

Podsumowanie oraz komentarz do artykułów:

- 1) Electrocardiographic characterization of non-selective His-bundle pacing: validation of novel diagnostic criteria

Oraz

- 2) Physiology-based electrocardiographic criteria for left bundle branch capture

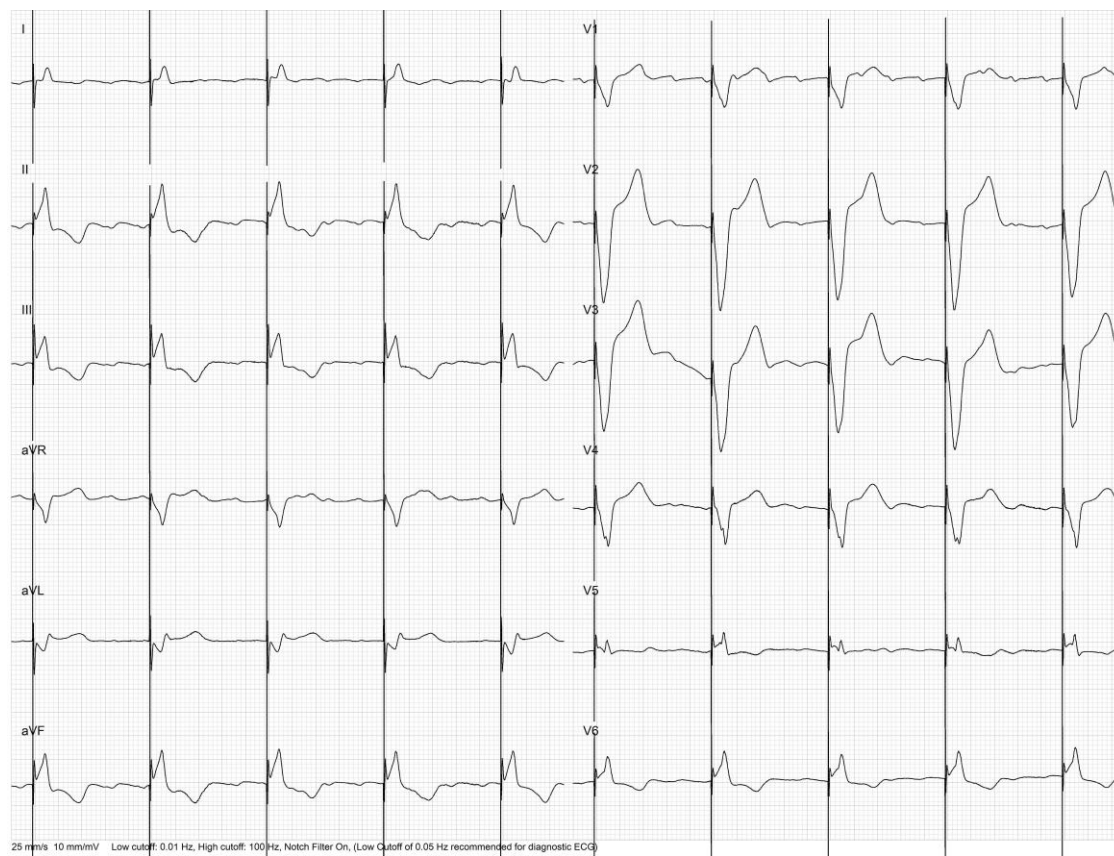
Stała zastępcza stymulacja serca towarzyszy nam od ponad 50 lat. W trakcie tego okresu rozruszniki jednojamowe wyewoluowały w dwujamowe, a te w urządzenia resynchronizujące. Urządzenia nadające stałą częstość rytmu zastąpione zostały urządzeniami z funkcją rate response. Jednym z najnowszych zdobytych kamieni milowych, który wydaje się na zawsze zmieni podejście do stałej stymulacji serca, jest popularyzująca się w ostatnich kilku latach stymulacja fizjologiczna (conducting system pacing = CSP). Ideą CSP jest pobudzenie nie tylko roboczego miokardium (odpowiednio: tylko prawoprzegrodowego wsierdzia w kardiostymulatorach oraz ewentualnie lewokomorowego nasierdzia w urządzeniach resynchronizujących) lecz struktur natywnego układu przewodzącego pacjenta. Na przestrzeni lat CSP również ewoluowało. Pierwsze próby bezpośredniej stymulacji pęczka Hisa (His bundle pacing = HBP) podejmowano już dekady temu, jednak nie rozpatrując jej jako możliwość stałej stymulacji serca. Ta pojawiła się w latach 2010-tych, wraz z pojawieniem się pierwszego sprzętu dedykowanego stymulacji fizjologicznej. Po kilku latach fascynacji HBP uwaga elektrokardiologów i naukowców skupiła się na stymulacji lewej odnogi pęczka Hisa (LBBP), która okazała się nieco prostsza do wykonania niż HBP, jednocześnie na drabinie fizjologii znajdując się jedynie szczebel niżej niż HBP.

Efektom CSP są QRSy zupełnie inne niż dotychczas znane jako efekt pracy komorowej elektrody rozrusznika. Przyzwyczajeni jesteśmy do szerokich QRSów przypominających blok lewej odnogi – tym szerszych im bardziej koniuszkowa (rycina 1) lub podstawna (rycina 2) pozycja elektrody, natomiast nieco węższych przy pozycji midseptalnej (rycina 3). HBP umożliwia uzyskanie identycznych zespołów QRS jak natywne (selektywna stymulacja pęczka Hisa – rycina 4) lub prawie identycznych (nieselektywna stymulacja pęczka Hisa – rycina 5), a czasem, w przypadku występowania śródkomorowych skoncentrowanych zaburzeń przewodnictwa jak LBBB/RBBB dodatkowo ich korekcję. W przypadku LBBP morfologia zespołów QRS nieco przypomina RBBB (co konceptualnie jest łatwe do wyjaśnienia – stymulujemy lewą odnogę, więc nie stymulujemy prawej, stąd morfologia PODOBNA do RBBB) – jednak nie jest to rzeczywisty blok prawej odnogi i nie należy tego ani tak rozumieć ani opisywać (rycina 6).

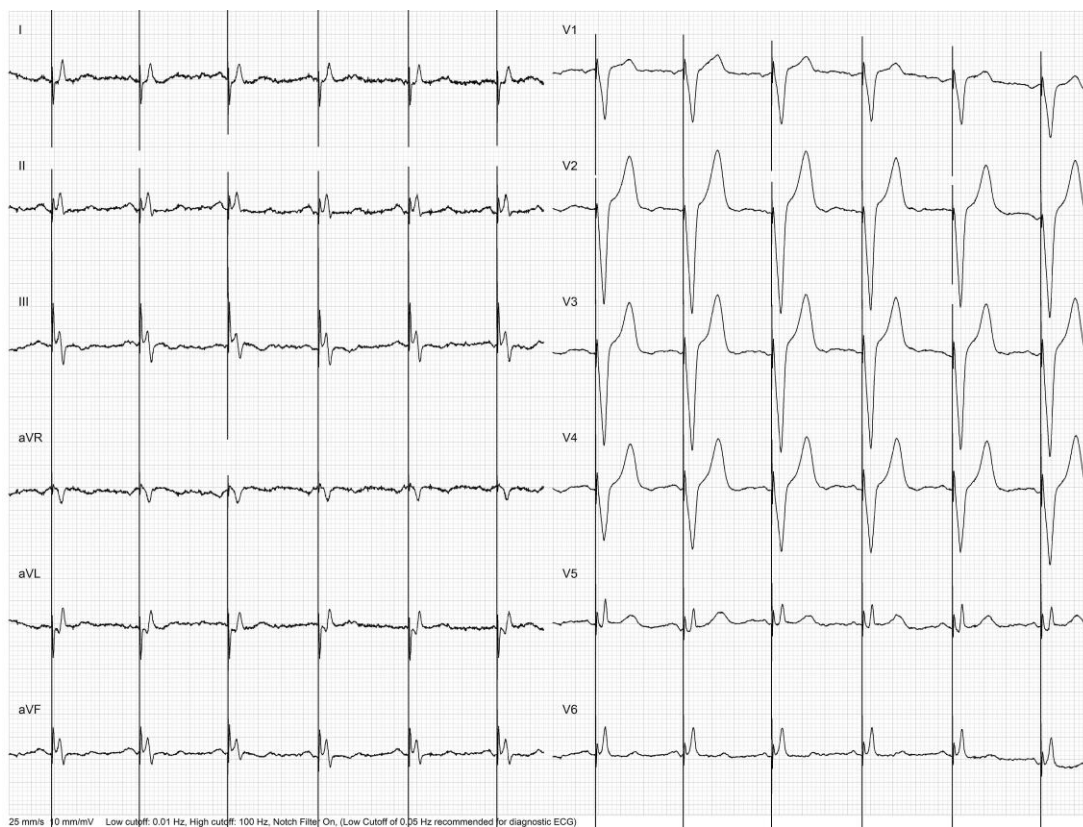
Uzyskanie HBP lub LBBP leży po stronie operatora. Niestety, u części pacjentów zdarza się, że pomimo uzyskania świetnego efektu na zabiegu po pewnym czasie tracimy możliwość pobudzenia HB/LBB – a stymulujemy jedynie okoliczne miokardium. Dlatego lekarz mający przed sobą pacjenta i programator służący do kontroli kardiostymulatora lub przynajmniej EKG pacjenta z tym rodzajem stymulacji, powinien wiedzieć jak ocenić czy rzeczywista stymulacja pęczka Hisa lub lewej odnogi nadal jest obecna. Głównym celem tego tekstu jest przegląd najważniejszych kryteriów/metod służących ocenie utrzymania HBP/LBBP.



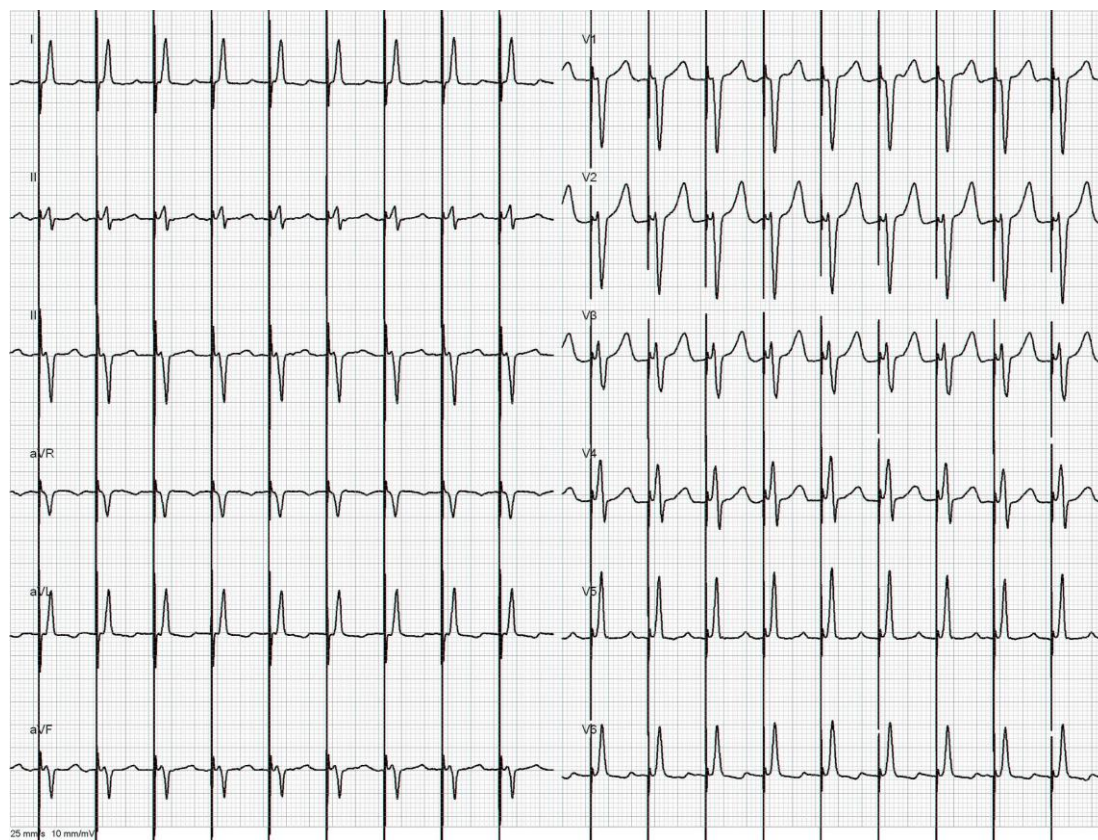
Rycina 1. Stymulacja koniuszkowa



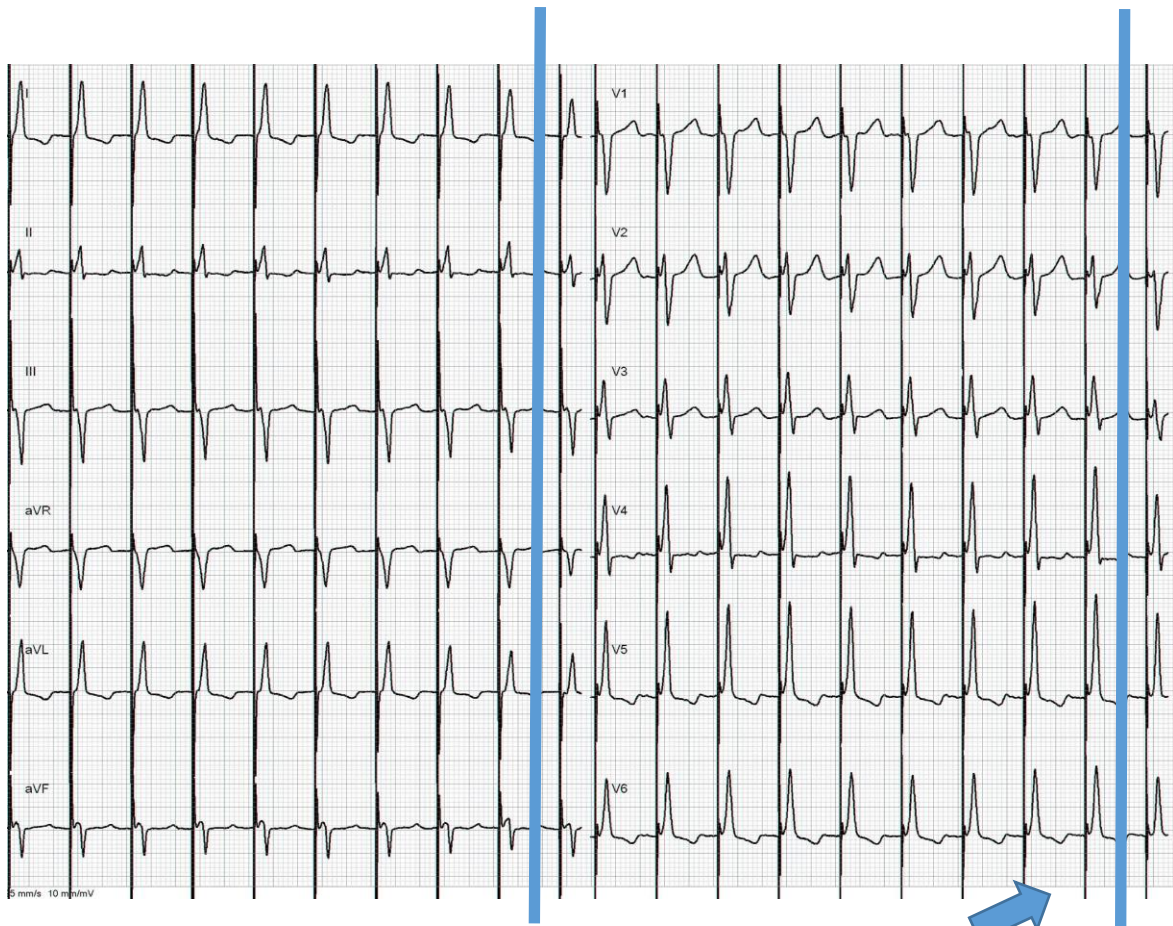
Rycina 2. Stymulacja z RVOT



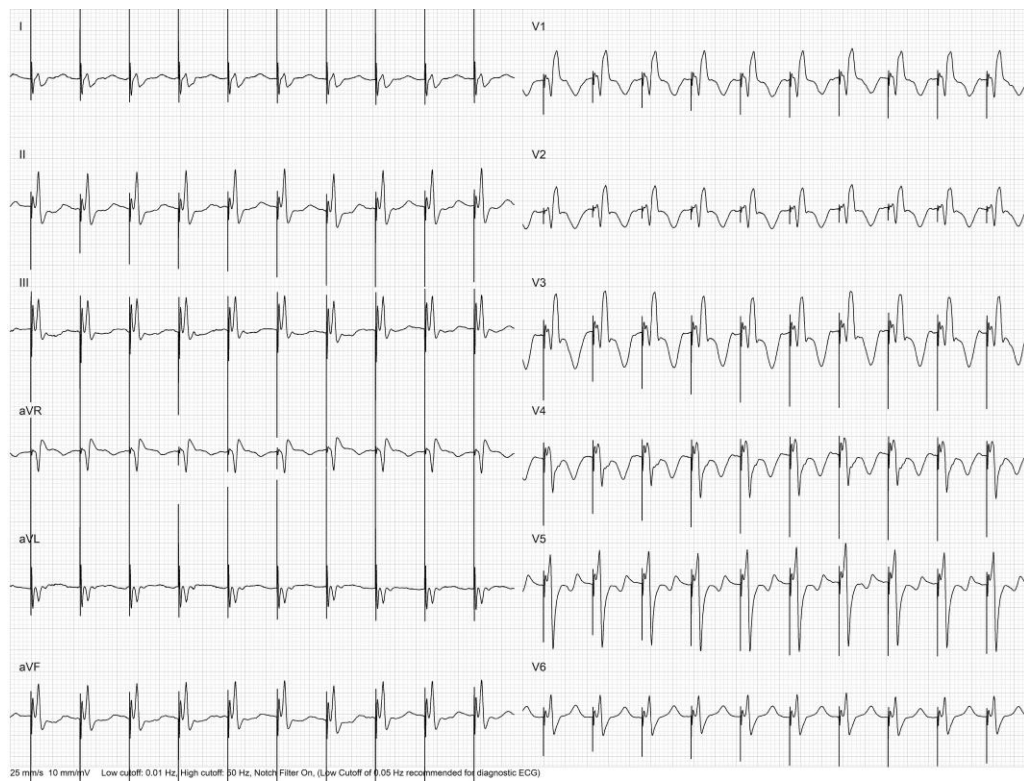
Rycina 3. Stymulacja z midseptum



Rycina 4. Bezpośrednia selektywna stymulacja pęczka Hisa



Rycina 5. Bezpośrednia nieselektywna stymulacja pęczka Hisa (ostatni QRS selektywny)

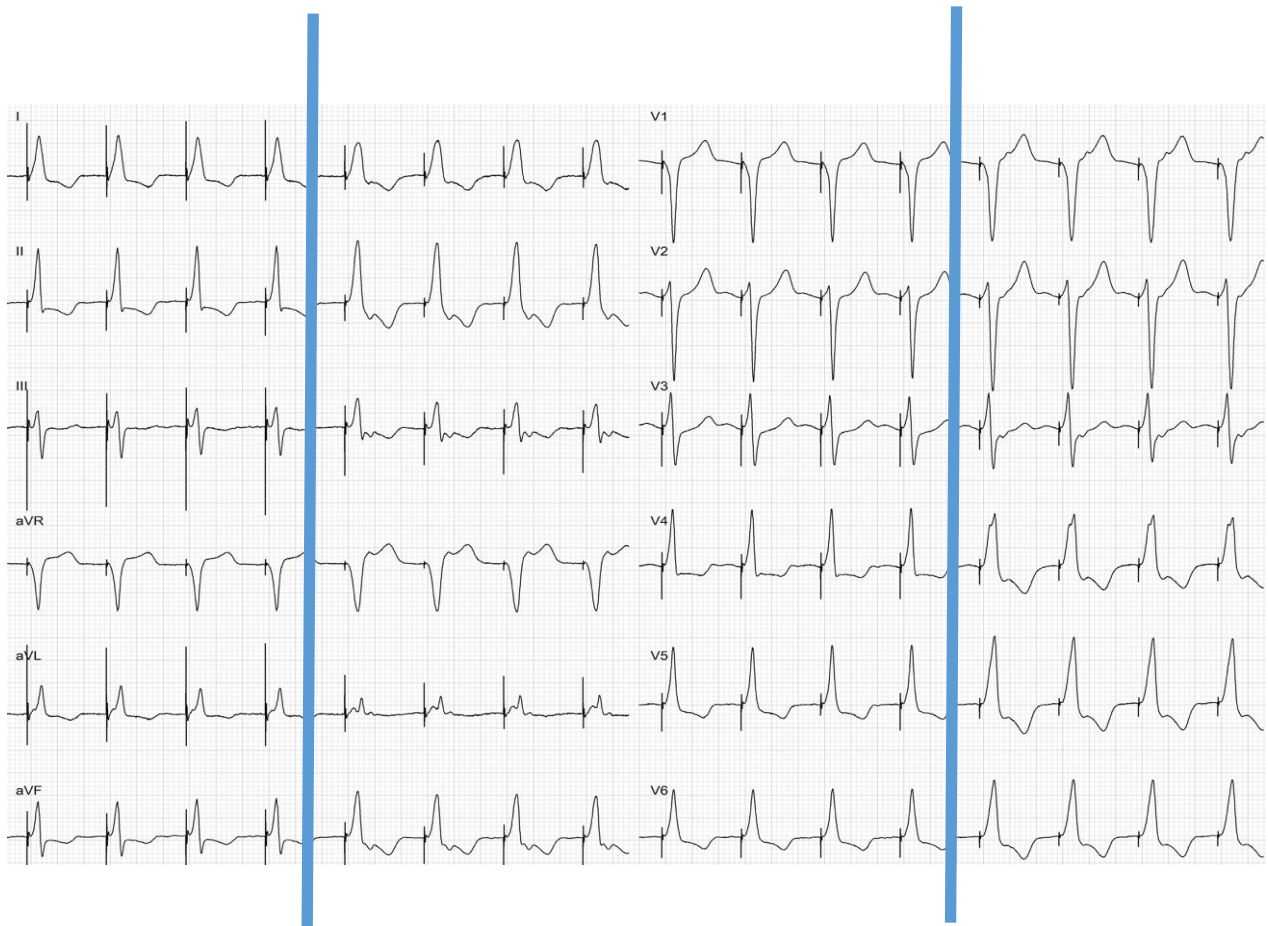


Rycina 6. Bezpośrednia nieselektywna stymulacja lewej odnogi pęczka Hisa.

## HBP

### 1) Zjawisko transition

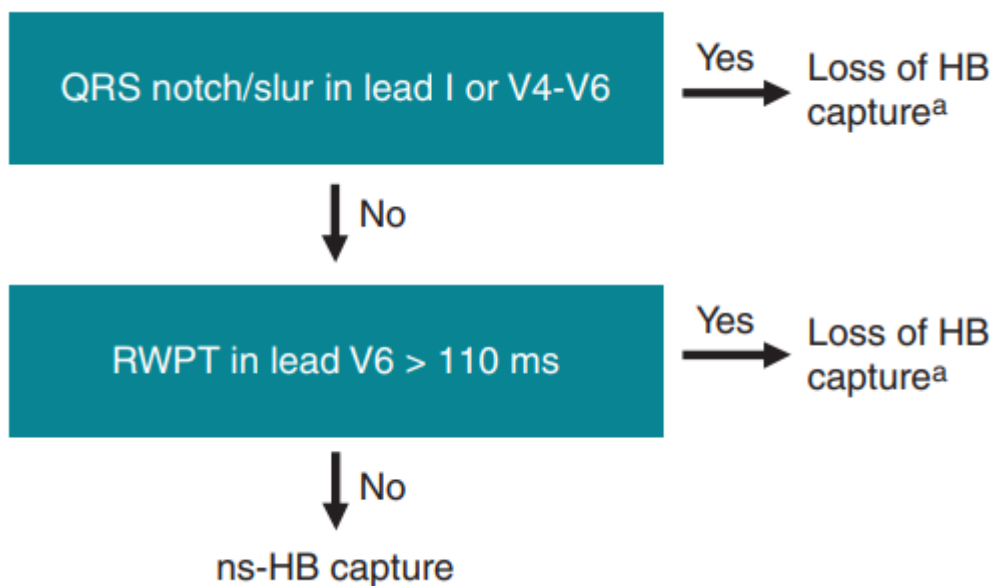
Podstawową, najpewniejszą a jednocześnie najprostszą metodą oceny występowania jakiegokolwiek rodzaju CSP jest zjawisko transition, czyli zmiany morfologii zespołów QRS zależnych od amplitudy stymulacji – co ocenić można jedynie dysponując programatorem wykonując test progów z jednoczesną rejestracją EKG (!). Warto zaznaczyć, że ocena morfologii zespołów QRS w CSP zawsze powinna odbywać się w trybie VVI, nie DDD (chyba, że pacjent nie ma przewodzenia AV) – dlatego, że w stymulacji DDD możliwa jest fuzja stymulacji i przewodzenia własnego z przedsionka, co zniekształca zespoły QRS i utrudnia ocenę. U większości pacjentów na wyższych woltażach uzyskuje się stymulację nieselektywną – czyli pobudzenie jednocześnie pęczka Hisa oraz okolicznego miokardium, czego elektrokardiograficznym odzwierciedleniem jest fala delta, podobnie jak w zespole preekscytacji (strzałka na rycinie 5). Natomiast podczas stymulacji niższymi woltażami tracone jest pobudzenie jednej z dwóch tkanek uzyskując odpowiednio albo selektywną stymulację pęczka Hisa (Rycina 5, ostatni QRS), lub jedynie stymulację miokardium – gdy próg pobudzenia Hisa jest wyższy niż wsierdzia (Rycina 7). Zjawisko transition występuje u około 95% pacjentów z HBP.



Rycina 7. Transition pomiędzy stymulacją nieselektywną HBP (lewa strona) a stymulacją miokardialną (prawa strona).

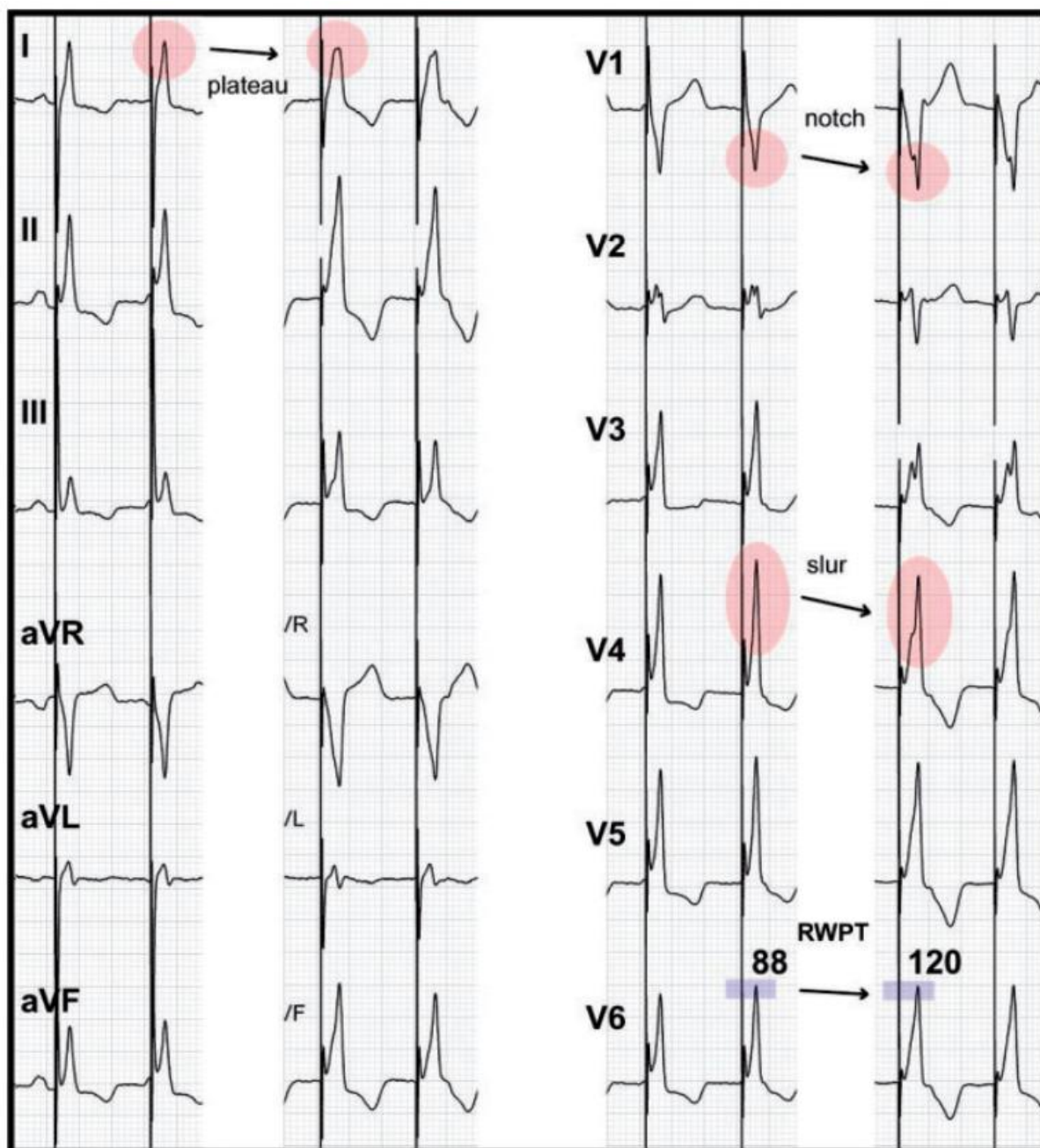
## 2) Ocena występowania cech stymulacji miokardialnej oraz V<sub>6</sub>-RWPT

W przypadku, gdy podczas stymulacji uzyskujemy zespoły QRS identyczne jak własne (a więc selektywną HBP) nie ma większych wątpliwości, że pobudzenie HB jest osiągnięte. Sytuacja nieco komplikuje się w momencie, gdy dysponujemy jedynie EKG pacjenta (jeśli tak jest – a mamy na to wpływ – EKG najlepiej wykonać po przyłożeniu magnesu, co zmieni tryb pracy urządzenia na V00 lub D00 z krótkim odstępem przedsionkowo-komorowym) lub u pacjenta, u którego nawet na niskich amplitudach w teście progów nie da się osiągnąć stymulacji selektywnej. Stymulację nieselektywną (HB + okoliczne miokardium) u części pacjentów trudno rozróżnić od czystej stymulacji miokardialnej. Głównie dotyczy to pacjentów z długim odstępem HV (od początku lub rozwiniętym blokiem dystalnym *de novo*) lub z występującymi śródkomorowymi zaburzeniami przewodnictwa (występującymi od początku, które początkowo udało się skorygować lub rozwiniętymi podczas obserwacji).



Rycina 8. Algorytm elektrokardiograficznej oceny występowania/utruty pobudzenia pęczka Hisa. Ilustracja pochodząca z artykułu “Electrocardiographic characterization of non-selective His-bundle pacing: validation of novel diagnostic criteria” Prof. Marka Jastrzębskiego i wsp. EP Europace 21.12 (2019): 1857-1864.

Opracowany przez Profesora Jastrzębskiego algorytm oceny wystymulowanych (Rycina 8) zespołów QRS jest dwustopniowy – po pierwsze oceniamy występowanie typowo miokardialnych cech zespołów QRS, które znamy z definicji bloku lewej odnogi – czyli slurry (spowolnienie depolaryzacji = platau) i notche (zazębienia) - Rycina 9. Jeśli są obecne – albo stymulujemy jedynie okołohisowskie miokardium (częściej) albo nie korygujemy już zaburzeń przewodnictwa, które wcześniej były możliwe do korekcji. Brak korekcji zaburzeń przewodnictwa (w postaci najczęściej LBBB) albo w ogóle już nie jest możliwy, albo – co częściej – możliwy na wyższych woltażach niż aktualnie zaprogramowana amplituda.



Rycina 9. Różnice pomiędzy nieselektywną stymulacją pęczka Hisa (lewe panele) i stymulacją miokardialną. Ilustracja pochodząca z artykułu "Electrocardiographic characterization of non-selective His-bundle pacing: validation of novel diagnostic criteria" Prof. Marka Jastrzębskiego i wsp. EP Europace 21.12 (2019): 1857-1864.

Brak slurrów/notchy umożliwia przejście nam do drugiego kroku oceny wystymulowanych zespołów QRS, którym jest obliczenie czasu do szczytu załamka R w odprowadzeniu V6. V<sub>6</sub>-RWPT jest elektrokardiograficznym odpowiednikiem depolaryzacji najbardziej lateralnie położonych włókien mięśniowych lewej komory. Fizjologicznie nie jest on dłuższy niż 60ms (kryterium LBBB), natomiast przy stymulacji HPS nie powinien być dłuższy niż 110ms. Różnica wynika z dodania do maksymalnych fizjologicznych 60ms odstępu HV (stymulujemy pęczek Hisa, więc impuls musi się z niego przedostać jeszcze do roboczego miokardium), który z kolei nie powinien być dłuższy niż 55ms (a nigdy nie

stymulujemy dokładnie początku HB, stąd sumarycznie za górną granicę uznano 110ms). Po dalsze informacje dotyczące V<sub>6</sub>-RWPT odsyłam do oryginalnego tekstu.

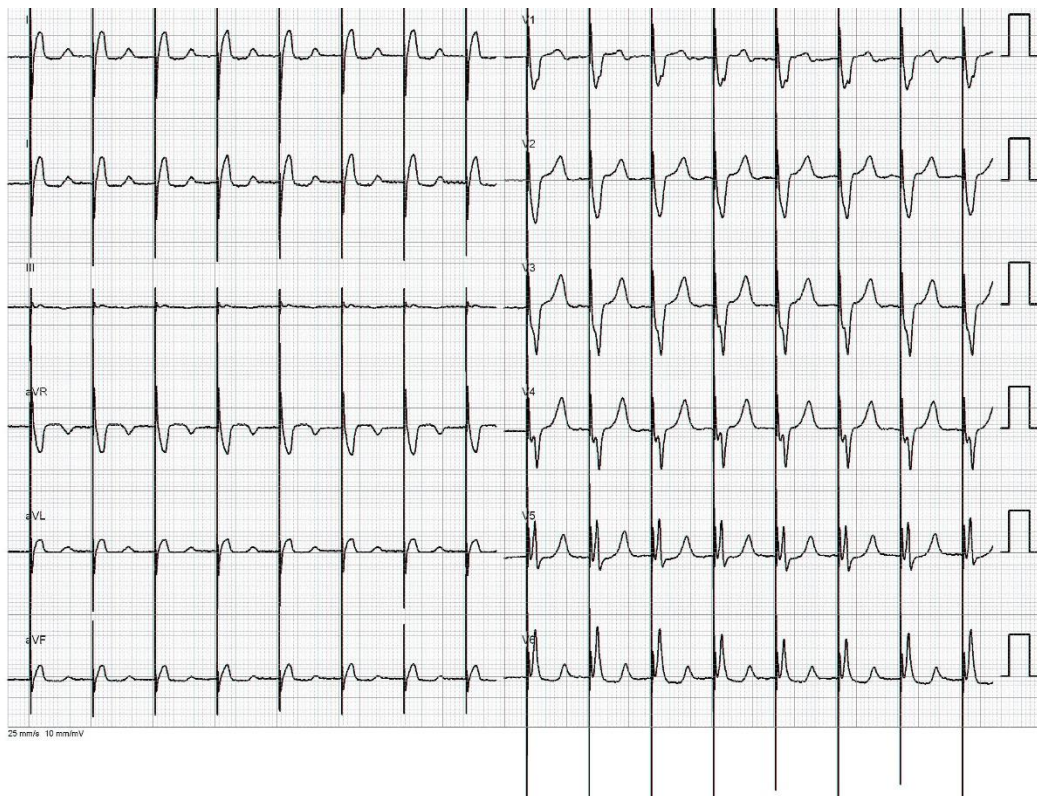
## LBBP

Metodyka uzyskania LBBP podczas zabiegu wiąże się z wkręceniem się w przegrodę międzykomorową od światła prawej komory. Uzyskany zespół QRS jest zupełnie inny niż stymulacja prawokomorowa i (w 95%) HBP. Nie każde wkręcenie w przegrodę, nawet z osiągnięciem typowej morfologii zespołu QRS nie jest jednoznaczne z uzyskaniem bezpośredniego pobudzenia lewej odnogi. W części przypadków uzyskuje się jedynie pobudzenie miokardium w okolicy lewej odnogi.

U części (nawet do 10%) pacjentów w okresie do kilku miesięcy po zabiegu następuje wycofanie elektrody z miejsca docelowej fiksacji. Związane jest to ze zmianą morfologii zespołów QRS na typowo miokardialny prawokomorowy – jak w przypadku klasycznej stymulacji lub wersję pośrednią, kiedy elektroda nie jest już w okolicy lewej odnogi ale nadal tkwi zakotwiczona głęboko w przegrodzie = deepseptum (rycina 10). W takiej sytuacji nie ma wątpliwości o utracie LBBP.

Sytuacja jest znacznie trudniejsza jeśli różnicowanie przebiega pomiędzy LBBP a stymulacją lewostronnej części przegrody międzykomorowej (LVSP). W pierwszym przypadku lewa odnoga od początku uczestniczy w przewodzeniu impulsu w lewej komorze, w drugiej albo nie uczestniczy w ogóle, albo pobudzana jest wtórnie od okolicznego miokardium. W obu przypadkach otrzymane zespoły QRS mogą być bardzo podobne, a różnicowanie nastęrcza sporo trudności.

Poniższe kryteria/metody służą odróżnieniu prawdziwej LBBP od LVSP.



Rycina 10. Stymulacja z elektrody wkręconej głęboko w przegrodę = deepseptum.

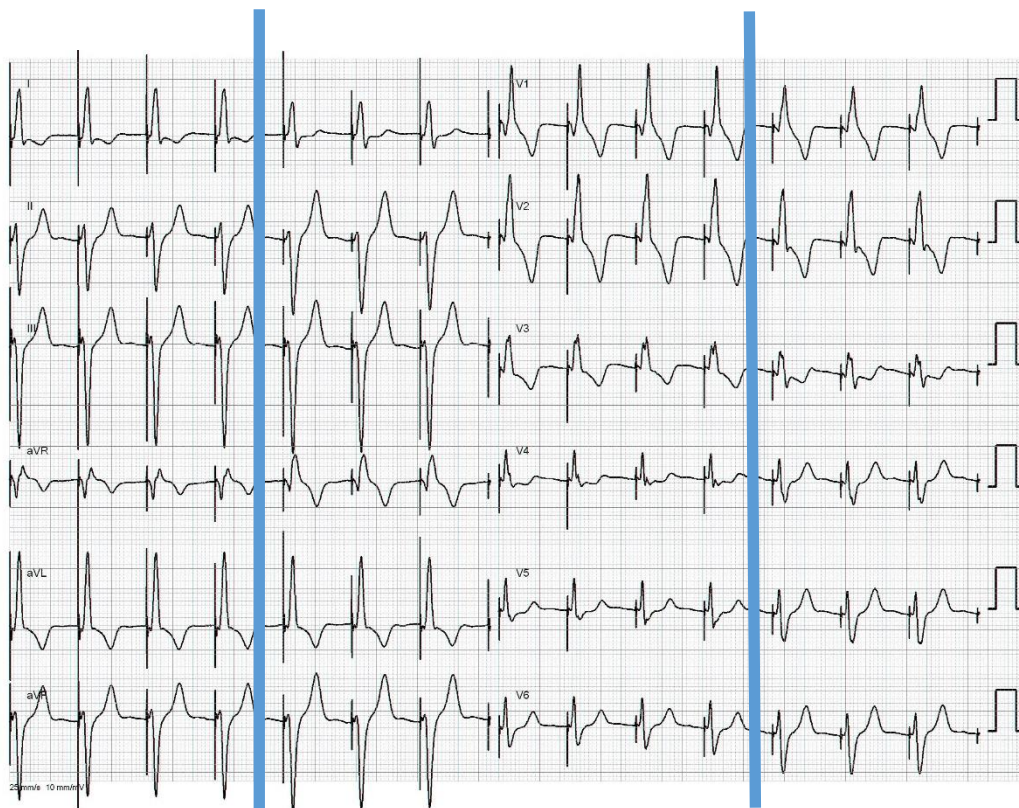


## 1) Zjawisko transition

Również dla LBBP ocena występowania transition pozostaje złotym standardem w potwierdzeniu obecności pobudzenia LBB. Nie jest jednak tak częste jak w HBP – występuje u około 1/3 pacjentów z LBBP. Jego ocena jest możliwa również jedynie przy użyciu programatora wykonując test progów w trybie VVI. Zmiana morfologii następuje z osiągniętej na wyższych progach stymulacji nieselektywnej (LBB + okoliczne miokardium) w selektywną tylko lewej odnogi (morfologia QRS jak w rzeczywistym RBBB) – rycina 11, albo miokardialną ale wyglądającą zupełnie inaczej niż miokardialna stymulacja prawokomorowa (LVSP) – rycina 12.

## 2) Ocena V<sub>6</sub>-RWPT

Ocena V<sub>6</sub>-RWPT spełnia również kluczową rolę w potwierdzeniu występowania pobudzenia LBB. Jeśli lewa odnoga uczestniczy w propagacji impulsu i nie jest uszkodzona (nie występuje wyjściowo LBBB, NIVCD, stymulacja z RV lub escape rhythm w AVB III) pewny punkt odcięcia, przy którym mamy do czynienia z LBBP wynosi  $\leq 75\text{ms}$ , a prawdopodobny  $\leq 85\text{ms}$ . Jeśli lewa odnoga jest uszkodzona (wspomniane wyżej LBBB, NIVCD, stymulacja z RV lub escape rhythm w AVB III) pewny punkt graniczny przesuwa się na  $\leq 80\text{ms}$ , a prawdopodobny na  $\leq 100\text{ms}$ .



Rycina 11. Transition pomiędzy stymulacją nieselektywną (lewa strona) a selektywną (prawa strona) lewej odnogi pęczka Hisa.



Rycina 12. Transition pomiędzy stymulacją niselektywną lewej odnogi pęczka Hisa (lewa strona) a stymulacją lewostronnego przegrodowego miokardium – prawa strona.

Odnosnie kryteriów związanych z  $V_6$ -RWPT, zarówno dla HBP jak i LBBP, warto jeszcze dodać dwa komentarze:

- wzrokowa ocena  $V_6$ -RWPT ma ograniczoną dokładność, stąd wartości pomiędzy interpretującymi mogą się różnić;
- bezcenna jest informacja dotycząca osiągniętego  $V_6$ -RWPT podczas zabiegu; zgodność interwałów zabiegowego, osiągniętego przy pewnej stymulacji HB lub LBB z ocenianym podczas kontroli daje gwarancję co do utrzymania stymulacji w oparciu o układ przewodzący.

Umiejętność różnicowania pomiędzy (niselektywną) HBP a stymulacja prawokomorową klinicznie ma znaczenie głównie u pacjentów z CRT, gdzie HBP służy jako resynchronizacja. Podobnie jest w rozróżnieniu LBBP i całkowicie wycofanej z przegrody elektrody – kiedy efekt resynchronizacji przy udziale natywnych włókien przewodzących przestał istnieć. Natomiast różnicowanie czy mamy do czynienia z LBBP czy LVSP w praktyce klinicznej, poza bardzo rzadkimi sytuacjami, nie ma aż tak wielkiego znaczenia z powodu znacznego podobieństwa osiągniętych rezultatów (choć jak zaznaczyłem – zdarza się, że LBBP danego pacjenta daje piękny ostry zespół QRS a LVSP szeroki, miokardialny, prawie prawokomorowy).

HBP/LBBP u pacjentów, u których nie występują cechy niewydolności serca, najpewniej okaże się chronić przed rozwojem kardiomiopatii stymulatorowej, czyli powikłania typowego dla długotrwałej prawokomorowej stymulacji miokardialnej. Potrzebny jest jednak dłuższy czas obserwacji i prospektywne badania/rejestry oceniające ten aspekt (które są *in tractu*).

Na koniec jeszcze słowo komentarza właśnie odnośnie stosowania CSP przy braku randomizowanych badań stwierdzających przewagę tej formy stymulacji nad klasyczną stymulacją miokardialną. Jakkolwiek badania są jednoznacznie potrzebne - dopóki ich nie ma nie warto rezygnować z CSP. W samej idei jest to rodzaj stymulacji będący de facto protezowaniem anatomicznej części serca, więc – poprzez porównanie do innego działania medycznego – tym samym co przyszycie uciętego przypadkowo palca. A to działanie nie wydaje się, że wymaga potwierdzenia w randomizowanych trialach.

W celu pełniejszego zrozumienia prezentowanych treści odsyłam do publikacji źródłowych zamieszczonych poniżej.

Piśmiennictwo:

1. Jastrzębski, Marek, et al. "Electrocardiographic characterization of non-selective His-bundle pacing: validation of novel diagnostic criteria." *EP Europace* 21.12 (2019): 1857-1864.
2. Jastrzębski, Marek, et al. "Physiology-based electrocardiographic criteria for left bundle branch capture." *Heart Rhythm* 18.6 (2021): 935-943.
3. Burri, Haran, et al. "EHRA clinical consensus statement on conduction system pacing implantation: endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), Canadian Heart Rhythm Society (CHRS), and Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS)." *Europace* 25.4 (2023): 1208-1236.