



ZAKŁAD MEDYCYNY KATASTROF I POMOCY DORAŻNEJ
KATEDRA ANESTEZJOLOGII I INTENSYWNEJ TERAPII
UNIwersytet Jagielloński Collegium Medicum

KAPNOGRAFIA I KAPNOMETRIA W TEORII I PRAKTYCE

Długosz Katarzyna¹, Trzos Arkadiusz^{1,2}, Łyziński Karol^{1,3}

¹Zakład Medycyny Katastrof i Pomocy Dorażnej UJCM

²Atmed Medycyna i Edukacja

³Krakowskie Pogotowie Ratunkowe





Kapnometria i kapnografia- czy potrzebna i dlaczego?

- Argumenty nie do przebicia:
 - Zarządzanie leczeniem pacjenta w stanie zagrożenia życia lub zdrowia jest jednym z najtrudniejszych aspektów działania na etapie leczenia przedszpitalnego.
 - Charakterystyka działań ratowniczych w takich warunkach wymaga metod, które szybko rozpoznają stany krytyczne u pacjentów.



Wyzwanie dla zespołu Zakładu Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej UJCM:

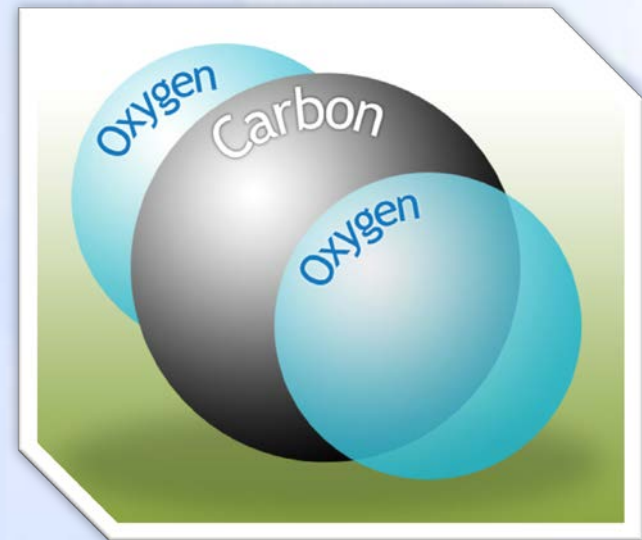
- Pokażmy, że zwłaszcza w połączeniu z obecnymi możliwościami teleinformatyki, stosowanie „kapnodiagnostyki” może zmodyfikować wstępne założenia postępowania z pacjentem, tym samym zwiększyć bezpieczeństwo pacjenta i podnieść poziom jego leczenia już podczas transportu do szpitala.





Istotność kapnografii i kapnometrii

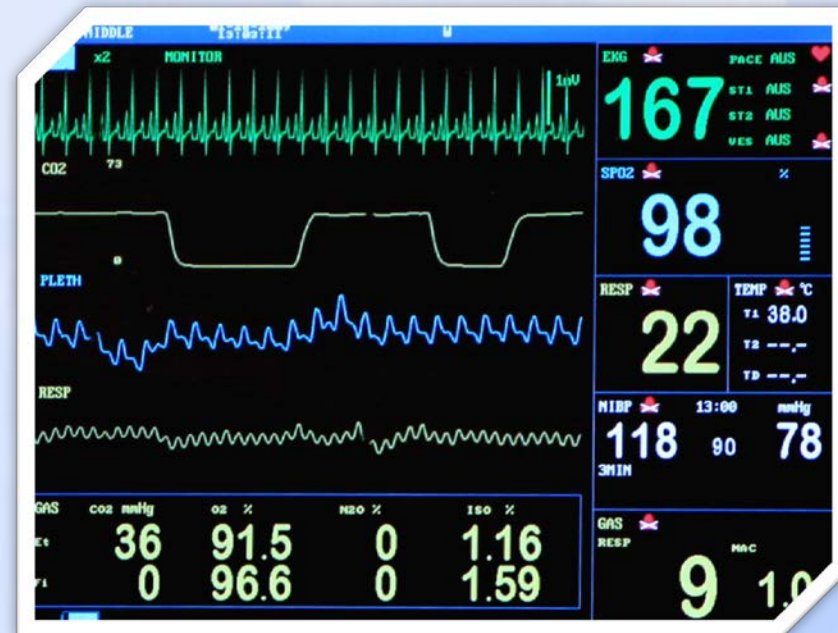
- Dwutlenek węgla:
 - jeden z najbardziej istotnych gazów w organizmie człowieka;
 - Jego produkcja oraz eliminacja sprzężone z metabolizmem człowieka, krążeniem oraz wentylacją;
 - monitorowanie zawartości tego gazu = szybka ocena stanu pacjenta najważniejszych czynności życiowych)





Obraz kapnogramu:

- zmiany stężenia CO_2 w gazach oddechowych podczas jednego cyklu oddechowego
- poziom dwutlenku węgla, mierzony jest w drogach oddechowych przedstawiony jako:
 - funkcja czasu (zmiany stężenia CO_2 w czasie),
 - funkcja objętości wydechowej (zmiany stężenia CO_2 w gazach wydychanych).



W warunkach ratownictwa medycznego stosowany jest **pomiar czasowy** stężenia CO_2



Kapnometria

- Nieinwazyjny pomiar stężenia lub ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla w powietrzu wydechowym z użyciem technik pomiaru kolorymetrycznego lub spektrofotometrycznego.



mmHg
34
mmHg



Capnography

- Measurement and display of both $ETCO_2$ value and capnogram (CO_2 waveform)
- Measured by a capnograph

$ETCO_2$

34 RR
15

Capnometry

- Measurement and display of $ETCO_2$ value (no waveform)
- Measured by a capnometer



Urządzenia kolorymetryczne

- zawierają papierowy filtr impregnowany wskaźnikiem pH;
- przepływ gazów wydechowych nad filtrem → reakcja chemiczna → zabarwienie filtra.
- W zależności od stężenia CO_2 uzyskiwane są różne kolory filtrów.



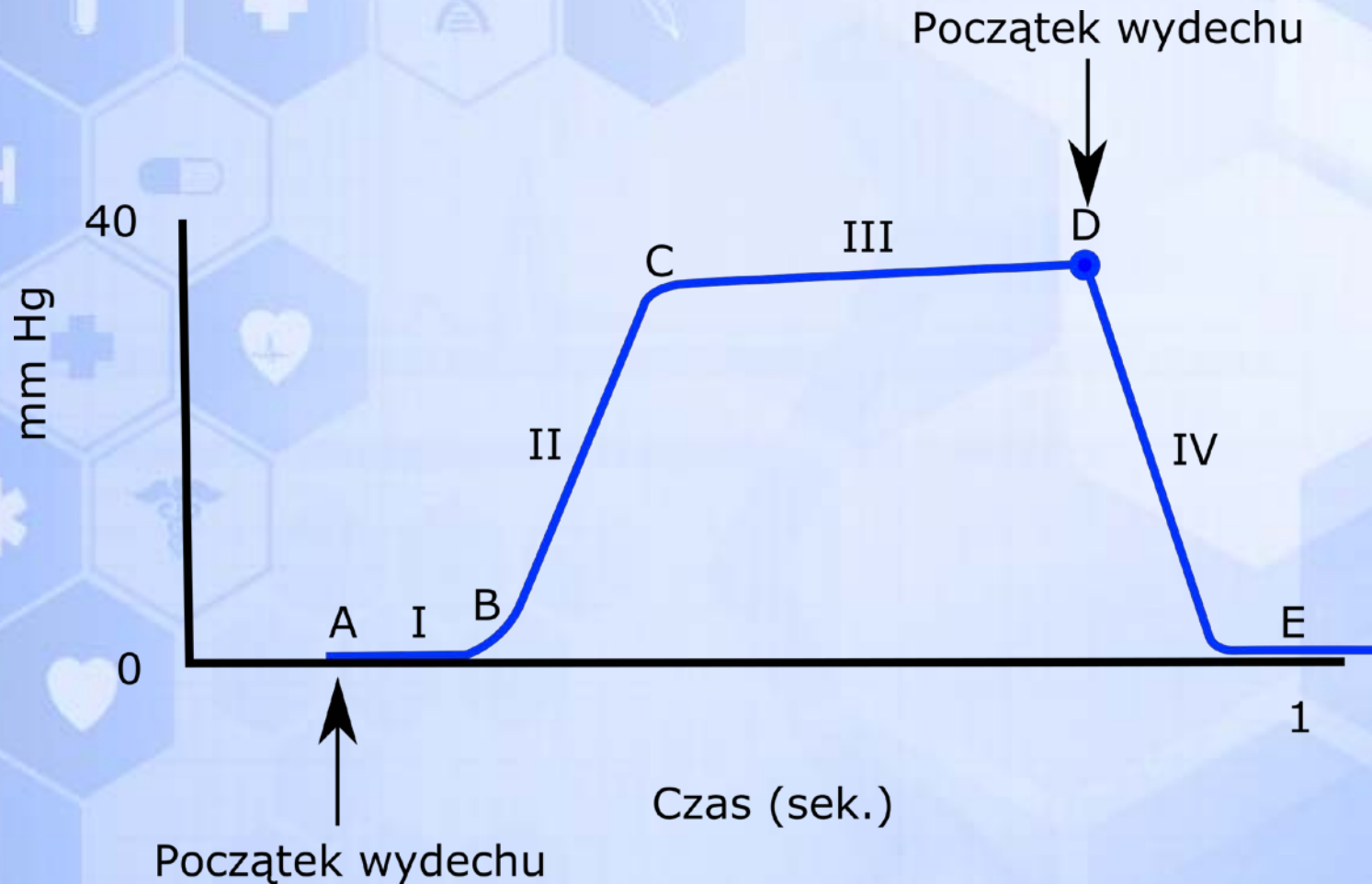


Pomiar spektrofotometryczny:

- CO_2 pochłania światło w zakresie podczerwieni o długości fali około $4,3 \mu\text{m}$ - zgodnie z prawem Lamberta-Beera stopień absorbancji jest wprost proporcjonalny do stężenia gazu;
- wysoka korelacja między stężeniem (lub ciśnieniem parcjalnym) dwutlenku węgla w powietrzu pęcherzykowym (PaCO_2) a ciśnieniem CO_2 we krwi tętniczej i rzutem serca.
- Obraz składu powietrza pęcherzykowego = analiza końcowowydechowego stężenia CO_2 , tuż przed rozpoczęciem nowego wdechu = ocena poprawności wentylacji.



Co jest czym w zapisie kapnografu?





Elementy charakterystyczne kapnogramu:

1. cztery fazy,
2. stężenie CO_2 zaczyna się od zera i do niego wraca,
3. maksymalne stężenie CO_2 podczas każdego oddechu (Et CO_2),
4. amplituda wykresu,
5. czas wdechu i wydechu.

Prawidłowy wykres - kształt trapezu.

Prawidłowa wartość Et CO_2 zawiera się w przedziale 35-45 mmHg.

Wykonując kapnografię, w odróżnieniu do kapnometrii należy zwrócić uwagę przede wszystkim na krzywą, a nie pojedynczy wynik!



Natlenowanie vs wentylacja

Natlenowanie

Wentylacja

ODDYCHANIE





Natlenowanie:

- Natlenowanie jest procesem transportowania tlenu do tkanek organizmu.
- Przy wdechu tlen przemieszcza się do płuc, następuje jego wymiana w membranie pęcherzykowo- kapilarnej, co prowadzi do przenoszenia tlenu do tkanek wraz z krwią.
- Efektywność tego procesu możemy zmierzyć za pomocą pulsoksymetru



Wentylacja:

- Wentylacja jest procesem usuwającym dwutlenek węgla z tkanek organizmu, który jest produktem ubocznym produkcji energii w tkankach, który nastąpił poprzez połączenie wcześniej wspomnianego tlenu oraz glukozy, w komórkach organizmu.
- Proces wentylacji możemy zmierzyć, zobrazować przy użyciu kapnometru lub kapnografu

Przecież mamy pulsoksymetr!

- Opóźnienie we wskazaniach pulsoksymetrii:
 - przy czujniku umieszczonym na palcu - ok. 25- 35 sekund (może się jeszcze wydłużyć przy współistniejącej bradykardii)
 - czujniki umieszczone na płatku usznym
 - ok. 10-20 sekund.





Wytyczne ERC:

- „Pomimo że pulsoksymetria jest relatywnie prosta do zastosowania, nie jest dobrym wskaźnikiem umożliwiającym rozpoznanie sytuacji, gdzie doszło do przemieszczenia się rurki intubacyjnej. Kapnografia, szybciej niż pulsoksymetria, pozwala wykryć wysunięcie się rurki intubacyjnej”



**EUROPEAN
RESUSCITATION
COUNCIL**



Dlaczego z kapnodiagnostyką jest bezpieczniej w karetku?

Zwiększenie Et CO ₂		Zmniejszenie CO ₂	
Nagłe	Stopniowe	Nagłe	Stopniowe
<ul style="list-style-type: none">• Nagłe zwiększenie rzutu minutowego serca• Nagłe zwolnienie mankietu• Dożylne podanie dwuwęglanów	<ul style="list-style-type: none">• Hypowentylacja• Zwiększenie produkcji CO₂	<ul style="list-style-type: none">• Gwałtowna hiperwentylacja• Nagłe zmniejszenie rzutu minutowego serca• Masywny zator płucny• Rozłączenie respiratora• Zatkanie rurki intubacyjnej• Przeciek w układzie	<ul style="list-style-type: none">• Hyperwentylacja• Zmniejszenie zużycia O₂• Zmniejszenie przepływu płucnego



...i znów Wytyczne ERC:

- Wytyczne ERC 2015 – nowy rozdział dotyczący monitorowania podczas zaawansowanych zabiegów resuscytacyjnych
- Szczególna uwaga zwrócona na wykorzystanie kapnografii – potwierdzenie i ciągłe monitorowanie położenia rurki dotchawiczej, jakości prowadzonej resuscytacji oraz wczesnych objawów powrotu spontanicznego krążenia (*return of spontaneous circulation – ROSC*).



Okiem praktyka- kilka przypadków:

Monitorowanie kapnograficzne podczas resuscytacji:

- sprawdzenie położenia rurki intubacyjnej w tchawicy;
- monitorowanie wydajności wentylacji podczas RKO i unikanie hiperwentylacji;
- monitorowanie jakości uciśnień klatki piersiowej;
- identyfikowanie ROSC;
- prognozowanie w trakcie resuscytacji.

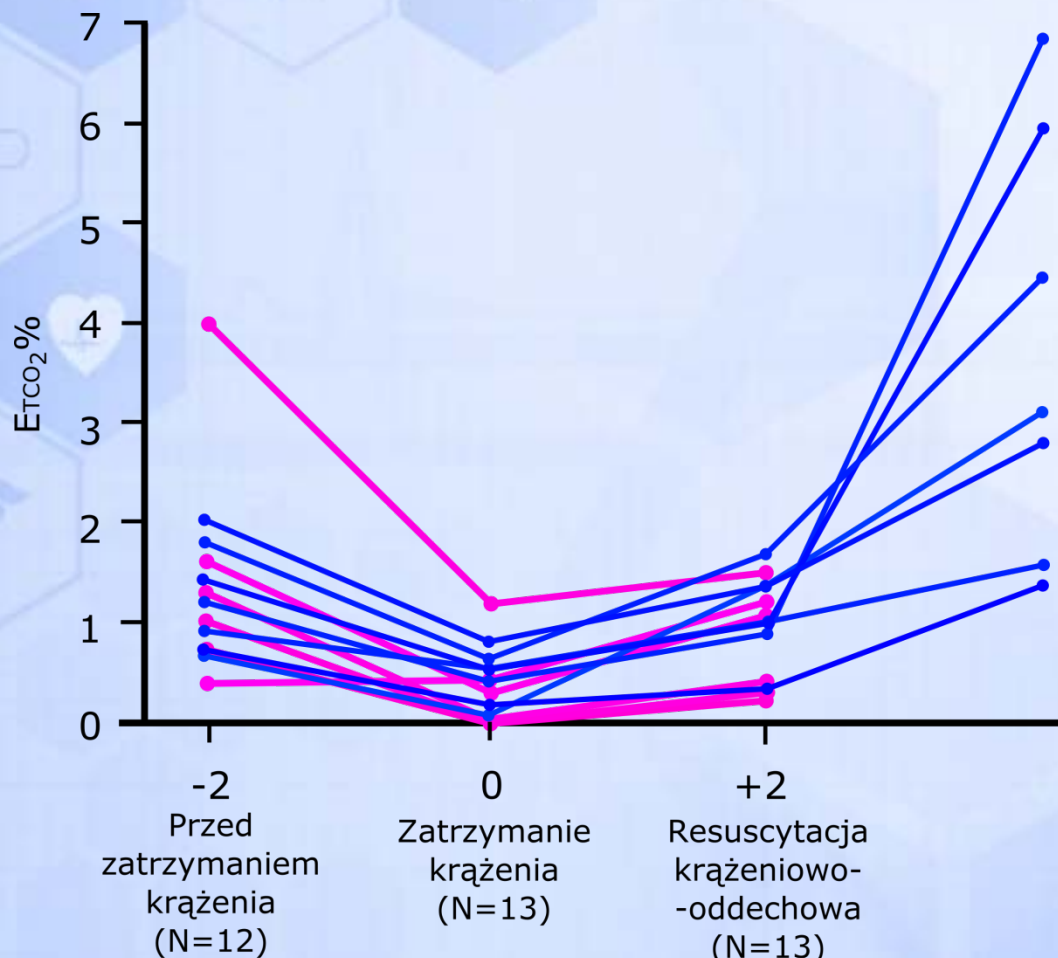


RKO z kapnografią:

- Dostępne badania, które prowadzono celem określenia wartości EtCO₂ podczas masażu serca, określają ją na poziomie poniżej 3 mm Hg na początku zatrzymania pracy serca, zaś podczas prowadzonego masażu serca wartość ta wzrastała do maksymalnie 7,5 mm Hg. Ta wartość także obserwowana była tuż przed powrotem spontanicznego krążenia (ROSC).
- Obserwacja kapnogramu pozwala wyeliminować konieczność sprawdzania tętna, aż do momentu pojawienia się fali wskazującej na możliwość wystąpienia ROSC → minimalizowanie przerw w uciskaniu klp podczas resuscytacji.



Stężenie CO₂





Intubacja dotchawicza:

Wskaźnik nierozpoznanej niewłaściwej intubacji (NNI):

- Katz i Falk, 2001r. – NNI na poziomie 25%;
- najnowsze badanie prowadzone w warunkach SOR – poziom NNI w przedziale 7-10%.



- Należy dążyć do minimalizowania poziomu tej niekorzystnej tendencji, zwłaszcza na poziomie przedszpitalnym;
- Transport pacjenta do szpitala obciążony jest dodatkowym ryzykiem;
- Należy zadbać o prawidłowe i ciągłe monitorowanie stanu pacjenta, a w nim położenia rurki intubacyjnej u pacjenta.
- **Możliwości jednoczesowej rejestracji zapisów oraz ich transmisji wspomagają właściwości diagnostyczne – prowadzenie obserwacji i konsultacji ze specjalistami.**



Kapnografia jest badaniem bardzo dokładnym i czułym:

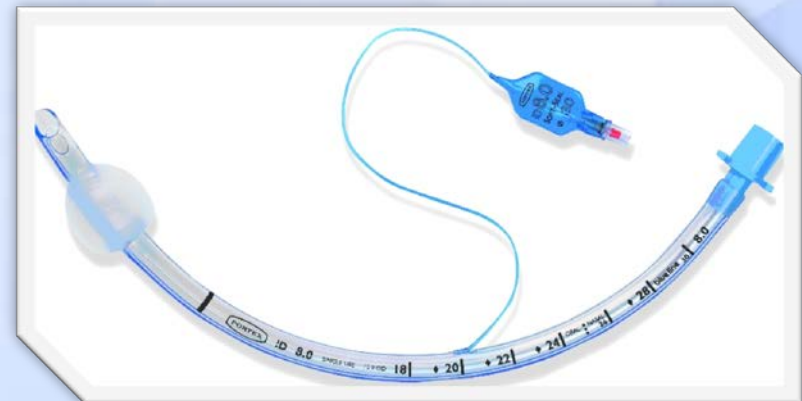
- Przy intubacji pacjentów z zachowaną czynnością układu krążenia dokładność odczytów sięga niemalże 100%,
- u pacjentów z zatrzymaniem krążenia osiąga wartości w przedziale 62-100%.
- U pacjentów z zatrzymaniem krążenia:
 - obecność fali na ekranie kapnografu = rurka intubacyjna w tchawicy;
 - kształt fali niewidoczny na ekranie = rurka może znajdować się zarówno w przełyku, jak i w tchawicy.
W tym drugim przypadku brak obecności CO_2 = niedostateczny przepływ płucny krwi.



Monitorowanie położenia rurki intubacyjnej podczas transportu pacjenta:

Badanie Silvestri i współautorów z 2005r., określające wpływ ciągłego pomiaru EtCO₂ na częstość wystąpienia nierozpoznanej nieprawidłowej intubacji:

- u pacjentów nie monitorowanych w sposób ciągły: wskaźnik NNI 23%,
- u pacjentów, u których dokonywano pomiarów w sposób ciągły: wartość wskaźnika NNI: „0”.





Transport pacjentów z podejrzeniem zwiększonego ciśnienia śródczaszkowego

- Mechanizm przepływu krwi przez mózg:
 - Wysoki poziom CO_2 → rozszerzenie naczyń krwionośnych,
 - Niski poziom CO_2 → zwężenie naczyń krwionośnych.
- Stężenie końcowo- wydechowego CO_2 na poziomie powyżej 50 mm Hg szkodliwe u osób ze zwiększonym ciśnieniem śródczaszkowym (może je jeszcze bardziej zwiększać w mechanizmie napływu krwi do mózgu)
- Nie należy także doprowadzić do hiperwentylacji u takich pacjentów – przyczyna wtórnych uszkodzeń mózgu



Transport pacjentów krytycznie chorych

- Priorytet – zapewnienie drożności dróg oddechowych, czynności układu oddechowego oraz układu krążenia.
- Funkcje i parametry tych najważniejszych układów można w sposób szybki i nieinwazyjny ocenić za pomocą kształtu fali kapnogramu oraz wartości stężenia końcowowydechowego dwutlenku węgla.
- Monitorowanie przez cały czas transportu pacjenta, zarówno przedszpitalnego – z miejsca zdarzenia do szpitala, transportu wewnątrzszpitalnego oraz transportu pomiędzy szpitalami.



Kapnografia w medycynie katastrof?

Czy kapnografia w medycynie katastrof jest użyteczna?



TAK



Kiedy?



Zwłaszcza w sytuacjach, kiedy mamy do czynienia z ofiarami ataku bronią chemiczną



Kapnografia u ofiar ataku bronią chemiczną:

Nieinwazyjne narzędzie pozwalające na identyfikację najbardziej groźnych skutków użycia broni chemicznej:

- bezdechu,
- niedrożności dróg oddechowych,
- skurczu krtani, oskrzeli,
- niewydolności oddechowej,
- śpiączki, czy napadów drgawkowych.



Podsumowanie:

- Kapnografia i kapnometria są metodami monitorowania pacjentów, które nie tylko podnoszą bezpieczeństwo pacjenta, ale także ułatwiają szybką diagnozę i podjęcie procedur, niejednokrotnie ratujących jego życie.
- Dodatkowo, wykorzystanie narzędzi teleinformatycznych do transmisji wyników, wspomaga proces zarządzania pomocą medyczną.
- Stosowanie tych metod monitorowania pacjenta, **powinno być zatem rutynowym postępowaniem w warunkach transportu** z miejsca zdarzenia, czy transportu wewnątrzszpitalnego