

Prof. W. LINDEMAN

**TOKSYKOLOGICZNA
KLASYFIKACJA CHEMICZNYCH
ŚRODKÓW BOJOWYCH**

WARSZAWA

SKŁAD GŁÓWNY: GŁÓWNA KSIĘGARNIA WOJSKOWA

1927

Prof. W. LINDEMAN

**TOKSYKOLOGICZNA
KLASYFIKACJA CHEMICZNYCH
ŚRODKÓW BOJOWYCH**

WARSZAWA

SKŁAD GŁÓWNY: GŁÓWNA KSIĘGARNIA WOJSKOWA

1927

Zatrucia bojowe odgrywały już poważną rolę w czasie wojny światowej i rola ich niewątpliwie będzie jeszcze znacznieszą w przyszłości. Dla lekarza wojskowego staje się więc koniecznością dokładnie zapoznać się tak z możliwymi przyczynami tych zatruc, jak i z własnościami toksykologicznymi poszczególnych trucizn. Liczba tych trucizn już w obecnej chwili bardzo znaczna, będzie niewątpliwie ciągle wzrastała i orjentacja wśród tych niezliczonych środków jest mniej więcej możliwą tylko na podstawie dokładnej klasyfikacji naukowej. Niższy artykuł przedstawia próbę takiej klasyfikacji.

Przyczyną zatruc bojowych w przeważającej liczbie wypadków jest świadome zastosowanie środków bojowych dla niszczenia lub uszkodzenia sił nieprzyjaciela. Takie wypadki można oznaczyć jako *zatrucia świadome*. Obok tych świadomych zatruc rozpoczynają odgrywać coraz większą rolę również zatrucia substancjami, których powstanie jest przypadkowym skutkiem bądźto używania w odpowiednich wypadkach terazniejszych materiałów wybuchowych, bądźto zastosowanie t. zw. zasłon dymowych. Takie zabiegi są niekiedy niebezpieczne w znacznym stopniu dla własnych wojsk i będą oczywiście odgrywały w bliskiej przyszłości dość poważną rolę z punktu widzenia sanitarnego. Tego rodzaju zatrucia są *zatruciami nieświadomymi*.

Obydwa omówione rodzaje zatruc mogą powstać tylko w warunkach wojny lub ćwiczeń wojskowych, lecz konieczność wyrobu tak trucizn bojowych, jak również wielkiej ilości środków wybuchowych, który to wyrób przedstawia obecnie poważną gałąź przemysłu chemicznego, stwarza warunki, w których zatrucia całym szeregiem środków bojowych stają się możliwe również w czasach pokoju w postaci *zatruc zawodowych*. Do tych ostatnich musimy dołączyć również zawodowe zatrucia samymi materiałami wybuchowymi, z których znaczna część posiada wybitne trujące własności.

Obecne klasyfikacje chemicznych środków oraz zatruc bojowych liczyły się prawie wyłącznie ze świadomymi zatruciami bojowymi. Trujące własności środków wybuchowych były zbadane tylko w nielicznej ilości

wypadków, działanie gazów wybuchowych, lub raczej powybuchowych, jest prawie jeszcze całkiem niezbadane, o ile chodzi o inne składniki po za tlenkiem węgla. Podstawą dla tych klasyfikacji były albo względy taktyki bojowej, albo pewne dane chemiczne, dotyczące składu tych trucizn, albo dość nieściśle dane o istocie ich fizjologicznego działania. Dlatego w poszczególnych państwach używano nieco odmiennych klasyfikacji. Tak więc we Francji w czasie wojny była rozpowszechniona klasyfikacja, która była długi czas również stosowana i w Polsce. Klasyfikacja ta składa się z podziału chemicznych środków bojowych na cztery grupy: duszących, drażniących, żrących i trujących. Następnie już po wojnie (1921) ta klasyfikacja była udoskonalona w następujący sposób. Dołączono grupę dymów bojowych (*substances fumigènes*), wydzielono z grupy środków trujących w samodzielne grupy tlenek węgla i kwas pruski, grupę środków drażniących podzielono na grupy lakrymatorów, sternuatorów i trucizn równowagi (*s. labyrinthiques*). Anglicy stosowali czysto taktyczny podział zależnie od celu, dla którego stosowano poszczególne środki. W ten sposób powstały 4 grupy: środków zabójczych, środków niezabójczych (drażniących), środków używanych dla trwałego zanieczyszczenia terenu i środków używanych dla tymczasowego zanieczyszczenia powietrza w postaci fal gazowych lub obstrzału pociskami i minami. Amerykańska klasyfikacja ma podobną do francuskiej podstawę toksykologiczną. Według niej rozróżniano: trucizny płucne, sternity, lakrymatory, środki skórne (parzące), trucizny systemu nerwowego i trucizny krwi. Niemcy za wyjątkiem pierwszych ataków za pomocą fal chlorowych nie używali czystych trucizn i oznaczenia dotyczyły przede wszystkim barwnych znaków na pociskach. W specjalnych pracach stosowano podział podobny do amerykańskiego, mianowicie odróżniano środki wywołujące łożawienie, środki uszkodzające płuca, grupę kwasu pruskiego, grupę iperytu, grupę pochodnych arsenu, gazy wybuchowe.

Jak można wnioskować z tego zarysu, żadna z tych klasyfikacji nie obejmuje ani całokształtu substancji proponowanych, jako chemiczne środki bojowe, ani nawet wszystkich obecnie używanych sposobów ich zastosowania. Z punktu widzenia lekarskiego poszczególne grupy tych klasyfikacji nie odpowiadają obecnie znanym postaciom zatrucia i nie mogą z odpowiednią ścisłością być zróżniczkowane na podstawie klinicznego obrazu zatrucia. Do tego trzeba jeszcze dodać, że obecnie prawie nie używano czystych poszczególnych trucizn lecz zawsze mniej więcej skomplikowanych mieszanin, jak również, że już w czasie wojny światowej stosowano t. zw. *Buntschiessen* t. j. obstrzału kilkoma gatunkami pocisków gazowych jednocześnie. Fizjologiczne działanie chemicznych środ-

ków bojowych jest dalej zależne nie tylko od ich jakości, lecz w bardzo znacznym stopniu od warunków ilościowych ich zastosowania t. j. od dawki i od stężenia. Mimo to prawdziwa klasyfikacja chemicznych środków bojowych staje się konieczną, gdy tylko rozpoczniemy wyjaśnienie treści działania poszczególnych trucizn, jak również ocenę działania nowych nie używanych jeszcze dotychczas środków bojowych. Istniejące podziały nie określają w wystarczający sposób ani losów danej trucizny w ustroju, ani treści jej działania i są zbudowane na podstawach tak ogólnikowych, iż ten sam środek może z jednakowym prawem być zaliczony do każdego prawie z tych podziałów.

Pierwsza próba ściślejszej klasyfikacji chemicznych środków bojowych była wykonana przeze mnie w moim podręczniku Toksykologii chemicznych środków bojowych (Warszawa 1925). Próba ta polegała na przeciwstawieniu trucizn z działaniem wyłącznie ogólnem i trucizn, których istota działania polega przedewszystkiem na uszkodzeniach miejscowych. Trucizny z działaniem miejscowym podzielono według najbardziej dotkniętych niemi narządów na: trucizny oddechowe, wywołujące anatomiczne uszkodzenia narządów oddechowych, trucizny odruchowe, których działanie polega na wyraźnym podrażnieniu przedewszystkiem tak zwanych powierzchni alarmowych i, jako skutek tego podrażnienia, na zjawiskach odruchowych i trucizny skórne, których istota działania składa się z zapalenia tak skóry, jak również dostępnych błon śluzowych. Taki podział odpowiada mniej więcej symptomatologii zatruc bojowych. Istotnie wszystkie skutki zatruc chemicznymi środkami bojowymi są albo przejściowymi czynnościowymi zjawiskami, przeważnie charakteru odruchowego, albo anatomicznymi zmianami spojówki, rogówki, śluzówki jamy nosogardzielowej, gardzieli i krtani oraz oskrzeli i płuc, a w niektórych wypadkach również i skóry. W dalszym ciągu dołączają się do tego po pierwsze, powikłania pochodzenia zakaźnego, a po drugie skutki niewystarczającej kompensacji po powstałych uszkodzeniach.

W zasadzie podział na te cztery grupy może być zachowany i teraz. Co się tyczy jednak szczegółów, to cały szereg nowych badań, z których pewna część była wykonana przeze mnie osobiście i przez moich współpracowników, zmusza do wprowadzenia pewnych zmian. Treścią tych zmian jest przedewszystkiem dalej posunięte ustalenie zależności toksycznych własności od chemicznego składu i budowy poszczególnych substancji, a następnie konieczność dokładniejszej oceny z punktu widzenia toksykologicznego trujących dymów bojowych, oraz nieświadomych zatruc dymami osłaniającymi, gazami powybuchowymi i samymi materiałami wybuchowymi.

Przy rozpatrywaniu tych trucizn z punktu widzenia wyłącznie toksykologicznego t. j. przy nieliczeniu się z ich użytecznością oraz sposobem zastosowania, będziemy mieli podział następujący:

A) Środki z wyraźnym działaniem miejscowym.

Działanie ogólne lub uszkodzenia odległych narządów może być obecne lub brakować. W razie jego obecności występuje typowy organotropizm. Według doświadczeń wojny światowej tylko takie trucizny nadawały się jako środki bojowe. Zależne od swoich fizycznych własności — gazy i lotne płyny, ciężkie mało lotne płyny i ciała stałe — mogą być używane w postaci środków zatruwających powietrze, w postaci środków zanieczyszczających teren i jako dymy bojowe. Gdy w działaniu prawdziwych trucizn oddechowych oraz drażniących istotą działania jest w znacznym stopniu zależna od stężenia ich pary, dymy bojowe utrzymują się w powietrzu w postaci drobnego pyłu lub mgły i działają na tkanki w nierozcieńczonym stanie. Fizyczny stan każdej substancji zależy od zewnętrznych warunków i dla tego nie może stać się podstawą klasyfikacji.

Za prawdziwą podstawę dla naukowej klasyfikacji może służyć tylko pewna toksykologiczna cecha, wspólna wszystkim przedstawicielom danego ugrupowania i nie dająca się stwierdzić u innych substancji. W wielu wypadkach taka cecha jest zależna od pewnych szczegółów składu lub budowy chemicznej. Ponieważ takie chemiczne cechy są stosunkowo łatwe do stwierdzenia, przeto poszczególne grupy oznaczają się zwykle nazwami chemicznymi bądź to stosując do tego celu nazwę najwybitniejszego środka z danej grupy, bądź to oznaczając budowę molekuli, bądź też budowę tych produktów rozkładu, których działanie tworzy istotę uszkodzeń ustroju zwierzęcego w zatruciu.

Zestawiając tedy według zdolności wywoływania określonych zmian w ustroju wszystkie związki chemiczne, znajdujące zastosowanie jako trucizny bojowe o cechach trucizn miejscowych, wnioskujemy, iż pewna ich część są to kwasy nieorganiczne lub też stają się źródłem powstawania tych kwasów wskutek przyłączenia się cząsteczki wody (przy hydrolizie). Wszystkie takie substancje w razie zastosowania ich w wystarczającej ilości, są w stanie wywołać ogólne zatrucie, kwasicę lub acidozę, a w razie wystarczającego stężenia spowodować strącenie białka i przez to natychmiastowe obumarcie zarodki. Zdolność do strącania białka jest nie jednakowa dla poszczególnych kwasów i tylko częściowo zależy od stopnia dysocjacji (napięcia jonów wodoru). Tak więc granica strącania

białka surowicy krwi w obecności soli zawartych w jej popiele jest dla kwasu azotowego 2%, jodowodoru 3%, chlorowodoru 8%, kwasu siarkowego 20%. Są to więc bardzo znaczne stężenia, co tłumaczy w sposób wystarczający, czemu oparzenia parami tych kwasów ograniczają się do samych tylko powierzchniowych warstw tkanek.

Kwasica, czyli acidoza, która powstaje we wszystkich zatruciach kwasami tak nieorganicznymi, jak i organicznymi, mocniejszymi od kwasu węglowego, ma jako skutek obniżenie zawartości we krwi CO_2 , obniżenie zdolności do pochłaniania nadmiaru CO_2 , oraz podniesienie napięcia jonów wodoru, co powoduje zmniejszenie się liczby P_H . Takie warunki są następstwem połączenia wprowadzonego kwasu z dwuwęglanem sodu we krwi. Ponieważ tkanki ustroju są obfitym źródłem zasady tak w postaci amoniaku, jak również dwuwęglanu sodu, dla powstania wyraźnej i przede wszystkim trwałej kwasicy potrzeba bardzo dużych ilości kwasów (zwłaszcza u zwierząt mięso i wszystkożernych), a powstała po zatruciu kwasami acidoza bywa bardzo krótkotrwała. W wypadkach nawet śmiertelnych zatruc chlorem i fosgenem ledwie udaje się ustalić obecność kwasicy bezpośrednio po zatruciu, w zatruciach zaś truciznami drażniącymi, z których np. chloroarsyny i eter dwuchlorometylowy natychmiast rozkładają się z powstaniem kwasu solnego, jest ona tak znikoma już wskutek małości śmiertelnej dawki, iż nie daje się ustalić w żaden sposób.

Dlatego, wbrew pogładowi wielu autorów, zatrucie kwasem solnym nie stanowi istoty działania żadnej z trucizn bojowych, co można już wnioskować choćby z tego, że śmiertelna dawka kwasu solnego jest kilka razy większa niż np. fosgenu.

Najpospolitszym kwaśnym produktem hydrolizy trucizn bojowych jest właśnie kwas solny. W niektórych wypadkach taką samą rolę odgrywa kwas bromowodorowy, ponieważ brom jest również zwykłym składnikiem licznych trucizn. Trucizny, dające przy hydrolizie ten lub inny z tych kwasów, tworzą pierwszą grupę trucizn bojowych — grupę kwasu solnego (1).

Ta grupa daje się podzielić na następujące podgrupy:

a) Podgrupa samych chlorowców chloru i bromu, które były używane jako takie w postaci fal gazowych. Charakterystycznym dla ich działania jest znaczne anatomiczne uszkodzenie tkanek w miejscu zastosowania, przy stosunkowo słabym działaniu ogólnym. Daje to możliwość powstania wyraźnej acidozy, największej ze wszystkich jej postaci w zatruciach bojowych. Losy chlorowców w ustroju i sposób połączenia ich ze składnikami zarodzi są jeszcze bardzo mało wyjaśnione. Przy dożylnym wprowadzeniu wody chlorowej, chlor działa w sposób zabójczy

w dawkach znacznie mniejszych niż przy dostarczeniu go przez drogi oddechowe i jest bardziej jadowity niż kwas solny w ilościach, które mogłyby z niego powstać. Swoiste jego działanie nie podlega żadnej wątpliwości.

b) Czyste ogólne działanie kwasu solnego razem z wyraźną martwicą tkanek w miejscu zadziałania jest typowym dla podgrupy b, tak zwanych dymów żrących, do których należą stosowane w dość poważnych rozmiarach w czasach wojny: czterochlorek cyny, czterochlorek tytanu i czterochlorek krzemu, naogół dość łagodne środki z działaniem czysto miejscowym. Ilość kwasu solnego, która może być zastosowana w ten sposób, jest za mała dla wywołania poważniejszej acidozy, a tlenki cyny, tytanu i krzemu nie wywołują głębszych uszkodzeń. Znacznie więcej szkodliwymi są należące do tejże podgrupy chlorki siarki, przede wszystkim SCl_4 i w jeszcze większym stopniu trójchlorek arsenu i chlorek chromilu. Rola kwasu solnego w zatruciach temi substancjami jest znikoma wobec działania kwasu arsenowego i chromowego.

c) Przejściową podgrupę pomiędzy grupami kwasu solnego i siarkowego tworzą chlorowe pochodne tego ostatniego, które przy hydrolizie dają kwas solny i kwas siarkowy i analogiczne pochodne kwasu siarkawego. Używano ich również jako żrących dymów bojowych. Napastliwość ich jest stosunkowo niewielka.

Drugą grupę tworzą bezwodniki kwasu siarkowego SO_3 i siarkawego SO_2 , z których składa się grupa kwasu siarkowego (2). Istota ich działania na ustrój jest również, jak i powinowatej grupy 1 c. wyłączne działanie mocnych kwasów. Napastliwość jest znacznie mniejsza niż kwasu solnego, jak to już a priori można wnioskować z koncentracji niezbędnej dla strącenia białka. SO_3 używano jako żrącego dymu bojowego, SO_2 jako duszącego gazu dla fal oraz dla celów dezynfekcji i derytyzacji. Mieszanina SO_2 z CO_2 tworzy znany gaz Claytonowski. W ustroju i nawet w wilgotnem powietrzu oba bezwodniki natychmiast łączą się z wodą, tworząc kwasy. Oparzenia kwasem siarczanym dają przy zbliżeniu obfite masy tkanki ziarninowej i następne bardzo twarde, kurczące się blizny, co występuje nie tylko w razie dość pospolitych oparzeń przetyku i żołądka, lecz również i przy działaniu na aparat oddechowy.

Trzecią grupę, grupę kwasu fosforowego (3), tworzy sam tylko fosfor. Będąc w postaci białego fosforu jedną z najmniejbezpieczniejszych trucizn ogólnych (trucizną przemiany materji) i tworząc również szereg trujących połączeń z wodorem (P_4H_2 , P_2H_4 i PH_3) — wybitne trucizny

w dawkach znacznie mniejszych niż przy dostarczeniu go przez drogi oddechowe i jest bardziej jadowity niż kwas solny w ilościach, które mogłyby z niego powstać. Swoiste jego działanie nie podlega żadnej wątpliwości.

b) Czyste ogólne działanie kwasu solnego razem z wyraźną martwicą tkanek w miejscu zadziałania jest typowym dla podgrupy b, tak zwanych dymów żrących, do których należą stosowane w dość poważnych rozmiarach w czasach wojny: czterochlorek cyny, czterochlorek tytanu i czterochlorek krzemu, naogół dość łagodne środki z działaniem czysto miejscowym. Ilość kwasu solnego, która może być zastosowana w ten sposób, jest za mała dla wywołania poważniejszej acidozy, a tlenki cyny, tytanu i krzemu nie wywołują głębszych uszkodzeń. Znacznie więcej szkodliwymi są należące do tejże podgrupy chlorki siarki, przede wszystkim SCl_4 i w jeszcze większym stopniu trójchlorek arsenu i chlorek chromilu. Rola kwasu solnego w zatruciach temi substancjami jest znikoma wobec działania kwasu arsenowego i chromowego.

c) Przejściową podgrupę pomiędzy grupami kwasu solnego i siarkowego tworzą chlorowe pochodne tego ostatniego, które przy hydrolizie dają kwas solny i kwas siarkowy i analogiczne pochodne kwasu siarkawego. Używano ich również jako żrących dymów bojowych. Napastliwość ich jest stosunkowo niewielka.

Drugą grupę tworzą bezwodniki kwasu siarkowego SO_3 i siarkawego SO_2 , z których składa się grupa kwasu siarkowego (2). Istota ich działania na ustrój jest również, jak i powinowatej grupy 1 c. wyłączne działanie mocnych kwasów. Napastliwość jest znacznie mniejsza niż kwasu solnego, jak to już a priori można wnioskować z koncentracji niezbędnej dla strącenia białka. SO_3 używano jako żrącego dymu bojowego, SO_2 jako duszącego gazu dla fal oraz dla celów dezynfekcji i deratyzacji. Mieszanina SO_2 z CO_2 tworzy znany gaz Claytonowski. W ustroju i nawet w wilgotnem powietrzu oba bezwodniki natychmiast łączą się z wodą, tworząc kwasy. Oparzenia kwasem siarczanym dają przy zbliżeniu obfite masy tkanki ziarninowej i następne bardzo twarde, kurczące się blizny, co występuje nie tylko w razie dość pospolitych oparzeń przetyku i żołądka, lecz również i przy działaniu na aparat oddechowy.

Trzecią grupę, grupę kwasu fosforowego (3), tworzy sam tylko fosfor. Będąc w postaci białego fosforu jedną z najniebezpieczniejszych trucizn ogólnych (trucizną przemiany materji) i tworząc również szereg trujących połączeń z wodorem (P_4H_2 , P_2H_4 i PH_3) — wybitne trucizny

systemu nerwowego oraz nabłonka pęcherzyków płucnych*) — fosfor odgrywa rolę w postaci trucizny bojowej tylko jako źródło gęstego dymu, powstającego przy jego spalaniu. Dym ten składa się przeważnie z pyłu bezwodnika kwasu fosforowego (P_2O_5) z nieznaczną domieszką bezwodnika kwasu fosforowego P_2O_3 . Obydwa te kwasy nie strącają białka nawet w mocnych stężeniach. (Własność strącenia białka posiada jednak kwas metafosforowy HPO_3). Dlatego trujące działanie dymu od spalania fosforu jest bardzo słabe.

W przeciwieństwie do tego, bardzo niebezpiecznymi truciznami są tlenki azotu, tworzące czwartą grupę, grupę kwasu azotowego (4). Z szeregu połączeń azotu z tlenem tylko pierwszy członek N_2O , podtlenek azotu jest pozbawiony własności drażniących i żrących i należy do typowych trucizn narkotycznych (gr. 20.). Wyższe tlenki NO , N_2O_3 dołączają tlen powietrza i tworzą brązowy dwutlenek azotu NO_2 , który jest zwykłym czynnikiem w tych zatruciach. Te tlenki powstają przede wszystkim przy używaniu mieszaniny kwasów azotowego i siarkowego dla nitracji w produkcji materiałów wybuchowych, wskutek czego odpowiednie zatrucia obserwowano w wielu wypadkach jako zatrucia zawodowe, a po drugie są one zwykłą domieszką gazów powybuchowych, powstałych przy spalaniu tych materiałów. Przy powolnym spalaniu domieszka ta może stać się bardzo znaczna. Kwas azotowy jest najmocniejszym z kwasów mineralnych jako środek strącający białko i wstępuje z białkiem w połączenie, tworząc żółty kwas ksantoproteinowy, wskutek czego miejsca oparzenia i wysięki (np. plwocina) są zabarwione na żółto. Jako domieszka do powietrza jest on jednym z najmocniejszych środków duszących. Stężenie $0,5/m_3$ NO_2 jest już bardzo niebezpieczne, $1/m^3$ absolutnie śmiertelne. Działanie polega na uszkodzeniu płuc. Ciekawym jest powolny zdradziecki przebieg rozwoju tych uszkodzeń. Ciężkie objawy zatrucia występują zwykle dopiero po upływie kilku godzin po wypadku. Do świadomych zatruc bojowych — NO_2 nie było używane.

Kwasy organiczne, mimo to, że niektóre z nich, jak na przykład kwas mrówczany, posiadają wyraźne własności drażniące, nie nadają się dla celów bojowych. Bardzo mocnymi środkami, użyteczniejszymi niż sam kwas siarkowy i chorosulfonowy, są organiczne ich pochodne, w których wodór lub wodorotlenek są zastąpione przez rodnik alkoholowy. (Grupa piąta — organicznych pochodnych kwasu siarkowego (5).

*) Według Kunkela (1899) domieszka $1/4$ — $1/2\%$ PH_3 do powietrza zabija zwierzęta przy objawach zaduszenia i typowych zmianach w płucach (obrzęk, toksyczna rozedma i niedodma).

Stosownie do swojej budowy te związki dzielą się na dwie podgrupy kwasów sulfonowych, w których alkil jest bezpośrednio połączony z rodnikiem SO_2 (zastępuje OH . kwasu siarkowego) i estrów kwasu siarkowego lub chlorosulfonowego, w których alkil zastępuje wodór tego wodorotlenku.

Kwasy alkilosulfonowe (5 a) są raczej truciznami ogólnymi, (dość słabymi), a miejscowe ich działanie nie różni się od działania kwasu siarkowego. Estry kwasu siarkowego i przede wszystkim chlorosulfonowego są wybitnymi środkami bojowymi*), mającymi cechy wyraźnego pneumotropizmu i wybitne własności drażniące. Siarczan dwumetylowy wywołuje zapalenie płuc nawet w razie zastosowania dożylnego. Kwasy alkilosulfonowe są jeszcze słabszymi odczynnikami, strącającymi białko niż sam kwas siarkowy, estry są nawet całkowicie pozbawione tej własności.

Następujący szereg grup obejmuje trucizny pozbawione zdolności strącania białka, lecz wskutek hydrolizy dających, również jak 1 grupa, pewne ilości kwasu solnego, względnie bromowodoru. Działanie tych środków polega albo na czynności ich nierozłożonej cząsteczki, albo na powstaniu specjalnych mało jeszcze znanych odczynów z zarodnią. Są one również wybitnymi środkami hamującymi lub niszczącymi działanie zarczynów, co czyni ich w pewnych wypadkach poważnymi truciznami ogólnymi.

Z tych środków na pierwsze miejsce musimy wysunąć, jako pochodną kwasów — grupę fosgenu (6). Zwykle rozpatrywano fosgen, jako chlorobezwodnik kwasu węglowego, lecz z punktu widzenia toksykologicznego i analogji jego działania z działaniem innych trucizn tej grupy, musimy raczej traktować go jako chlorobezwodnik kwasu chloromrówczanego Cl.COOH . Kwas ten, niezdolny do istnienia w czystym stanie daje estry z alkilami, szczególnie z metylem. Produkty chlorowania tego estru metylowego są właśnie substancjami posiadającymi takie same własności toksykologiczne, jak i fosgen. Zestawiając wzory tych substancyj, mamy:

Fosgen Cl. CO. Cl .

(Kwas chloromrówczany Cl. COOH).

Ester metylowy tego kwasu Cl.COO.CH_3 ,

Palit $\text{Cl. COO. CH}_2 \text{Cl}$.

Superpalit Cl. COO. CCl_3 ,

Chloromrówczan dwuchlorometylu Cl.COOCHCl_2 .

*) Francuskie sulvinite i vaillantite.

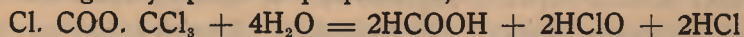
W fosgenie jak również w innych substancjach tej grupy chlor może być zastąpiony przez brom, np. bromofosgen COBr_2 , a w fosgenie tlen przez siarkę CSCl_2 (tiofosgen) bez zmiany zasadniczych własności tych substancyj.

Jeżeli fosgen jest chlorobezwodnikiem kwasu węglowego, to przy hydrolizie musi powstać kwas węglowy i dwie cząsteczki HCl .



Jeżeli zaś będziemy rozpatrywali go jako chlorobezwodnik kwasu chloromrówczanego to pierwszy okres hydrolizy daje nieistniejący w rzeczywistości związek Cl.COH i kwas podchlorawy HClO , a dołączenie drugiej cząsteczki wody kwas solny i kwas mrówczany, względnie tlenek węgla i wodę. $\text{COCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{HClO} + \text{HCl} + \text{HCOOH} = \text{HClO} + \text{HCl} + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$.

W analogiczny sposób superpalit daje:



Grupa fosgenowa posiada wybitne cechy działania toksycznego.

Ponieważ zatrucie fosgenem wywołuje wyraźną acidozę, a obecność CO , który byłby łatwym do ustalenia z widma krwi, nie mogła być dotychczas stwierdzona, musimy przyjąć jako słuszne przypuszczenie, że fosgen rozkłada się według pierwszego wzoru.

Jest to dość mocny środek drażniący i wybitna trucizna zaczynowa. Nawet suche nasiona po zadziałaniu fosgenu tracą zdolność do kiełkowania. W ustroju zwierzęcym zatrucie fosgenem i innymi substancjami tej grupy powoduje oprócz dość znacznej acidozy, specyficzne uszkodzenie nabłonka pęcherzyków płuc, oraz porażenie naczyń płucnych, co pociąga za sobą raptowne powstanie toksycznego obrzęku płuc, który niekiedy dochodzi do rozmiarów t. zw. *apoplexia serosa*, przepełnienia osoczem krwi wszystkich pęcherzyków i drobnych oskrzeli. Takie wystąpienie ze krwi jej osocza powoduje nadzwyczajne zgęszczenie krwi ze wszystkimi jego następstwami. Liczba czerwonych ciałek może osiągnąć 11.000.000 w 1 mm^3 i nawet wyżej. Równocześnie obserwowano osłabienie czynności serca i uszkodzenia tkanki płucnej, co staje się przyczyną odległych powikłań, występujących po upływie długiego czasu po zatruciu w postaci napadów astmatycznych i przewlekłej rozedmy. Środki należące do tej grupy są najniebezpieczniejszemi z trucizn bojowych.

Nie mniej wyraźna hydroliza połączona z powstaniem kwasów chloro- lub bromowodorowego jest również cechą chlorowanych i bromowanych eterów, tworzących następną (7) grupę. Według francuskiej klasyfikacji, grupa ta nosi nazwę *poissons labyrinthiques*, ponieważ jednym z najwięcej rażących objawów zatrucia jest utrata poczu-

cia równowagi. Obok tego są to wybitne trucizny drażniące i duszące. Drugim produktem ich hydrolizy są odpowiednie aldehydy: mrówczany, względnie octowy.

Typowa dla tych trucizn utrata poczucia równowagi jest prawdopodobnie raczej pochodzenia ośrodkowego i jest następstwem działania nierozłożonej molekuly eteru na odpowiednie ośrodki układu nerwowego.

Osmą grupę trucizn, traktowanych zwykle jako trucizny duszące, tworzą połączenia chlorowców z cyjanem, bardzo niebezpieczne środki bojowe (8). Bromek cyjanu jest znacznie czynniejszym, niż chlorek, którego działanie jest więcej zbliżone do działania kwasu pruskiego. Są to wybitne trucizny zaczynowe i w pewnych wypadkach trucizny krwi (jodek cyjanu wywołuje wyraźną methemoglobinemję). Istota działania ogólnego jest taką samą, jak kwasu pruskiego, co się tyczy miejscowego działania, jest to rzecz jeszcze zupełnie zagadkowa. W każdym razie nie obserwowano ani strącenia białka, ani hydrolizy. Również bardzo trwałymi w ustroju substancjami są przedstawiciele dziewiątej grupy — grupy chloropikryny (9). Chloropikryna, oraz analogiczna jej bromopikryna, CCl_3NO_2 i CBr_3NO_2 są to przede wszystkim już w stosunkowo małych stężeniach wybitne środki drażniące (lakrymatory). W mocniejszych stężeniach wywołują one anatomiczne uszkodzenia narządów oddechowych, mniejsze niż trucizny grupy chloru, lecz mocniejsze od fosgenu i bromku cyjanu. Są one wybitnymi truciznami zaczynowymi i wywołują również wyraźną methemoglobinemję. Losy ich w organizmie nie są jeszcze wyjaśnione. Hydrolizie one nie podlegają, daje się zauważyć natomiast pewne działanie utleniające. Ogólne działanie jest dość wyraźne i składa się z mocnego podrażnienia, a następnie porażenia ośrodków układu nerwowego i obniżenia przemiany materji.

Samodzielne miejsce wśród środków wywołujących wyraźne zmiany anatomiczne zajmuje grupa amonjaku (10). Amonjak, chociaż nie strąca białka, wywołuje tym nie mniej jego denaturację i dlatego wywołuje oparzenia dostępnych śluzówek, czego następstwem są owrzodzenia i obfite powstawanie błon wrzekomych. W organizmie łączy się on z białkami w dość znacznych ilościach. Mniej więcej takie same własności posiadają aminy, (połączenia, w których wodór amonjaku zastępują alkile). Trujące własności środków tej grupy są jednak nieznaczące i dlatego nie znalazły one szerszego zastosowania w czasie wojny, chociaż były niejednokrotnie proponowane. Razem z chlorem i kwasem siarkawym (SO_2) używano amonjak dla wytworzenia obojętnych zastron dymowych. Obojętność takich dymów jest jednak rzeczą wątpliwą. Chociaż w obecności pary wodnej amoniak rzeczywiście daje dość nieszkodliwy chlorek amonu, to

jednakowoż w razie braku tej wody powstają bardzo trujące chloroaminy NH_2Cl , NHCl_2 i NCl_3 . Wprowadzenie do ustroju dużych ilości soli amonowych jest oprócz tego znanym zabiegiem dla wywoływania znaczniejszych stopni trwałej kwasicy. Jon NH_4 przetwarza się w obojętny niezjonizowany związek $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ — mocznik, gdy odpowiedni anion musi być zrównoważony na koszt zasad ustroju.

Następne grupy trucizn są przede wszystkim środkami drażniącymi. Zjawisko podrażnienia jest zależne od zdolności pewnych tkanek do pochłaniania i nagromadzenia odpowiednich substancyj. Skutkiem tego nagromadzenia bywa podniesienie czynności tkanki, względnie komórek, które to podniesienie może się ograniczyć li tylko do porażonej tkanki lub rozszerzyć się na otoczenie i przez układ nerwowy stać się źródłem pewnych uczuć, jak bólu, pieczenia, zimna lub ciepła oraz tak zwanych objawów odruchowych. Zależnie od właściwości danej trucizny oraz jej stężenia, jak również od warunków szybkiego jej przedostania się do wrażliwej tkanki, mogą powstać obok podrażnień objawy niedowładu i bezwładu. Drażliwość jest ogólną cechą żywej zarodki, lecz stopień jej jest bardzo różny.

Największym stopniem wrażliwości odznaczają się części układu nerwowego, a szczególnie obwodowe zakończenia nerwów. Zależnie od istnienia dwóch rodzajów zakończeń nerwowych (ruchowych, względnie wydzielniczych) i czuciowych posiadamy obok omówionych skutków, podrażnienia zakończeń czuciowych, również objawy podrażnienia zakończeń ruchowych oraz ich porażenia. Przykładem takiego działania są skutki zatrucia kurarą lub atropiną. Porażenie zakończeń czuciowych powoduje miejscową anestezję. Dla celów bojowych stosowano dotąd tylko trucizny drażniące zakończenia czuciowe i wywołujące w ten sposób cały szereg objawów odruchowych (tak zwane odruchy ochronne) i w nieco mniejszym stopniu miejscowe nienormalne czucia bólu i swędzenia.

Charakterystyczną cechą działania tych trucizn jest po pierwsze bardzo znaczna ich stałość w warunkach istniejących w ustroju a po drugie zdolność do usuwania się z dotkniętych tkanek, bez wywołania przez chwilowe z nimi połączenie jakichkolwiek nieodwracalnych zmian anatomicznych. Zdolność do nagromadzenia się w odpowiednich komórkach tworzy warunki, dzięki którym nawet znikomo małe stężenia mogą stać się czynnymi po ubiegu pewnego czasu, czasu wylęgania, a zdolność do rozkładu powstałych połączeń i do wyrzucenia, względnie niszczenia trucizny staje się przyczyną wybitnie czynnościowego ich działania. W większych stężeniach mogą wystąpić i inne cechy działania, — powsta-

nie połączeń z innymi składnikami zarodzi i przez to zmian nieodwracalnych. Dlatego też niektóre substancje z omówionych wyżej grup mogą być w odpowiednich warunkach również środkami drażniącymi, a mocne stężenia typowych środków drażniących wywołują objawy zatrucia nie różniące się od objawów zatrucia chloropikryną. Swoistość działania jest również zależną od stężenia. Mocniejsze stężenie typowego lakrymatora zawsze wywołuje jednocześnie odruchy górnych dróg oddechowych i nawet napady duszności, wskutek odruchowego skurczu oskrzeliaków. Ogólną cechą środków drażniących jest jednak zawsze wielka różnica pomiędzy najmniejszym stężeniem, które wywołuje już zjawisko odruchowe i takim, które powoduje już uszkodzenia anatomiczne.

Ze środków drażniących najmniej odpowiadają omówionym cechom pochodne karbonylowe, które tworzą grupę akroleiny — 11 grupę naszej klasyfikacji. Karbonyl CO, łącząc się z wodorem i alkilami względnie arylami tworzy aldehydy, związki typu R. COH i ketony, związki typu R.CO.R. Związki te są zwykle pozbawione własności drażniących i są wybitnymi narkotykami jak np. paraldehyd i sam aceton. W pewnych jednak wypadkach, gdzie R jest rodnikiem nienasyconym, powstają bardzo napastliwe substancje, jak np. aldehyd akrylowy, czyli akroleina $\text{CH}_2 = \text{CH. COH}$, która pod nazwą „papite” odgrywała pewną rolę, jako środek bojowy we Francji w czasie wojny światowej. Mniejsze znaczenie posiada aldehyd krotonowy $\text{CH}_3. \text{CH.} = \text{CHCOH}$. Wyraźne drażniące własności posiada również aldehyd mrówczany H.COH znana każdemu formalina. Wszystkie te substancje, posiadając wybitne działanie drażniące, bardzo szybko, już w nieznacznym stężeniach powodują anatomiczne uszkodzenia nawet wyraźniejsze, niż chloropikryna. Nie są one bardzo trwałe, ponieważ łatwo się utleniają i polimeryzują. Można byłoby je zaliczyć do trucizn pierwszej kategorii, gdyby bardzo spokrewnione z nimi chlorowce pochodne ketonów nie były najtypowszymi środkami drażniącymi.

Chlorowcowe pochodne ketonów tworzące grupę 12, zależne od obecności rodnika aromatycznego, można podzielić na dość trujące pochodne tłuszczowe, czyli ketony w ścisłym znaczeniu i pochodne aromatyczne, czyli fenony, znacznie łagodniejsze.

Z ketonów najwybitniejszymi środkami drażniącymi są bromaceton, czyli monobromodimetyloketon $\text{BrCH}_2. \text{CO. CH}_3$, i analogiczny chloraceton, oraz mieszanina obydwóch związków z nieznaczną domieszką ciał z większą zawartością chlorowców, znaną pod nazwą „martonite” i stosowaną we Francji. Niemcy używali w większych rozmiarach chlorowcowych pochodnych metylo-etyloketonu $\text{C}_2\text{H}_5. \text{CO. CH}_3$, posiadających

take same własności. Pochodne te są bardzo trwałe i całkiem nie podlegają hydrolizie. W mocniejszych stężeniach są one wybitnymi środkami duszącymi i zabijają zwierzęta przez uszkodzenie płuc w stężeniach od 0,5/m³. Znacznie mniej niebezpiecznymi, chociaż mocniej drażniącymi są fenony, z których chloroacetofenon, C₆H₅COCH₂Cl jest najlepszym środkiem dla policji do rozpędzania tłumów, ponieważ jest prawie nietrujący.

Mniejsze własności trujące niż chlorowcowe pochodne ketonów posiadają przedstawiciele 13 grupy, chlorowcowe pochodne estrów kwasów organicznych, które są jednak wybitnymi środkami drażniącymi. Najlepiej znany z nich jest stary (1912) środek policyjny francuski — bromooctan etylu.

Najwybitniejszymi substancjami drażniącymi, które mogą, podobnie do omówionych, znajdować się w powietrzu w postaci pary, są chlorowcowe pochodne węglowodorów aromatycznych, z chlorowcem w bocznym łańcuchu. Możemy charakteryzować tę grupę, jako grupę bromku benzylu (14). Są to bardzo trwałe, nie podlegające zmianom w ustroju substancje, z wybitnymi własnościami drażniącymi i stosunkowo nieznaną jadowitością 2—4 m³. Śmierć następuje prawdopodobnie skutkiem zjawisk odruchowych. Anatomicznych zmian nie zauważono. Do tej grupy należy przede wszystkim bromek benzylu C₆H₅CH₂Br, środek uznany przez badaczy francuskich za jednostkę dla oceny innych lakrymatorów, i bromek ksylilu, prawie z takimi samymi własnościami. Zastąpienie jeszcze jednego wodoru grupy metylowej przez rodnik cyjanowy CN tworzy z bromku benzylu najbardziej napastliwy ze wszystkich znanych środków drażniących — kamit, siedem razy mocniejszy od bromku benzylu, wywołujący łzawienie w stężeniu 0,000.25 na m³ (według ściślejszych własnych doświadczeń — 0,00006). Kamit według francuskich danych jest napastliwym już w stężeniu 0,000035.

Oprócz tych środków drażniących istnieje jeszcze cały szereg innych, które albo całkiem nie były używane lub były porzucone jako nieużyteczne *). Z nich musimy omówić tylko grupę tak zwanych womitorów t. j. środków wywołujących napady wymiotów. Odruch wymiotny jest jednym z najwięcej skomplikowanych odruchów ochronnych i może powstać albo wskutek bezpośredniego podrażnienia odpowiedniego ośrodka w rdzeniu przedłużonym substancjami znajdującymi się we krwi, albo wskutek podrażnienia odpowiednich powierzchni alarmowych, jak górnych części przewodu trawienego, gardzieli i śluzówki żołądka, albo

*) Np. pierwszy z użytych przez Niemców drażniący środek chlorek dwuanidyny (1914 r.).

nareszcie wskutek tak zwanego rozpromienienia się odruchu przy podrażnieniu jakiejkolwiek powierzchni innerwowanej przez nerw błędny. W ten ostatni sposób działają właśnie womitatory, które są istotnie środkami drażniącymi drogi oddechowe i dość mocnymi środkami duszącymi. Do tej (15) grupy należą dwa środki, zawierające rodniki aromatyczne w postaci dość powikłanych połączeń: fenilimidofosgen, czyli dwuchlorek fenilokarbilaminy $C_6H_5 \cdot N : C : Cl_2$ i etylokarbazol $(C_6H_4)_2 \cdot NC_2H_5$. Obydwa środki wywołują wyraźne uszkodzenia anatomiczne w narządach oddechowych. Etylokarbazol był w znacznych ilościach używany przez Niemców, jako rozpuszczalnik dla sternitów w pociskach. Z punktu widzenia toksykologicznego są to mało zbadane substancje. W ustroju tworzą one połączenia z kwasem siarkowym podobnie do fenolów.

Omówione środki drażniące są wogóle dość lotnymi substancjami, których maksymalne stężenie pary, osiągalne w zwykłych warunkach temperatury i ciśnienia, jest znacznie wyższe od progu ich napastliwości. Istnieje jednak specjalna bardzo ciekawa grupa środków (16), która posiada zupełnie inne własności, bo do niej należą ciała stałe i płyny z wysokim punktem wrzenia, których stężenie w powietrzu jest znikome. Mimo to są one w postaci drobnego pyłu lub mgły, jako napastliwe dymy bojowe najgroźniejszymi ze wszystkich środków drażniących. Są to rozmaite pochodne trójwartościowego arsenu lub raczej trójchlorku arsenu, w którym jeden lub dwa atomy chloru są zastąpione przez jakiś aryl lub alkil. W pewnych wypadkach trzeci atom chloru bywa również zastąpiony przez cyjan. Środki te tworzą grupę sternitów, trucizn wywołujących odruch kichania. Kichanie jednak nie jest ani jedynym ani nawet najważniejszym skutkiem ich działania. Sternity wywołują rzeczywiście bardzo mocne, chociaż przejściowe podrażnienie czuciowych zakończeń wszystkich nerwów, do których mogą się dostać. Powoduje to bolesne pieczenie w nosie, gardzieli, tchawicy, ataki kaszlu i kichania, wybitny ból głowy i wszystkich zatok w kościach czaszki, ból zębów i swędzenie i bolesne podrażnienie skóry, przedewszystkiem paznokci. Podrażnienia te są tak bolesne, że wywołują ataki nerwowe aż do obłędu. Takie skutki osiągnano przez znikome małe ilości sternitów. (0,001 — 0,0004/m³). Większe ilości względnie stężenia powodują wyraźne zapalenia i martwicę w miejscu działania i nareszcie śmierć, do czego potrzeba nie mniejszych stężeń, niż 2/m³, t. j. prawie takich samych, jak dla trójchlorku arsenu. Zależnie od stopnia napastliwości dla dróg oddechowych rozróżniamy wśród tych środków dwie podgrupy — prawdziwych sternitów i grupę luizytu. Z prawdziwych sternitów najważniejszymi są dwufenilochloro- i dwuchlorofeniloarsyna $AsCl(C_6H_5)_2$ i $AsCl_2C_6H_5$, dwufenilocyjanoarsyna $As(C_6H_5)_2CN$ i „adam-

syty" (dwufenilamino-chloroarsina $\text{NH}(\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{AsCl}$. Mniejsze znaczenie mają arsiny szeregu tłuszczowego. Podgrupa luizytu, trucizny, której przypisywano bajecznie zabójcze własności, obejmuje trzy związki, pochodne AsCl_3 , w którym jeden, dwa lub trzy atomy chloru są zastąpione przez rodnik chlorowinylowy $\text{Cl.CH} = \text{CH}'$. Luizyty, przedewszystkiem luizyt „a”, z jednym chlorowinylem są dość słabymi sternitami, lecz zato niebezpiecznymi truciznami skórnymi. Łatwo wsysają się i posiadają wyraźne działanie ogólne oraz wybitny pneumotropizm. Są one jednak dość nietrwałe i dlatego rola ich, jako trucizn bojowych jest wątpliwa. W czasie wojny światowej nie były one jeszcze znane.

Zdolność do rozpuszczania się w tłuszczach jest warunkiem działania nie na same tylko delikatne błony śluzowe, lecz również na skórę. Naskórek jest zawsze przepojony osobliwym tłuszczem, podobnym do lanoliny. Dzięki temu skóra staje się prawdziwą pułapką dla wielu substancyj, i właśnie dla pewnych środków drażniących. Nagromadzenie tych środków powoduje podrażnienie zakończeń nerwów czuciowych, a następnie zmiany anatomiczne — w postaci obrzęku, zapalenia i martwicy. Środki, posiadające takie własności, używano jako trucizn skórných. Oprócz bardzo licznych trucizn pochodzenia zwierzęcego (kantarydyna) lub roślinnego (olej krotonowy, kapsycyna, kardol) nieużytecznych jako trucizny bojowe wskutek trudności otrzymania dużych ich ilości, mamy cały szereg sztucznych trucizn skórných. Takimi truciznami są w odpowiednich stężeniach typowe lakrymatory, jak to chlorowcowe pochodne ketonów (nawet chloroacetofenon) i aromatycznych węglowodorów, wszystkie sternity i pozatem cały szereg jeszcze nieomówionych substancyj, częściowo posiadających również ogólne cechy środków drażniących. Typową cechą dla nich wszystkich jest prędko następujące zwykle bolesne podrażnienie czuciowych nerwów skóry.

Te substancje można podzielić na następujące grupy:

Grupa c e d e n i t u (17). Do tej grupy należą chlorowcowe pochodne nitrozwiązków aromatycznych. Z tych substancyj cedenit, mieszanina orto- i para-chloronitrobenzylu $\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{Cl}$ był stosowany jako trucizna bojowa przez Francuzów. Jest to mocny środek drażniący, również dla oczu, jak i dróg oddechowych. Na skórze pary cedenitu, wywołują powstawanie bąbli, podobnych do oparzenia pokrzywą z bolesnym swędzeniem. Analogiczne własności posiadają niektóre inne nitropochodne, jak to chloronitrobenzonitryl. Chloropikryna $\text{Cl}_3\text{C.NO}_2$ jest również w mocniejszych stężeniach środkiem drażniącym skórę.

18 grupę tworzą oddawna znane o l e j k i g o r c z y c z n e — związki sulfocyjanowe i izosulfocyjanowe, jak to sulfocyjanek etylenowy $\text{C}_2\text{H}_4(\text{CNS})_2$,

i zwykły olejek gorczyczny — izosulfocyjanek allyłowy C_3H_5NCS . Ostatni był wogóle pierwszym chemicznym środkiem bojowym, użytym w r. 1911 w Paryżu przy zwalczaniu bandy apaszy Bonneta. Te substancje są wybitnymi lakrymatorami. Na skórze wywołują one oparzenie z powstaniem dużych pęcherzy, i bardzo bolesne podrażnienie.

19 grupę tworzą siarczki organiczne, czyli siarkoetery, substancje z ogólnym wzorem R_2S . Z tych substancyj siarkoetery z nasyconymi rodnikami są pozbawione własności trujących oraz drażniących, mimo wybitnie przykrego odoru. Pochodne z nienasyconymi rodnikami są dość mocnymi nietrującymi lakrymatorami. Do nich należą pachnące składniki cebuli i czosnku. Przez zastąpienie w zupełnie nieczynnym siarczku dwuetylowem $S(C_2H_5)_2$ dwóch wodorów przez chlor otrzymujemy jedną z najważniejszych trucizn bojowych, iperyt $ClC_2H_4SC_2H_4Cl$, który przy hydrolizie daje kwas solny i znowu nietrujący tiodwuglikol. Od tego najwybitniejszego środka całą tą grupą można oznaczyć jako grupę iperytu (19). Oprócz iperytu do niej należą jego homologii $ClCH_2SCH_2Cl$ i $Cl(CH_2)_3S(CH_2)_3Cl$ oraz izomery $CH_3CH_2ClSCH_2CH_2Cl$ i $(CH_3CHCl)_2S$. Jako trucizny skórne są one wszystkie słabsze, niż iperyt, związek zaś metylenowy jest dość mocną trucizną płucną. Działanie iperytu jest bardzo swoiste. Hydrolizuje się on bardzo powoli i prawdopodobnie działa jako nierozłożona molekula, łącząc się z lipidami ustroju. W ustroju odgrywa on przede wszystkim rolę trucizny z wyraźnym działaniem miejscowym, wywołując uparte przewlekłe zapalenia skóry i błon śluzowych w drogach oddechowych oraz spojówkę oczu. Podlegając powoli wessaniu, iperyt powoduje odległe zmiany przeważnie w przewodzie pokarmowym, mianowicie w grubych jelitach, również w postaci krwotoków, zapaleń i wrzodów. Jako trucizna ogólna jest on wybitną trucizną przemiany materji, wywołującą podniesienie przemiany azotowej. Przy domieszce iperytu do pokarmu powstają śmiertelne zapalenia błony śluzowej żołądka, połączone z upartymi atakami wymiotów i wyraźną antiperystaltyką, aż do objawów intususcepcji jelit i żołądka. Zasadniczą cechą działania iperytu jest zupełny brak natychmiastowych zjawisk i powolny stopniowy rozwój anatomicznych zmian. Nadzwyczajna łatwość nagromadzenia się iperytu w miejscach obfitujących w lipidy powoduje, iż mimo wysokiego punktu wrzenia ($215^\circ C.$) i zależnie od tego niskiej prężności pary (przy $15^\circ mx 0,65/m^3$) wywołuje on w razie dość długotrwałego zadziałania — zatrucie, znajdując się w otoczeniu w znikomo małych ilościach. W warunkach zwykłych w polu jest to substancja bardzo oporna i dlatego jest on najdoskonalszym środkiem dla zanieczyszczenia terenu.

B. Środki z działaniem ogólnym.

Jak można łatwo wnioskować z omówionych własności środków bojowych, prawie każdy z nich obok mniej więcej wyraźnego działania miejscowego podlega wessaniu albo jako taki, albo w postaci pewnych również czynnych produktów rozkładu. Wyjątkiem, nie mającym znaczenia w danym wypadku, są w pewnych warunkach same tylko sole ciężkich metali, tworzące z białkiem we wszystkich stosunkach nierozpuszczalne albuminaty, jak np. rozpuszczalne soli srebra. Wśród środków bojowych takich związków nie mamy. Wessane substancje podlegają w ustroju następującym losom: Po pierwsze pewna ich ilość zostaje chwilowo zaabsorbowana przez lipoidy zarodki w obfitujących w te składniki komórkach. Prowadzi to do przeładowania tych komórek i połączonego z takim przeładowaniem niedowładu względnie bezwładu, którego skutkiem jest narkoza i śmierć wskutek porażenia ośrodków rdzenia przedłużonego.

Takie przeładowanie nie powoduje żadnych zmian anatomicznych. Lipoidy są stałym składnikiem każdej zarodki. Dlatego narkotyzujące substancje działają na każdą tkankę. Lecz zdolność do nagromadzenia pewnych trucizn oraz do połączenia się z nimi w trwałe związki posiadają również liczne składniki specyficzne dla pewnych komórek i tkanek, których brakuje w przeciętnej zarodki. Tworzy to podstawę dla drugiego rodzaju zachowania się pochłoniętej trucizny, mianowicie dla zjawisk cytotropizmu. W tym wypadku pochłonięta trucizna gromadzi się wyłącznie w odpowiednich narządach i często wywołuje również tak zwane odległe uszkodzenia anatomiczne. Mamy więc objawy hemotropizmu, czyli trucizny krwi, neurotropizmu, czyli trucizny systemu nerwowego, kardiotropizmu, czyli trucizny sercowej. Połączenia, które powstają z każdą poszczególną trucizną w odpowiednich tkankach, posiadają zwykle odmienne od niej własności, a więc powstanie ich jest związane z zanikiem trucizny. Oprócz tego trucizna może podlegać utlenianiu, od-tlenianiu, hydrolizie i unieszkodliwieniu przez tworzenie się związków z przejściowymi produktami przemiany materji i przez to bywa również niszczone w mniejszym lub większym stopniu. Nadmiar wprowadzonej trucizny, który unika tych zmian podlega wydzielaniu przez odpowiednie narządy: nerki, jelita, płuca i skórę. Konieczne do tego nagromadzenie trucizny w odpowiednich narządach często powoduje również anatomiczne ich uszkodzenia. Substancje, nie wywołujące objawów organotropizmu, bądź to czynnościowego, bądź to połączonego z uszkodzeniami anatomicznymi, są truciznami ogólnej przemiany materji. Zwykle ta sama

substancja posiada kilka tych własności razem i zdolność do wywoływania uszkodzeń miejscowych nie przeszkadza w żadnym razie jej działaniu ogólnemu lub odległemu.

Istnieje jednak pewien rodzaj trucizn, które są zupełnie pozbawione zdolności do wywoływania uszkodzeń miejscowych. Są to trucizny ogólne, lub środki trujące zwykłej klasyfikacji środków bojowych. Według doświadczeń wojny światowej są one mało użyteczne dla celów wojennych, lecz tem większem jest ich znaczenie jako czynników w zatruciach nieświadomych.

Stosownie do istoty ich działania możemy podzielić je na następujące grupy:

(20). Grupa narkotyków, dotychczas dla celów wojennych nie używana. Cechą zasadniczą tej grupy jest właśnie tylko chwilowe połączenie z lipidami systemu nerwowego oraz zarodzi wogóle i usuwanie się z ustroju w niezmienionym stanie. Dla celów wojennych mogłyby służyć tylko takie substancje, które są gazami lub lotnymi płynami. Z tych substancyj najwięcej odpowiada wymaganiom teoretycznym podtlenek azotu N_2O , który istotnie nie podlega w ustroju żadnym zmianom. Wszystkie inne narkotyki podlegają częściowo rozkładowi i niszczeniu, biorąc udział w przemianie materji.

Najczynniejszemi z nich są chlorowcowe pochodne organiczne, o ile są one pozbawione wyraźnych własności drażniących. Dotychczas jednak, mimo pogłosek iż w Niemczech znaleziono taki środek narkotyczny, który wywołuje przejściową utratę przytomności w warunkach bojowych, takich mocnych narkotyków, które mogłyby być zastosowane w tym celu, nie posiadamy.

Ostatnią grupę tworzą trucizny z wyraźnym homotropizmem, a więc **trucizny krwi**. Według sposobu ich działania możemy podzielić je na trzy podgrupy — podgrupę tlenku węgla (21), podgrupę trucizn powodujących methemoglobinemję i podgrupę trucizn wywołujących żółtaczkę, jako skutek hemolizy. Pierwsza podgrupa ogranicza się samym czadem, który tworzy z hemoglobina krwi karboksyhemoglobinę i przez to wywołuje zaduszenie. Prawdopodobnym jest jednak, iż oprócz tego czad łączy się również ze składnikami układu nerwowego. Jest to najważniejsza z trucizn powodujących zatrucia nieświadome, w każdym razie jest to najczynniejszy składnik gazów powybuchowych, które mogą go zawierać powyżej 60%.

Do drugiej podgrupy (22) oprócz już omówionych z innego powodu chloropikryny i kwasu azotawego, należą bardzo liczne trucizny, z których pewne znaczenie, również jako czynniki nieświadomych zatruc, posiadają niektóre materiały wybuchowe, przedewszystkiem nitrogliceryna i jeszcze

niebezpieczniejsze od niej dwunitrobenzol i dwunitrotoluol. Działania tych związków polegają na odtlenieniu ugrupowania NO_2 na N.OH i następnie NH_2 , które są już przyczyną odpowiednich zmian we krwi. Powstawanie methemoglobiny jest zwykle połączone z hemolizą i t. zw. toksyczną żółtaczką, a w razie przewlekłego zatrucia ze złośliwą (aplastyczną) anemią, które to zmiany są charakterystyczne dla trzeciej podgrupy. Tlenek węgla oprócz zmiany zabarwienia krwi nie wywołuje innych zmian anatomicznych. Powstanie methemoglobiny powoduje typowe zmiany zabarwienia tkanek i uszkodzenia nerek. — Hemolityczne trucizny oprócz żółtaczki wywołuje hemosidorozę — nagromadzenie w narządach barwnika, zawierającego zjonizowane żelazo. Do tej grupy należą pewne nielotne materiały wybuchowe jak trotyl i przedewszystkiem arsenowódór, czyli arseniak (23) (24). Jako środków bojowych w postaci trucizn żadnej z tych substancyj nie używano. Zatrucia materiałami wybuchowymi są dość pospolitemi zatruciami zawodowemi.

Ostatnią (25) grupę środków bojowych tworzą trucizny układu nerwowego: kwas pruski, siarkowódór i siarczek węgla, które mogą służyć dla oznaczenia trzech podgrup trucizn paraliżujących. Ogólną cechą działania tych trucizn jest zależność stopnia i trwałości porażen ośrodków od stężenia trucizny w otoczeniu. Dlatego objawy zatrucia rozpoczynają się tylko po osiągnięciu odpowiedniego stężenia, poniżej którego te trucizny są dość obojętne. Słabe zatrucia powodują tylko przejściowe objawy podobne do tych, które mieliśmy przy truciznach narkotycznych. Tak zatruci np. parami kwasu pruskiego, jeżeli nie zginą natychmiast, łatwo odzyskują znowu przytomność, nie podlegając poważnym uszkodzeniom. Ta okoliczność była przyczyną nieużyteczności do celów bojowych kwasu pruskiego, który próbowano zastosować jako środka bojowego w początku wojny gazowej przez Francuzów, Anglików i Rosjan. Również mało skutecznymi były próby zastosowania (w postaci fal gazowych) siarkowodoru. Wszystkie te środki, przedewszystkiem siarczek węgla, łatwo podlegają spaleni i dlatego nie nadają się dla napełniania pocisków. Kwas pruski i w mniejszym stopniu jego organiczne pochodne (nitryle R.CN i izonitryle RNC) są tem niemniej bardzo mocnymi truciznami. Zabójcze stężenie dla kwasu pruskiego jest $0,1/\text{m}^3$. Śmierć następuje wskutek porażenia ośrodka oddechowego przy objawach raptownego zaduszenia bardzo szybko. Kwas pruski jest oprócz swego działania paraliżującego wybitną trucizną zaczynową. W ustroju to ostatnie działanie staje się przyczyną zahamowania procesów utleniania w tkankach, wskutek czego krew nie podlega redukcji i pozostaje w żyłach zabarwioną na ten sam jaskrawo-czerwony kolor, jak w tętnicach. Obniżenie lub zanik procesów

utlenienia powoduje również typowy raptowny spadek temperatury, nawet w nieśmiertelnych zatruciach. Głód tlenowy mózgu powoduje również ataki skurczów i bezwiedne oddanie moczu i kału. Anatomiczne zmiany w zwłokach nie różnią się od innych postaci zaduszenia.

Siarkowodór, oraz merkaptany i siarkotlenek węgla COS, są również wybitnymi truciznami paraliżującymi i zabijają też przez zaduszenie. Siarkowodór jest dość mocnym środkiem odtleniającym dla oksyhemoglobiny i dlatego krew przybiera natychmiast ciemne zabarwienie. Stałe połączenie hemoglobiny z H_2S (sulfhemoglobina) powstaje tylko w razie nadmiaru H_2S i w warunkach zatrucia nie było obserwowane. Paraliżujące działanie dotyczy nie tylko ośrodków rdzenia przedłużonego, lecz również serca. Stopniowo wzrastający paraliż serca jest przyczyną wyraźnego agonalnego obrzęku płuc, zwykłego zjawiska w zwłokach zatrutych H_2S (26).

Siarczek węgla jest przede wszystkim, wskutek wyraźnej jego rozpuszczalności w tłuszczach, typowym środkiem narkotyzującym, do którego działania szybko dołączają się objawy paraliżu ośrodka oddechowego i serca. W razie zatrucia małymi stężeniami występują objawy podrażnienia ośrodków rdzenia przedłużonego, najczęściej wymioty i przymusowe ataktyczne ruchy i skurcze. Żadnych anatomicznych zmian w ostrych zatruciach nie zauważono. Siarczek węgla i roztwór białego fosforu w siarczku węgla używano w czasie wojny dla napełniania zapalających bomb lotniczych (27).

Reasumując poszczególne cechy tych toksykologicznych grup, na które dają się podzielić istniejące dotychczas środki bojowe z punktu widzenia ich działania na ustrój, możemy proponować następujący schemat ich klasyfikacji:

KLASYFIKACJA CHEMICZNYCH ŚRODKÓW BOJOWYCH.

A. Środki z działaniem miejscowym.

I. Środki bez wyraźnego organotropizmu.

1. Środki podlegające hydrolizie z powstaniem kwasów, lub posiadające własności kwasów.

a) strącające białka

grupa kwasu solnego (1)

*) podgrupa chlorowców (chlor, brom)

**) " dymów żrących (czterochlorki cyny, tytanu, krzemu)
(chlorki siarki); (trójchlorek arsenu, chlorek chromilu)

***) chloropochodne kwasu siarkowego (chlorek siarczyny, kwas chlo
rosulfonowy)

grupa kwasu siarkowego (2)

(bezwodniki kwasów siarkowego i siarkawego)

grupa kwasu fosforowego (3)

(biały fosfor)

grupa tlenków azotu (4)

(dwutlenek azotu)

grupa organicznych pochodnych kwasów mineralnych (5)

(sulwinite-chlorosiarczan etylu i vaillantite chlorosiarczan metylu,
siarczan metylu)

b) nie traczące białka

grupa fosgenu (6)

(fosgen, palit, superpalit)

grupa eteru dwubromoetylowego (7)

(etery dwuchloroetylowy, dwuchlorometylowy, dwubromoetylowy
i dwubromometylowy)

2. Środki nie podlegające hydrolizie.

grupa chlorocyjanu (8)

(chlorocyjan, bromocyjan)

grupa chloropikryny (9)

(chloropikryna, bromopikryna)

grupa amoniaku (10)

(amoniak, chloraminy, alkilaminy)

II. Środki z wyraźnym organotropizmem dla zakończeń nerwowych
oraz dla lipidów.

1. Typowe środki drażniące, czyli odruchowe:

a) działające w postaci pary

grupa akroleiny (11)

(akroleina, aldehyd krotonowy, formaldehyd)

grupa bromoacetonu (12)

(bromoaceton, dwubromoaceton, chloroaceton, martonit, aceton
bromoetylo metylowy, chloroacetofenon)

grupa estrów bromowanych (13)

(bromoocetan etylu)

grupa bromku benzylu (14)

(bromek benzylu, bromek ksylilu, kamit)

grupa womitatorów (15)

(feniloimidofosgen, etylokarbazol)

b) działające w postaci pyłu lub mgły

grupa sternitów (16)

* podgrupa prawdziwych sternitów (dwufenilochloroarsina, dwuchlo-
rofeniloarsina, dwuetylochloroarsina, dwuchloroetyloarsina,
adamsyt=dwufenilo amino chloroarsina)

***) podgrupa luizytu (luizyty a, b, c)

2. Drażniące natychmiast środki skórne
 - grupa cedenitu (17)
(cedenit)
 - grupa olejków gorczyczych (18)
(izosiarkocyjanek allylowy, siarkocyjanek etylenowy).
 3. Nie drażniące natychmiast środki skórne
 - grupa iperytu (19)
(iperyt)
- B. Środki pozbawione działania miejscowego.**
- I. Trucizny narkotyczne
 - grupa podtlenu azotu (n. u.)
(podtlenek azotu)
 - grupa chloropochodnych (20) (n. u.)
(chloroform)
 - II. Trucizny krwi.
 1. Środki łączące się z hemoglobina
 - grupa tlenku węgla (21)
(tlenek węgla)
 2. Środki wywołujące methemoglobinemje
 - grupa nitrozwiązków (z. s.) (22)
(dwunitrobenzol, nitrogliceryna)
 3. Środki hemolityczne
 - grupa arseniaku (n. u.) (23)
(arsenowodór)
 - grupa trotylu (z. n. s. i zaw.) (24)
 - III. Trucizny paraliżujące
 - grupa kwasu pruskiego (25)
(kwas pruski nitryle)
 - grupa siarkowodoru (n. u.) (26)
(siarkowodór, merkaptany)
 - grupa siarczku węgla (n. u.) (27)
(siarczek węgla)
- NB.** n. u. — nie używany jako śr. bojowy
z, n. s. — wywoł. zatrucia nieświadome.

ZAKŁAD HISTORII MEDYCyny
Wojskowej Akademii Medycznej

5.