pomiędzy 3 autorami opracowania (CR, NT, FD).

Badania analizowano przy użyciu znormalizowanych formularzy ekstrakcji danych i krytycznej oceny oraz oceniano jakościowo na podstawie schematu, metod diagnostyki utonięcia i jakości obliczeń. Niektóre wyniki poddawano dalszym analizom statystycznym, aby określić czułość, specyficzność oraz dodatnie i ujemne wartości predykcyjne (PPV, PPN) niezbędne do oceny przydatności danej metody w diagnostyce.

Wyniki

Przegląd piśmiennictwa wykazał, że przy diagnostyce utonięcia metodą pośmiertnej TK brano pod uwagę kilka kryteriów. Wyniki niniejszej pracy przedstawiono zgodnie z tymi kryteriami. Uwzględniono łącznie 11 publikacji dotyczących TK jako metody diagnostyki utonięcia (tab. I). Wyniki zestawiono w tabelach II i III.

Płyn w zatokach przynosowych

Zatoki łącznie

Badanie 10 ofiar utonięcia [5] ujawniło obecność płynu w zatokach przynosowych we wszystkich przypadkach, przy czym płyn gromadził się głównie w zatokach szczękowych oraz klinowych. W 20 przypadkach kontrolnych płyn stwierdzano istotnie rzadziej: w zatokach szczękowych w 36%, a w zatokach klinowych – w 18% przypadków. U ofiar utonięcia treść płynną w zatokach czołowych wykazywano w 70%, a w zatokach sitowych – w 80% przypadków. W grupie kontrolnej wartości te wynosiły odpowiednio 18% i 36%.

W innym badaniu [6] ciecz w zatokach przynosowych stwierdzano w przypadkach podtopienia, czyli przeżycia (przynajmniej tymczasowego) po niedotlenieniu powstałym na skutek zanurzenia w cieczy.

Do analizy włączono tylko przypadki, w których objawy kliniczne były spójne z zaburzeniami wskutek całkowitego zanurzenia, bez czynników w wywiadzie, które mogłyby modyfikować wynik badania obrazowego.

ing and CT scan”, “near-drowning diagnosis”, and “drowning diagnosis”. We included all research on the use of PMCT as a diagnostic method of drowning in forensic science. Only articles whose results allowed us to carry out complementary statistical analysis were included. Articles were retained by consensus between three reviewers (CR, NT, FD).

All studies included were analysed using standardised data extraction and critical appraisal forms. Studies were graded for quality on the basis of study design, method used for the diagnosis of drowning, and quality of numerical results. Further statistical analyses were performed for some results in order to obtain the sensitivity, specificity, and positive predictive and negative predictive values useful in determining the diagnostic contribution of the method.

Results

The review of the literature showed us that several criteria have been investigated in order to diagnose drowning in PMCT. Our results will be presented according to those criteria. A total of 11 articles dealing with PMCT as a method of establishing the diagnosis of drowning were retained (Table I). Tables II and III summarise the results stated.

Fluid in paranasal sinuses

All sinuses

A study of 10 drowning cases [5] found that fluid was present in the paranasal sinuses in 100% of cases, and particularly in the maxillary and sphenoidal sinuses. In the 20 control cases fluid was present significantly less frequently, in 36% of maxillary and 18% of sphenoidal sinuses. In drowning cases a watery content was present in 70% of frontal and 80% of ethmoidal sinuses, while in the control group it was present in 18% and 36%, respectively.

Another study [6] found fluid in paranasal sinuses in cases of near drowning. Near drowning is survival, at least temporarily, from submersion.

Only cases where clinical manifestations were consistent with pure submersion injury and without history that can change the results of the scan were included.

Tabela 1. Zestawienie publikacji objętych przeglądem
Table 1. Summary of the papers reviewed

Pierwszy autor Principal author	Kraj Country	Czasopismo Journal	Rok Year	Język Language	Liczba i rodzaj przypadków Number and type cases	Czas do badania sekcyjnego lub maks. Postmortem interval or maximum	Analizowane zmienne Variables of interest
Gluecker <i>et al.</i> [12]	Szwajcaria Switzerland	Radiographics	1999	angielski English	nie podano	nie podano n.g.	obrzęk płuc pulmonary oedema
Kim <i>et al.</i> [13]	Japonia Japan	J Comput Assist Tomogr	2000	angielski English	3 FWD/3 SWD (podtopienia)	5 dni 5 days	objaw matowej szyby (GGO) siateczkowate zaciemnienia ground-glass opacity reticular opacity
Aghayev <i>et al.</i> [17]	Szwajcaria Switzerland	Forensic Sci Int	2005	angielski English	1 FWD	5 dni 5 days	nie podano n.g.
Levy <i>et al.</i> [7]	USA	Radiology	2007	angielski English	28 DC/12 NDC	2–12 dni 2–12 days	płyn i osady w zatokach przynosowych płyn w komórkach sutkowych płyn i osady w górnych i dolnych drogach oddechowych objaw matowej szyby (GGO) jamy opłucnej żółtek fluid in mastoid air cells fluid and sediment in paranasal sinuses fluid and sediment in upper and lower airways ground-glass opacity pleural spaces stomach
Christe <i>et al.</i> [5]	Szwajcaria Switzerland	Eur Radiol	2008	angielski English	10 DC/20 NDC	35–58 godz. 35–58 hours	płyn w drogach oddechowych rozedma wodna płuc (lokalizacja przepony) wskaźnik oskrzelowo-tętnicy skurcz krtani wskaźnik sercowo-płucny obrzęk płuc hemodylucja objętość żółtka roztżeń dwunastnicy płyn w zatokach przynosowych

Tabela I. Cd.
Table I. Cont.

Pierwszy autor Principal author	Kraj Country	Czasopismo Journal	Rok Year	Język Language	Liczba i rodzaj przypadków Number and type cases	Czas do badania sekcyjnego lub maks. Postmortem interval or maximum	Analizowane zmienne Variables of interest
Christe <i>et al.</i> [5]	Szwajcaria Switzerland	Eur Radiol	2008	angielski English	10 DC/20 NDC	35–58 godz. 35–58 hours	fluid in airways emphysema aquosum (localization of diaphragm) bronchial arterial coefficient laryngospasm cardiothoracic ratio pulmonary oedema haemodilution volume of the stomach duodenal distension fluid in paranasal sinuses
Christe <i>et al.</i> [6]	Szwajcaria Switzerland	Leg Med (Tokyo)	2010	angielski English	FWD/SWD	nie podano n.g.	phyn w tchawicy i oskrzelach rozedma wodna płuc (lokalizacja przepony) obrzęk płuc żółtek i dwunastnica phyn w zatokach przynosowych fluid in trachea and bronchi emphysema aquosum (localization of diaphragm) pulmonary oedema haemodilution stomach and duodenum fluid in paranasal sinuses
Filograna <i>et al.</i> [11]	Włochy Italy	Leg Med (Tokyo)	2011	angielski English	12 FWD	bez rozkładu	pieniste płyny i osady wysokiej gęstości w dużych drogach oddechowych frothy fluids and high density sediment in the large airways
Ambrosetti <i>et al.</i> [14]	Włochy Italy	Radiol Med	2012	angielski English	6 FWD/16 NDC	3 godz. 3 hours	hemodylucja haemodilution
Kawasumi <i>et al.</i> [9]	Japonia Japan	Eur J Radiol	2012	angielski English	39 DC/112 NDC	2 dni 2 days	phyn w zatokach szczękowych lub klinowych presence of fluid in maxillary or sphenoidal sinuses

Tabela 1. Cd.
 Table 1. Cont.

Pierwszy autor Principal author	Kraj Country	Czasopismo Journal	Rok Year	Język Language	Liczba i rodzaj przypadków Number and type cases	Czas do badania sekcijnego lub maks. Postmortem interval or maximum	Analizowane zmienne Variables of interest
Van Hoyweghen <i>et al.</i> [8]	Belgia Belgium	abstract (1 st Congress of the ISFRI)	2012	angielski English	14 DC/11 NDC	nie podano n.g.	płyn w zatokach przynosowych komórki sutkowe dolne drogi oddechowe pianista treść w górnych drogach oddechowych objaw matowej szyby (GGO) rozedma wodna płuc (przepona) hemodylucja żołądek i dwunastnica fluid in paranasal sinuses mastoid air cells lower airways frothy foam in upper airways ground-glass opacity emphysema aquosum (diaphragm) haemodilution stomach and duodenum
Kawasumi <i>et al.</i> [10]	Japonia Japan	Eur J Radiol	2013	angielski English	38 DC/73 NDC	2 dni	płyn w zatokach szczękowych i klinowych: obecność, objętość, gęstość fluid in maxillary and sphenoidal sinuses: presence, volume, density

FWD – utonięcie w wodzie słodkiej; SWD – utonięcie w wodzie słonej; DC – przypadki utonięcia; NDC – przypadki inne niż utonięcie
 FWD – fresh-water drowning; SWD – salt-water drowning; DC – drowning cases; NDC – non-drowning cases

Tabela II. Zmodyfikowane wyniki badania Christe i wsp. (Eur Radiol 2008)
Table II. Modified results from the study of Christe *et al.* (Eur Radiol 2008)

Parametr Parameter	Przypadki utonięcia, wartości średnie Drowning cases, mean values	Przypadki inne niż utonięcie, wartości średnie Non-drowning cases mean values	P
	n = 10	n = 20	
aspiracja do oskrzeli głównych* aspiration into main bronchi*	1,9	0,37	< 0,001
aspiracja do tchawicy* tracheal aspiration*	1,2	0,11	< 0,001
woda w zatokach* water in sinuses*			
klinowych sphenoidal	2	0,37	< 0,001
szczękowych maxillary	1,4	0,58	< 0,001
czołowych frontal	1,1	0,21	< 0,01
rozedma (wysokość kopuły przepony w stosunku do żeber) emphysema (rib level of diaphragm dome)	5	4	< 0,001
skurcz krtani (wskaźnik oskrzelowo-tętniczy) bronchospasm (bronchial arterial coefficient)	0,84	1,04	< 0,001
wielkość prawej komory* right ventricle size*	0,4	0	< 0,01
gęstość treści w drogach oddechowych (HU) density of airway contents (HU)	21,9	40,45	< 0,01
hemodylucja (HU krwi) haemodilution (HU of blood)	50	64,05	< 0,01
gęstość treści żołądkowej (HU) density of stomach content (HU)	20,3	38,95	< 0,01
wielkość dwunastnicy* duodenal size*	1,2	0,63	0,05

* półilościowe od 0 do 3; HU – jednostki Hounsfielda

* semi-quantitative from 0 to 3; HU – Hounsfield units

Na podstawie wyników badań obejmujących 28 utonięć [7] obliczono czułość 100% dla obecności płynu w zatokach i komórkach sutkowych, a także specyficzność odpowiednio 25% i 83%. Ujemna wartość predykcyjna wyniosła 100%, a PPV – odpowiednio 90% i 74%. Uzupełnieniem tych wyników były obliczenia wykonane dla obecności osadów w zatokach, w których uzyskano wartość 25% dla czułości i 100% dla specyficzności, a także 100% dla PPV i 36% dla NPV.

Późniejsze badanie obejmujące 14 ofiar utonięć wykazało obecność płynu w zatokach przynosowych w 92,9% przypadków (77,8% w grupie kontrolnej),

From the results of a study of 28 drowning cases [7], we calculated sensitivity of 100% for the presence of fluid sinuses and mastoid cell fluid and specificities of 25% and 83%, respectively. The negative predictive value (NPV) was 100% and the positive predictive values (PPV) were 90% and 74%, respectively. The presence of sediment in the sinuses complemented these results with a sensitivity of 25%, a specificity of 100%, a PPV of 100%, and an NPV of 36%.

A later study of 14 drowning cases showed the presence of fluid in the paranasal sinuses in 92.9% of

Tabela III. Zmodyfikowane wyniki badania Levy i wsp. (Radiology 2007)

Table III. Modified results from the study of Levy *et al.* (Radiology 2007)

	Przypadki utonięcia Drowning cases (%)	Grupa kontrolna Control group (%)	Se/Sp (%)	PPV/NPV (%)
	n = 28	n = 12		
Zatoki przynosowe i komórki sutkowe Paranasal sinuses and mastoid air cells				
osady sediment	25*	0	25/100	100/36
płyn w komórkach sutkowych mastoid cell fluid	100	25	100/25	90/100
płyn w zatokach fluid in sinuses	100	83	100/83	74/100
Tchawica i oskrzela główne Trachea and main bronchi				
płyn fluid	93	92	93/8	70/33
osady sediment	50*	0	50/100	100/46
pienisty płyn frothy fluid	21*	0	21/100	100/35
Płuca i jamy opłucnej Lungs and pleural space				
GGO	89	100	89/0	68/0
Żołądek Stomach				
rozstrzeń żołądka gastric distension	89	0	89/100	100/80
osady sediment	6*	0	21/100	100/35

* potwierdzone autopsyjnie

Se – czułość; Sp – specyficzność; PPV – dodatnia wartość predykcyjna; NPV – ujemna wartość predykcyjna; GGO – zmiany o charakterze matowej szyby

* confirmed by autopsy

Se – sensitivity; Sp – specificity; PPV – positive predictive value; NPV – negative predictive value; GGO – ground-glass opacity

potwierdzając tym samym wysoką czułość (93%), lecz niską specyficzność (18%) tego oznaczenia [8].

cases (77.8% in the control group), making it a very sensitive (93%) but non-specific test (18%) [8].

Zatoki klinowe i szczękowe

Sphenoidal and maxillary sinuses

W jednym z badań, obejmującym 39 przypadków utonięcia [9], test obecności płynu w zatokach klinowych lub szczękowych w obrazie TK cechował się czułością na poziomie 97%, specyficznością 35%, PPV – 34%, NPV – 98%. Wyniki porównania obecności płynu w zatokach klinowych lub szczękowych metodą TK u osób zmarłych wskutek utonięcia oraz z innych przyczyn były statystycznie istotne ($p < 0,0001$).

One study of 39 drowning cases [9] showed that the presence of fluid in sphenoidal or maxillary sinuses on CT had a sensitivity of 97%, a specificity of 35%, a positive predictive value of 34%, and a negative predictive value of 98%. Results comparing the presence of fluid in sphenoidal or maxillary sinuses on CT in drowning and non-drowning victims were statistically significant with a p value < 0.0001 .

W analizie ROC innego badania (38 przypadków utonięcia w wodzie słodkiej) [10], w której jako poziom

In ROC analysis of a study of 38 cases of fresh water drowning [10], when the cut-off level was

odcienia przyjęto wartość 1,03 ml dla objętości płynu w zatokach klinowych lub szczękowych oraz 27,5 jednostki Hounsfielda (HU) dla gęstości, czułość diagnozy utonięcia wyniosła 68%, a specyficzność – 68%. Najwyższą czułość (84%) odnotowano dla poziomu odcienia 37,8 HU. Wysoka czułość jest korzystna w diagnostyce utonięcia, choć specyficzność wyniosła 51%. Zależność między gęstością a objętością nie podnosiła czułości testu na obecność płynu u ofiar utonięcia.

Tchawica i oskrzela

Obecność płynu, treści pianistej i osadów w tchawicy i oskrzelach głównych zbadano w 28 przypadkach utonięcia [7]. Obecność osadów i treści pianistej cechowała się doskonałą specyficznością i PPV (100% dla obu zmiennych). Czułość i NPV były jednak niskie – 50% i 46% dla osadów oraz 21% i 35% dla treści pianistej. Obecność płynu odznaczała się wysoką czułością (90%), ale niską specyficznością (8%). Wartości PPV i NPV wyniosły 70% i 33%. Wysoką czułość dla obecności płynu stwierdzono w przypadkach utonięcia badanych w pracy Kawasumi i wsp. [9], zwłaszcza w obrębie dolnych dróg oddechowych.

Obecność osadów odznacza się wysoką specyficznością i niską czułością, obecność płynu zaś – wysoką czułością i niską specyficznością. Można więc stwierdzić, że wyniki są względem siebie komplementarne.

W badaniu 10 przypadków utonięcia Christe i wsp. [5] odnotowali istotne różnice między przypadkami utonięcia a innymi zgonami pod względem aspiracji treści do tchawicy i oskrzeli głównych. Poziom aspiracji do oskrzeli głównych był 5-krotnie wyższy w grupie zgonów z utonięcia niż w drugiej analizowanej grupie. Aspiracja do tchawicy była zaś aż 10-krotnie większa.

Filograna i wsp. [11] przeanalizowali 12 przypadków utonięcia w wodzie słodkiej. Badanie TK potwierdziło obecność płynów we wszystkich przypadkach, choć odnotowano różnice pod względem umiejscowienia płynu i jego ilości. Treść pianistą zaobserwowano w 3 przypadkach, osady hiperdensyjne – w 4, obecność treści pianistej i osadów – w 1 przypadku. Aspirację stwierdzano też w przypadkach podtopienia [6].

Mięszak płucny

Rozedma i obrzęk płuc

W badaniach Christe i wsp. i van Hoyweghen i wsp. [5, 8] rozedmę określano na podstawie poziomu umiejscow-

set at 1.03 ml for the volume of fluid in sphenoidal or maxillary sinuses and 27.5 Hounsfield units (HU) for density, the drowning diagnosis sensitivity was 68% and specificity was 68%. The cut-off level of 37.8 HU had the highest sensitivity at 84%. Although specificity was 51%, the high sensitivity is useful for diagnosing drowning. The association of density and volume did not increase the sensitivity of the fluid in drowning victims.

Trachea and bronchi

The presence of fluid, frothy fluid, and sediment in the trachea and the main bronchi was studied in 28 drowning cases [7]. Sediment and frothy fluid had excellent specificity and PPV (both 100%). However, sensitivity and NPV were low at 50% and 46% for sediment and 21% and 35% for frothy fluid, respectively. The presence of fluid had high sensitivity (90%) but low specificity (8%). The values of PPV and NPV were 70% and 33%. The high sensitivity of the presence of fluid was found in the drowning cases studied by Kawasumi *et al.* [9], particularly in the lower airways.

Sediment has high specificity and low sensitivity. Fluid has high sensitivity and low specificity. So, these results are complementary.

In a study of 10 drowning cases, Christe *et al.* [5] showed significant differences concerning aspiration into the trachea and the main bronchi between drowning cases and non-drowning cases. Aspiration into the main bronchi was five times greater in the drowning group than in the non-drowning group and tracheal aspiration was 10 times greater.

Filograna *et al.* [11] studied 12 cases of fresh-water drowning. Computed tomography scan detected fluids in all 12 cases, although some differences in localisation and amount were observed. Frothy fluids were detected in 3 cases, hyperdense sediment in 4 cases, and frothy fluids and sediment in one case. Aspiration was also found in near-drowning cases [6].

Pulmonary parenchyma

Emphysema and oedema

In the studies of Christe *et al.* and van Hoyweghen *et al.* [5, 8] emphysema was defined by the

wienia prawej kopuły przepony. Porównując 10 przypadków utonięcia z 20 zgonami z innych przyczyn [5], stwierdzono, że u ofiar utonięcia kopuła przepony znajduje się zwykle na poziomie przedniego odcinka żebra V po stronie prawej. W grupie kontrolnej przepona była znacznie wyżej, na poziomie przedniego odcinka żebra IV. Takie same wyniki uzyskano w badaniu 14 przypadków utonięcia ($p < 0,05$). Analogiczne obserwacje odnotowano w przypadkach podtopienia [6].

Obrzęk płuc wystąpił w 3 badaniach objętych przeglądem [5, 6, 12], lecz wyniki nie były istotne. W 50% utonięć stwierdzono obrzęk płuc: od przemieszczenia płynu do tkanki śródmiąższowej po przesiąkanie do pęcherzyków płucnych. Obrzęk występował w zaledwie 30% przypadków zgonów z przyczyn innych niż utonięcie. Obrzęk płucny był szczególnie częstym objawem w podtopieniu wodą słoną [6].

Skurcz oskrzeli

Skurcz oskrzeli był przedmiotem badań jednej z prac [5]. Porównano średnicę oskrzeli ze średnicą odpowiednich tętnic płucnych zgodnie z hipotezą, że aspiracja prowadzi z jednej strony do skurczu oskrzeli, a z drugiej do rozszerzenia światła tętnicy płucnej. Pomiarom poddano odcinek pęczka naczyniowo-oskrzelowego w środkowym płacie języczka i obliczono wskaźnik oskrzelowo-tętniczy (stosunek średnicy oskrzela do tętnicy płucnej). Wskaźnik miał znacznie wyższą wartość w grupie kontrolnej niż w przypadkach utonięcia (1,04 vs 0,84, $p < 0,001$). Różnica została potwierdzona histologicznie (0,97 vs 0,77, $p = 0,02$).

Objaw matowej szyby

Gluecker i wsp. [13] wykryli u ofiar utonięcia w wodzie słodkiej, których ciała nie uległy rozkładowi [13] obecność guzkowych zmian typu „matowej szyby” (*ground glass opacity* – GGO) z cechami lub bez cech konsolidacji. Najczęściej (67%) występowały liczne guzkowe zmiany typu GGO bez cech konsolidacji. Rzadziej obserwowano nieliczne guzkowe zmiany GGO bez cech konsolidacji (25%). W 8% przypadków obserwowano liczne GGO z nasilonymi cechami konsolidacji. Zmiany GGO tego typu stwierdzano u 50% ofiar podtopienia. W pracach Levy i wsp. i van Hoyweghen i wsp. [7, 8] uzyskano dobrą czułość (89% i 90%), lecz bardzo niską specyficzność (0% i 9%) dla obecności GGO w przypadkach utonięcia.

level of the right hemidiaphragm dome. Comparing 10 drowning with 20 non-drowning cases [5], the dome of the diaphragm was generally located at the level of the right fifth anterior rib in the drowning cases. In the control group, the position of the diaphragm was significantly higher, at the level of the fourth anterior rib. The same results were described in the study of 14 DC, with significance < 0.05 . These observations were also established in cases of near drowning [6].

Pulmonary oedema was found in three studies of our review [5, 6, 12], but the findings were not significant. Fifty per cent of the drowning cases showed pulmonary oedema ranging from interstitial to alveolar transudation. Oedema was present in only 30% of non-drowning cases. Pulmonary oedema was particularly present in salt-water near drowning [6].

Bronchospasm

One study examined bronchospasm [5]. Bronchial diameters were compared with the diameters of the corresponding pulmonary artery, based on the hypothesis that aspiration leads, on one hand, to bronchospasm and, on the other hand, to dilatation of the pulmonary artery. Segmental bronchovascular bundle of the middle lobe of the lingula were examined and the bronchoarterial coefficient (diameter of bronchus/diameter of pulmonary artery) was calculated. This coefficient was significantly higher in controls than in drowning cases (1.04 vs. 0.84, $p < 0.001$). This difference was confirmed histologically (0.97 vs. 0.77, $p = 0.02$).

Ground glass opacity

Gluecker *et al.* have shown the presence of nodular ground-glass opacity (GGO) in non-decomposed cases of fresh-water drowning, with or without consolidations [13]. The most frequent finding (67%) was the presence of many nodular GGOs without consolidation, followed by few nodular GGOs without consolidations (25%). Finally, the least frequent finding (8%) was many nodular GGOs with many consolidations. These GGOs were found in 50% of victims of near drowning. Levy *et al.* and van Hoyweghen *et al.* [7, 8] highlighted good sensitivity (89% and 90%) for the presence of GGO in drowning cases, but very low specificity (0% and 9%).

Żołądek

Odnutowywano także rozcieńczenie treści żołądkowej – wartość średnia wynosiła 20 HU w grupie utonięć w wodzie słodkiej oraz 39 HU w grupie kontrolnej [6]. Wynik był statystycznie istotny ($p < 0,001$). Rozcieńczenie treści żołądkowej stwierdzono również w 14 przypadkach utonięcia opisanych w pracy van Hoyweghen i wsp. [8]. Obliczenia przeprowadzone przez Levy i wsp. [7] wykazały doskonałą specyficzność i dodatnią wartość predykcyjną PPV (100%) dla objawu rozstrzeni żołądka i obecności osadów w żołądku. W przypadku rozstrzeni żołądka uzyskano czułość 89% oraz 80% ujemną wartość predykcyjną (NPV). Odnośnie do obecności osadów poziom czułości i NPV był niższy (odpowiednio 21% i 35%).

Hemodylucja (tabele IVa i IVb)

W 10 przypadkach utonięcia [5] średnia gęstość krwi w prawym przedsionku serca wyniosła 50 HU, a w grupie kontrolnej 64 HU, tj. była w sposób istotny wyższa. Poziom istotności był niższy w lewym przedsionku. Zbliżone wyniki znaleźć można w analizie 14 przypadków utonięcia van Hoyweghen [8]. Podobne wyniki podano w publikacji Ambrosetti i wsp. [14], jednak istotność statystycz-

Stomach

Dilution also concerned the stomach contents, as its mean value was 20 HU in the fresh-water drowning group and 39 HU in the control group [6]. This result was statistically significant ($p < 0.001$). Dilution of stomach contents was also found in the 14 drowning cases of van Hoyweghen *et al.* [8]. Calculation based on the results of Levy *et al.* [7] demonstrated excellent specificity and PPV (100%) of gastric distension and presence of sediment in the stomach. Gastric distension had a sensitivity of 89% and an NPV of 80%. Sensitivity and NPV were lower for the presence of sediment (21% and 35%).

Haemodilution (Tables IVa and IVb)

In 10 drowning cases [5], mean blood density in the right atrium was 50 HU, whereas in the control group the mean density was significantly higher at 64 HU. Significance was lower in the left atrium. Similar results have been reported by van Hoyweghen *et al.* in 14 drowning cases [8]. Ambrosetti *et al.* [14] obtained the same results, but they were significant only for the left cardiac chambers. These authors also demonstrated that haemodilution was signifi-

Tabela IVa. Zmodyfikowane wyniki badania Ambrosetti i wsp. [14]

Table IVa. Modified results from the study of Ambrosetti *et al.* [14]

	Zgony na skutek utonięcia Deaths by drowning	Zgony z innych przyczyn Deaths by other causes	<i>P</i>
Lewy przedsionek (HU, średnia) Left atrium (HU, mean)	36	58,4	< 0,0001
Lewa komora (HU, średnia) Left ventricle (HU, mean)	36,5	48,2	0,0002

HU – jednostki Hounsfielda

HU – Hounsfield units

Tabela IVb. Zmodyfikowane wyniki badania Ambrosetti i wsp. [14]

Table IVb. Modified results from the study of Ambrosetti *et al.* [14]

	Prawy przedsionek Right atrium	Lewy przedsionek Left atrium	<i>P</i>	Prawa komora Right ventricle	Lewa komora Left ventricle	<i>P</i>
Zgony na skutek utonięcia (HU, średnia) Deaths by drowning (HU, mean)	53,5	36	0,0001	42,3	36,5	0,003

HU – jednostki Hounsfielda

HU – Hounsfield units

ną uzyskano wyłącznie dla lewej komory serca. Ci sami autorzy wykazali, że stopień hemodylucji u ofiar utonięcia jest istotnie wyższy w lewej komorze serca niż w prawej. W utonięciach w wodzie słonej obserwowano zjawisko odwrotne. Hemodylucję stwierdzano również u ofiar podtopienia [6, 13].

Dyskusja

W pracach ujętych w przeglądzie niektóre aspekty utonięć nie są precyzyjnie określone. Dotyczy to:

- opisu przypadków: wieku i płci ofiar, a także wywiadu chorobowego, wyników badań toksykologicznych, jakości i liczebności grup kontrolnych,
- opisu okoliczności dotyczących zanurzenia w cieczy: temperatury wody, czasu przeżycia, autolizy.

Wiele wyników jest w dużym stopniu uzależnionych od czynników pośmiertnych. Autorzy twierdzą, że analizowane zwłoki nie znajdowały się w stanie rozkładu, ale niekiedy badanie pośmiertne wykonywano dopiero po upływie 5 dni. W tych przypadkach należało więc uwagi poświęcić analizie czynników pośmiertnych.

Należy także podkreślić, że publikacje nie podają, czy przeprowadzono analizę toksykologiczną.

W piśmiennictwie nie ma badań porównujących cechy pośmiertnego zanurzenia ciała w wodzie i znamiona utonięcia widoczne w TK. Należałoby jednak założyć, że płyn i osady w drogach oddechowych, zatokach i górnej części układu pokarmowego ofiary można byłoby wykryć także w przypadku pośmiertnego zanurzenia ciała w wodzie.

Płyn w zatokach przynosowych

Kawasumi i wsp. [9, 10] uważają, że wysoka czułość (97%) oraz wysoka NPV (98%) obecności płynu w zatokach przynosowych w obrazie TK sugerują, że brak płynu wyklucza utonięcie jako przyczynę zgonu. Potwierdzeniem tych wyników są bardziej szczegółowe obliczenia czułości, specyficzności, PPV i NPV, którym poddano dane z badań Levy i wsp. oraz van Hoyweghen i wsp. [7, 8].

Stwierdzono, że łączne zastosowanie kryterium obecności osadów w zatokach podnosi wartość diagnostyczną obecności płynu w zatokach. Test ten odznacza się wysoką specyficznością (100%) oraz doskonałą PPV (100%). Skojarzona obecność płynu i osadów w zatokach mogłaby być podstawą rozpoznania utonięcia. Obecność płynu w zwłokach osób, które nie utonęły (36% wg Christe i wsp. oraz 83% wg Levy i wsp.),

cantly greater in the left cardiac chambers than in the right cardiac chambers in the cases of drowning. In salt-water drowning, the opposite phenomenon was observed. Haemodilution was also found in near-drowning cases [6, 13].

Discussion

In the publications used for this analysis, many aspects of drowning cases remain unclear:

- description of cases: age, sex, diseases, toxicological findings, quality and quantity of controls,
- description of submersion conditions: water temperature, survival time, autolysis.

Many findings are strongly dependent on post-mortem influences. Although the authors state that the corpses were not decomposed, in some studies the postmortem interval was as much as five days. In these cases, more consideration should have been given to postmortem influences.

It should also be noted that the articles do not state whether toxicological analysis was carried out.

In addition, there are no studies in the literature comparing signs of postmortem immersion and signs of drowning on CT scan. However, it would seem logical to find liquid and sedimentation in airways, sinuses, and upper digestive tract also in post-mortem immersion.

Fluid in paranasal sinuses

Kawasumi *et al.* [9, 10] wrote that the high sensitivity (97%) and the high negative predictive value (98%) of fluid in the paranasal sinuses on CT indicate that the absence of fluid accumulation rules out drowning as cause of death. These results are confirmed by further calculations of sensitivity, specificity, PPV, and NPV that we carried out on the studies of Levy *et al.* and van Hoyweghen *et al.* [7, 8].

It appears that the conjoint use of the criterion of presence of sediment in the sinuses completed the diagnostic value of the presence of fluid in the sinuses. This test has high specificity (100%) and excellent PPV (100%). The simultaneous presence of fluid and sediment in the sinuses could diagnose drowning. The presence of fluid in non-drowning cases (36% according to Christe *et al.* and 83% according to Levy *et al.*) can be explained by an-

może być przypisana zażyciowemu zarzucaniu treści, pośmiertnym wysiękom lub zażyciowemu zapaleniu zatok [6, 7]. Opisywano też przypadki płynotoku nosowego z zajęciem zatok klinowych – samoistnego lub o podłożu urazowym bądź jatrogennym [15, 16]. Przegląd prac nie ujawnił przypadków, w których obraz TK wskazywałby na pasywne pośmiertne przemieszczanie płynu w obrębie zatok. Przydatne przy obiektywizacji tego zjawiska byłyby dodatkowe badania zwłok ofiar utonięcia będących w stanie rozkładu lub badania przeprowadzone po upływie znacznego czasu od zgonu.

Większość badań omawia zatoki łącznie. Jedyne Kawasumi i wsp. [10] dokonują rozróżnienia pomiędzy zatokami szczękowymi i klinowymi. Nawet gdy wyniki są spójne z wynikami innych badań, trudno je porównać i nie muszą odnosić się do wszystkich zatok.

Tchawica i oskrzela

Płyn (czułość 93%, PPV 70%) oraz osady o wysokiej gęstości (specyficzność 100%) w obrębie tchawicy i oskrzeli głównych są oznaką wnikięcia wody do dróg oddechowych. Filograna i wsp. [11] wykazali spójność wyników sekcji z badaniami metodą TK. Ewentualne różnice w umiejscowieniu i ilości zaaspirowanego materiału w obrębie dużych dróg oddechowych można wytłumaczyć niewielką ilością wody, która przedostała się do układu oddechowego, bądź przemieszczeniem się płynu podczas sekcji zwłok (przy zmianie pozycji ciała).

W przeciwieństwie do osadów obecność płynu w drogach oddechowych nie jest specyficzna dla utonięcia. Płyn może się tworzyć w zaawansowanych stanach rozkładu zwłok (nasze badania obejmowały ciała niebędące w stanie rozkładu) lub być efektem inhalacji okołosmiertnej [6, 13, 17]. Obecność płynu i osadów w zatokach może być podstawą do rozpoznania utonięcia. Według Levy i wsp. [7] oraz Aghayeva i wsp. [17] brak płynu w drogach oddechowych nie musi sam w sobie wykluczać diagnozy utonięcia (rzadkie przypadki skurczu krtani).

Mięszak płucny

Rozedma i obrzęk płuc

Zarówno rozedma, jak i obrzęk płuc mogą być skutkiem schorzeń bezpośrednio powiązanych bądź nie z przyczyną śmierci. Rozedma może mieć cha-

temortem regurgitation, postmortem effusion or antemortem sinusitis [6, 7]. Cases of idiopathic sphenoid sinus CSF rhinorrhoea, either spontaneous or due to traumatic or iatrogenic causes, have also been described in the literature [15, 16]). In the literature we found no CT cases illustrating passive postmortem passage of fluid within sinuses. Further works on putrefied drowning victims or with significant postmortem interval may be helpful to study this phenomenon.

Most studies focus on the entire sinus. Only Kawasumi *et al.* [10] distinguished the maxillary sinus and sphenoid sinuses. Even if the results are concordant with those of other studies, they are difficult to compare and the results may not be applicable to all sinuses.

Trachea and bronchi

In the trachea and the main bronchi, the presence of fluid (sensitivity 93%, PPV 70%) and high-density sediment (specificity 100%) is a sign of water inhalation. Filograna *et al.* [11] demonstrated concordance between autopsy findings and CT. Any differences in location and amount of aspirated material in large airways may be explained by a small amount of inhaled water or a movement of fluid during autopsy (when the position of the body is changed).

Unlike the presence of sediment, the presence of fluid in the airway is not specific to drowning. Fluid may be produced during advanced putrefactive states (whereas our studies concerned bodies that were not decomposed) or can be found in cases of perimortem inhalation [6, 13, 17]. The presence of fluid and sediment can establish the diagnosis of drowning. According to Levy *et al.* [7] and Aghayev *et al.* [17], the isolated absence of fluid in the airways cannot exclude the diagnosis of drowning (rare cases of laryngospasm).

Pulmonary parenchyma

Emphysema and oedema

Both these conditions can be caused by diseases that are directly related or unrelated to the cause of death. Emphysema can be acute and result from airway obstruction, another mechanism of drowning.

rakter ostrej i wynikać z niedrożności dróg oddechowych, innego mechanizmu utonięcia. Może mieć również charakter przewlekły, a jej przyczyną może być przewlekła choroba płuc, np. przewlekła obturacyjna choroba płuc lub niedobór α_1 -antytrypsyny [18, 19]. Obrzęk płuc, zarówno ostrej, jak i przewlekły, może być spowodowany niewydolnością serca o różnym podłożu. Przyczyną obrzęku mogą być również procedury resuscytacyjne. Rozpoznanie rozedmy płuc na podstawie pomiaru wysokości przepony jest stosunkowo trudne ze względu na zmienność anatomiczną lub pozycję ciała. Wyniki pośmiertnej TK zostały jednak potwierdzone konwencjonalną sekcją zwłok [7, 9].

Skurcz oskrzeli

Podstawowymi rozpoznaniami różnicowymi w przypadku skurczu oskrzeli są: astma, przewlekłe zapalenie oskrzeli oraz wstrząs anafilaktyczny. Schorzenia te można wykluczyć na drodze rozpoznania histopatologicznego [18].

Zmiany typu objaw matowej szyby

Obecność GGO obserwowano u części ofiar utonięcia oraz u części osób z grupy kontrolnej. Zmiana GGO z cechami konsolidacji lub bez nich stanowi objaw niespecyficzny w praktyce klinicznej [7, 11, 13]. Zmiany tego typu wskazują na częściowe wypełnienie przestrzeni powietrznych płynem wysiękowym lub przesiękowym, a także śródmiąższowe zagęszczenia lub częściowe zapadanie się pęcherzyków płucnych. W diagnostyce różnicowej GGO należy uwzględnić różne przyczyny, np. obrzęk płuc, zakażenia (w tym cytomegalowirusem i pneumocystozę), niezakaźne schorzenia tkanki śródmiąższowej płuc (np. alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, zespół Hammana-Richa), rozlane krwawienie pęcherzykowe oraz kryptogenne organizujące się zapalenie płuc [20].

Żołądek

Podobnie jak w przypadku zatok i dróg oddechowych osady w żołądku wydają się swoistym objawem towarzyszącym wnikaniu wody do dróg oddechowych podczas utonięcia. Czułość oznaczona dla tego objawu nie jest jednak wysoka. Rozstrzeń żołądka cechuje się dobrą czułością diagnostyczną, lecz nie jest specyficzna. Może być spowodowana procedurami resuscytacyjnymi, spożywaniem płynów przed śmiercią oraz

It can be chronic and result from a chronic lung disease, such as chronic obstructive pulmonary disease or α_1 -antitrypsin deficiency [18, 19]. Pulmonary oedema, whether acute or chronic, can be potentially a reflection of heart failure, which can have many causes. Resuscitation procedures may be the cause of this oedema. Determining the presence of emphysema by measuring the height of the diaphragm appears to be difficult due to anatomical variations or body position. However, PMCT results were confirmed at autopsy [7, 9].

Bronchospasm

Asthma, chronic bronchitis, and anaphylactic shock are the main differential diagnoses, and they can be excluded by histopathological diagnosis [18].

Ground-glass opacity

An overlap was observed between drowning subjects and control groups for the presence of GGO. Ground-glass opacity with or without consolidations is a non-specific pattern in clinical practice [7, 11, 13]. It indicates a partial filling of air spaces by exudate or transudate, as well as interstitial thickening or partial collapse of lung alveoli. The differential diagnosis of many causes of GGO includes pulmonary oedema, infections (including cytomegalovirus and *Pneumocystis carinii* pneumonia), various non-infectious interstitial lung diseases (such as hypersensitivity pneumonitis, Hamman-Rich syndrome), diffuse alveolar haemorrhage, and cryptogenic organising pneumonia [20].

Stomach

As in the sinuses and airways, the presence of sediment in the stomach appears to be specific to inhalation of water during drowning. However, sensitivity was not high. Gastric distension has good diagnostic sensitivity but is not specific. Indeed, gastric distension can be influenced by resuscitation, by drinking before death, and all the other multiple reasons that lead to a distension or a dilution. Sedimentation can be influenced by the premortem content of the stomach.

wieloma innymi przyczynami powodującymi rozszerzenie lub rozcińczenie. Obecność osadów może mieć związek z przedśmiertną treścią żołądkową.

Hemodylucja

Należy przyjąć, że gęstość krwi < 55 HU oznacza stan hemodylucji. Stopień hemodylucji w komorach serca jest wprawdzie istotnie wyższy w przypadku utonięcia w wodzie słodkiej, jednak wpływ na wyniki i niezawodność testów mają takie czynniki, jak możliwość pozyskania próbek krwi i pośmiertny rozkład zwłok [14]. Badania opisują zjawisko przeciwne w utonięciach w wodzie słonej, jednak żadne z doniesień nie zawiera wyników ilościowych. Hemodylucja może mieć różne podłoże i nie ma charakteru specyficznego dla utonięcia [21, 22]. Może towarzyszyć przewlekłej lub ostrej niedokrwistości około- lub przedśmiertnej lub występować po przywróceniu objętości płynów, jeżeli stosowano procedury resuscytacyjne [22]. Czynniki te mogą również tłumaczyć hemodylucję obserwowaną w przypadkach podtopienia. Obecność tego objawu nie pozwala na rozpoznanie utonięcia, lecz stanowi argument na korzyść takiej diagnozy. Jedyne dostępne badanie dotyczące hemodylucji nie wspomina o zjawisku sedymentacji krwi wewnątrz jam ciała. W związku z tym nieznanym jest wpływ sedymentacji sercowej na przeprowadzane pomiary.

Podsumowując – na podstawie całości wyników ujętych w przeglądzie oraz ich analizy opracowano algorytm decyzyjny usprawniający diagnostykę utonięcia pośmiertnym badaniem TK (ryc. 1.). Algorytm ten utworzono przez zintegrowanie wszystkich wyników uzyskanych dla czułości, specyficzności, PPV i NPV we wszystkich pracach, które uwzględniono w obliczeniach.

Wniosek

Obecność osadów w zatokach, drogach oddechowych i żołądku wydaje się kluczową cechą warunkującą rozpoznanie utonięcia. Wszystkie badania objęte przeglądem dotyczyły utonięć w wodzie słodkiej oraz grup o małej liczebności. Obecność osadów jest uzależniona od właściwości wody, dlatego korzystne byłoby przeprowadzenie badania obejmującego większą liczbę przypadków zgonu w różnych środowiskach wodnych ze szczególnym uwzględnieniem wody słonej.

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Haemodilution

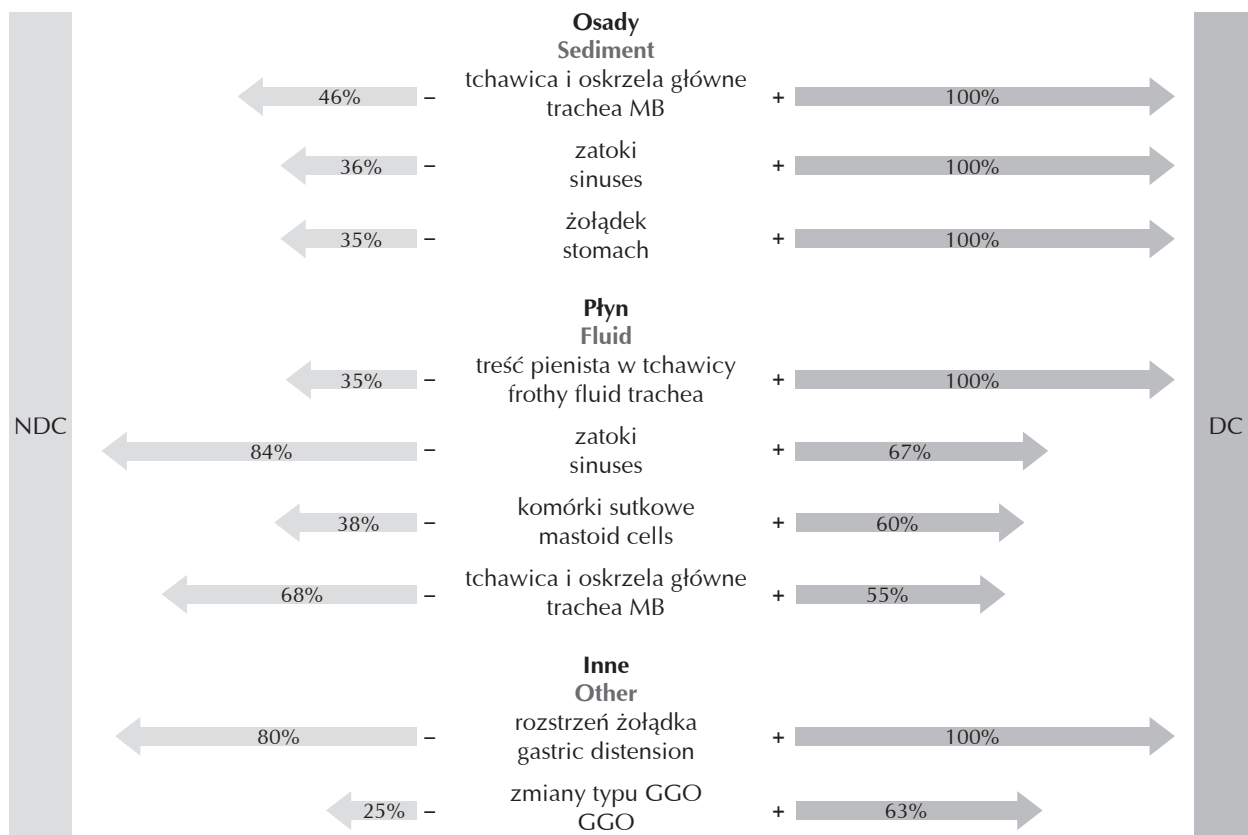
We consider that a blood density below 55 HU is indicative of haemodilution. Although haemodilution in the cardiac chambers is significantly greater in fresh-water drowning, the performance and reliability of tests are influenced by the possibility of obtaining blood samples and by post-mortem putrefaction [14]. The studies describe an opposite phenomenon in salt-water drowning, but none provides quantitative results. Haemodilution may be of various origins and is not specific to drowning [21, 22]. It may be present in chronic or acute perimortem or premortem anaemia or after restoration of fluid volume if resuscitation procedures were carried out [22]. The latter may explain why haemodilution is present in cases of near drowning. Haemodilution does not establish the diagnosis of drowning but is an argument in its favour. The only study available concerning haemodilution did not describe the phenomenon of intra-cavity blood sedimentation. Consequently, the consequences of cardiac sedimentation on the measures performed are unknown.

In summary, by using all the results obtained during this review and after discussion of each point, we were able to establish a decision-making algorithm to assist in the diagnosis of drowning by PMCT (Fig. 1). This algorithm was developed by combining all of the results of sensitivity, specificity, PPV, and NPV of the articles reviewed, which we added to our calculations.

Conclusions

Overall, the presence of sediment in the sinuses, airways, and stomach appears to be the key to the diagnosis of drowning. The studies reviewed all related to drowning in fresh water and to small series. The presence of sediment is dependent on the nature of the water, and it would be interesting to conduct a study of a larger number of deaths in various watery environments, particularly in salt water.

The authors declare no conflict of interest.



NDC – przypadki inne niż utonięcie; DC – przypadki utonięcia; MB – oskrzela główne; GGO – zmiany o charakterze matowej szyby
 strzałki w prawo – dodatnia wartość predykcyjna; strzałki w lewo – ujemna wartość predykcyjna
 NDC – non-drowning cases; DC – drowning cases; MB – main bronchi; GGO – ground-glass opacity
 right arrows – positive predictive value; left arrows – negative predictive value

Ryc. 1. Wspomaganie procesu decyzyjnego w diagnostyce utonięcia
 Fig. 1. Decision support for the diagnosis of drowning

Piśmiennictwo

References

1. Beauthier JP. Traité de Médecine Légale. Paris, De Boeck Université 2007.
2. Knight B, Saukko PJ. Knight's Forensic Pathology. London, Arnold 2004.
3. DiMaio D, DiMaio VJ. Forensic Pathology, Boca Raton, FL, CRC Press 2001.
4. Woźniak K, Urbanik A, Rzepecka-Woźniak E, Moskała A, Klys M. Postmortem CT examination in a case of alleged drowning – a case report. Arch Med Sąd Kryminol 2009; 59: 330-336.
5. Christe A, Aghayev E, Jackowski C, Thali MJ, Vock P. Drowning post mortem imaging findings by computed tomography. Eur Radiol 2008; 18: 283-290.
6. Christe A, Flach P, Ross S, Spendlove D, Bolliger S, Vock P, Thali MJ. Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: Specific and unspecific postmortem signs. Leg Med (Tokyo) 2010; 12: 215-222.
7. Levy A, Harcke HT, Getz JM, Mallak CT, Caruso JL, Pearse L, Frazier AA, Galvin JR. Virtual autopsy: two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. Radiology 2007; 243: 862-868.
8. Van Hoyweghen A, Jacobs W, Op de Beeck B, Parizel P. Can post mortem CT reliably distinguish between drowning and non drowning asphyxiation? A prospective study. Abstract. 1st Congress of the International Society of Forensic Radiology and Imaging 2012.
9. Kawasumi Y, Kawabata T, Sugai Y, Usui A, Hosokai Y, Sato M, Saito H, Ishibashi T, Hayashizaki Y, Funayama M. Assessment of the relationship between drowning and fluid accumulation in the paranasal sinuses on post mortem computed tomography. Eur J Radiol 2012; 81: 3953-3955.

10. Kawasumi Y, Kawabata T, Sugai Y, Usui A, Hosokai Y, Sato M, Saito H, Ishibashi T, Hayashizaki Y, Funayama M. Diagnosis of drowning using post-mortem computed tomography based on the volume and density of fluid accumulation in the maxillary and sphenoid sinuses. *Eur J Radiol* 2013; 82: E562-566.
11. Filograna L, Bolliger S, Ross SG, Ruder T, Thali MJ. Pros and cons of post-mortem CT imaging on aspiration diagnosis. *Leg Med (Tokyo)* 2011; 13: 16-21.
12. Gluecker T, Capasso P, Schnyder P, Gudinchet F, Schaller MD, Revelly JP, Chiolero R, Vock P, Wicky S. Clinical and radiologic features of pulmonary edema. *Radiographics* 1999; 19: 1507-1531.
13. Kim K, Lee K, Tomiyama N, Johkoh T, Ichikado K, Kim CW, Lee SH. Near drowning: thin-section CT findings in six patients. *J Comput Assist Tomogr* 2000; 24: 562-566.
14. Ambrosetti MC, Barbiani C, El-Dalati G, Pellini E, Raniero D, De Salvia A, Pozzi Mucelli R. Virtual autopsy using multislice computed tomography in forensic medical diagnosis of drowning. *Radiol Med* 2012; 118: 679-687.
15. Gupta M, Bindra G, Bindra G, Singh S. Idiopathic sphenoid sinus CSF rhinorrhoea. *BMJ Case Rep* 2013; 2013: pii: bcr2013009416. doi: 10.1136/bcr-2013-009416.
16. Daele JJ, Goffart Y, Machiels S. Traumatic, iatrogenic, and spontaneous cerebrospinal fluid (CSF) leak: endoscopic repair. *B-ENT 7 Suppl* 2011; 17: 47-60.
17. Aghayev E, Thali M, Sonnenschein M, Hurlimann J, Jackowski C, Kilchoer T, Dirnhofer R. Fatal steamer accident; blunt force injuries and drowning in post-mortem MSCT and MRI. *Forensic Sci Int* 2005; 152: 65-71.
18. Collins J. CT signs and patterns of lung disease. *Radiol Clin North Am* 2001; 39: 1115-1135.
19. Bodlet A, Maury G, Jamart J, Dahlqvist C. Influence of radiological emphysema on lung function test in idiopathic pulmonary fibrosis. *Respir Med* 2013; 107: 1781-1788.
20. Battista G, Sassi C, Zompatori M, Palmarini D, Canini R. Ground-glass opacity: interpretation of high resolution CT findings. *Radiol Med* 2003; 106: 425-442.
21. Nishi K, Takasu A, Shinozaki H, Yamamoto Y, Sakamoto T. Hemodilution as a result of aggressive fluid resuscitation aggravates coagulopathy in a rat model of uncontrolled hemorrhagic shock. *J Trauma Acute Care Surg* 2013; 74: 808-812.
22. Westenbrink BD, Kleijn L, van der Meer P. Haemodilution is a mechanism of anaemia in patients with heart failure: reply. *Eur J Heart Fail* 2013; 15: 1075-1076.

Adres do korespondencji

Adress for correspondence

Catherine Raux
 CHU Toulouse Rangueil – Service de Médecine Légale
 1 avenue du professeur Jean Poulhès
 TSA 50032, Cedex 9
 31059 Toulouse, France
 e-mail: cathy.raux@yahoo.fr