

AV-knutan – en gåtfull »svart låda« med många funktioner

Slawomir Liszewskis och Viktor Oskarssons fallbeskrivning i detta nummer om dubbelt kammarsvar efter en förmaksimpuls ger oss anledning att rikta uppmärksamheten mot en liten central struktur i hjärtat som gör sitt jobb cirka 100 000 gånger per dygn: AV-knutan eller AV-noden. »A riddle wrapped in a mystery inside an enigma«



Lennart Bergfeldt, senior professor, överläkare, Sahlgrenska universitetssjukhuset, Göteborg
 ● lennart.bergfeldt@gu.se

är ett uttalande tillskrivet Winston Churchill i samband med en viktig politisk händelse i oktober 1939. 61 år senare använde en av elektrofysiologins frontfigurer, Douglas P Zipes, samma uttryck för att beskriva AV-knutan.

Vad är och gör den närmast sadelformade AV-knutan? Den är belägen i nedre delen av förmaksskiljeväggen och ovanför kammarskiljeväggen, med en sida av sadeln mot höger inom Kochs triangel och den andra mot vänster förmak. »Sadelknoppen« utgör övergången till His bunt, hjärtats elektriska huvudkabel i övre delen av kammarskiljeväggen, som sedan delar sig i två huvudgrenar, en åt vänster och en åt höger (Figur 1).

Om sinusknutan är hjärtats metronom så är AV-knutan dirigenten eller hjärnan i hjärtat. Den tar emot den elektriska impulsen från sinusknutan efter att densamma har aktiverat höger och vänster förmak, men väntar med att skicka den elektriska aktiviteten vidare till kamrarna tills förmaken hunnit dra ihop sig och hjälpt till att fylla på kamrarna med blod. Först därefter skickas den elektriska impulsen vidare och initierar kamrarnas sammandragning, som skickar blodet ut i lungartären respektive aortan. Inget av detta syns

på EKG mer än som ett varierande långt och rakt streck mellan P-vågen och QRS-komplexet. AV-knutan har så liten muskelmassa och dess elektriska impulsfortledning sker så långsamt att det inte räcker för att ge avtryck på EKG. Den verkar utan att synas.

AV-knutan är också hjärtats elektriska skyddsfilter mellan förmaken och kamrarna. Detta har patienter med förmaksflimmer och förmaksfladder anledning att vara tacksamma för. Många av de flera hundra impulser som kan bildas i förmaken varje minut vid dessa tillstånd fastnar nämligen i AV-knutan och skyddar hjärtat mot överansträngning. Behöver AV-knutan hjälp att bromsa takten på hjärtat vid förmaksflimmer/-fladder så kan det elektriska filtret förstärkas med mediciner, i första hand med betablockerare, vissa kalciumflödeshämmare och digitalis.

Som om det inte skulle räcka med två viktiga funktioner så har AV-knutan en tredje: den är reservmetronom om sinusknutan av någon anledning inte gör sitt jobb.

AV-knutans fysiologi och patofysiologi

AV-knutan är som en gåtfull »svart låda«. Vi kan bara förstå hur den fungerar genom en så kallad elektrofysiologisk kateterisering, då sladdar från ljumskan till hjärtat skickar en eller flera elektriska impulser till AV-knutan, oftast från förmak, men ibland från kammaren. Svaret vi får på andra sidan visar att den elektriska överledningen i AV-knutan dels beror på hjärtfrekvensen (är intervallberoende), dels uppvisar såväl uttröttnings- som faciliteringsfenomen [1]. Här kommer författarnas fallrapport in som ett uppfriskande undantag. Man kan på en konventionell EKG-registrering i deras båda fall se att förmaksimpulsen tar två olika vägar genom AV-knutan och vidare ner i kamrarna. Om man på rätt plats i hjärtat har en sladd som registrerar den elektriska aktiviteten kan man bekräfta att det är i AV-knutan ovanför His bunt som dessa vägar finns.

Är detta ett kuriosum? Både ja och nej. Ja, för att undertecknad under drygt 30 års elektrofysiologisk ablationsverksam-

het bara sett en handfull exempel på detta. Nej, för att alternativa vägar genom AV-knutan utgör bakgrunden till en av de vanligaste botbara förmaksarytmierna eller hjärtklappningssjukdomarna som ses inom invasiv elektrofysiologisk verksamhet, så kallad AV-nodal återkopplingstakykardi (AVNRT). AVNRT är vanligare än olika varianter av atrioventrikulär återkopplingstakykardi (AVRT), som beror på en extra elektrisk förbindelse mellan förmak och kammare (varianter på Wolff-Parkinson-White-syndrom). AVNRT är en förvärvad hjärtklappningssjukdom, som är vanligare hos flickor/kvinnor än hos pojkar/män. Det motsatta gäller för AVRT, som är en medfödd muskelbrygga mellan förmak och kammare och vanligare hos pojkar/män. Mellan hjärtklappningsattackerna syns ingen förändring på EKG hos patienter med AVNRT, om det inte, som i den aktuella fallbeskrivningen, finns dubbla kammarsvar efter en förmaksaktivering (P-våg), och detta är således ovanligt. Vid så kallat öppet WPW-syndrom ser man däremot i sinusrytm mellan hjärtklapp-

»Baserat på experimentella studier ... och kliniska observationer är detta fenomen i första hand fysiologiskt ...«

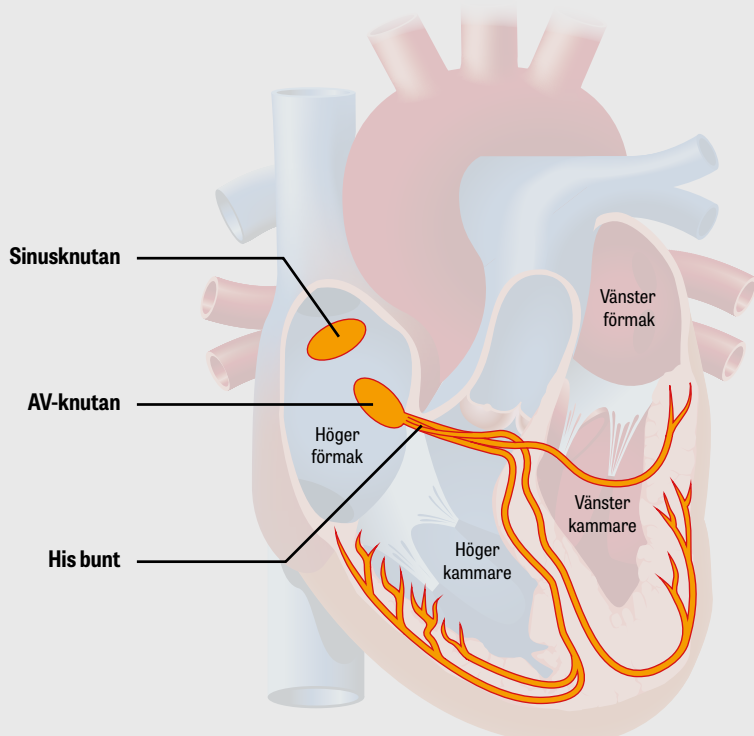
ningsattackerna en delvåg som förbinder P-vågen med kammarkomplexet där det normalt finns ett rakt streck. Vid dolt WPW-syndrom ser man, som vid AVNRT, oftast ett helt normalt EKG mellan hjärtklappningsattackerna, vilket försvårar diagnostiken (symtomen kan misstolkas som panikångest). Gemensamt för AVNRT och AVRT är att cirka 95 procent av patienterna i övrigt är helt hjärtfriska och cirka 95 procent kan botas med ablationsbehandling (genom värmning eller frysnings) [2].

Förutom AVNRT och dubbla kammarslag efter en förmaksimpuls kan man

HUVUDBUDSKAP

- För det öppna ögat och sinnet kan vanligt EKG avslöja viktiga egenskaper hos det enskilda hjärtat och i detta fall AV-knutan, vilket fallbeskrivningen i detta nummer föredömligt visar.
- AV-knutan är en bildligt och bokstavligt central del av hjärtat med många viktiga funktioner, men med en utmanande fysiologi och patofysiologi.

FIGUR 1. Schematisk beskrivning av relationen mellan hjärtats förmak och kammare, samt huvudkomponenterna i hjärtats elektriska system



► Sinusknutan i höger förmaks övre del nära övre hälvenen och AV-knutan i förmaksskiljeväggens nedre del nära klaffarna mellan förmak och kammare. AV-knutan övergår i His bunt, som i sin tur avger två huvudgrenar, varav den vänstra delar sig i en gren framåt och en bakåt, båda nära kammarskiljeväggen. Alla delar av hjärtat utom klaffarna och deras fästen (anulus fibrosus) tar emot elektriska impulser och kan utgöra elektriska oroshärdar.

vid invasiv elektrofysiologisk undersökning med katetrar i hjärtat se ytterligare två tecken på alternativa vägar för impulser genom AV-knutan. Om man skickar in ett extra slag från förmaket till AV-knutan och sedan låter det extra slaget komma allt tidigare så kan man se en plötslig förlängning av avståndet mellan P-vågen och QRS-komplexet när fortledningen i AV-knutan skiftar från den snabbare vägen (som behöver längre vilotid) till den långsammare. Detta kallas »jump« och kan synas på EKG som en plötslig förlängning av PQ-intervallet. Det fjärde och sista tecknet på alternativa vägar i AV-knutan är ett så kallat ekoslag, när en nedåtgående impuls i AV-knutan »studsar« tillbaka i AV-knutans nedre del och aktiverar förmaken i motsatt riktning jämfört med vad som sker när impulsen kommer från sinusknutan. Detta ekoslag är oftast svårt att se på EKG eftersom förmaksaktiveringens P-våg döljs i QRS-komplexet, men föregås

ofta av ett »jump«.

Så om man ser en EKG-bild med dubbelt kammarsvar, som i fallbeskrivningen, så betyder det flera saker:

- Den bevisar alternativa elektriska vägar genom AV-knutan.
- Om den är ihållande kan en sådan rytm överanstränga hjärtmuskeln och minska dess pumpförmåga.
- EKG-mönstret kan, men behöver inte, förekomma tillsammans med attacker av plötsligt påkommen hjärtklappning på grund av AVNRT.
- Behandlingen är samma som vid AVNRT, med mycket goda chanser till bot.

Ett fysiologiskt eller anatomiskt fenomen?

Diskussionen om mekanismen bakom alternativa vägar i AV-knutan var intensiv under 1990-talet då ablationsbehandlingsmöjligheter spreds över världen. Nu är behandlingen så rutinmässig att intresset för den underliggande mekanismen sval-

nat. Baserat på experimentella studier [3,4] och kliniska observationer är detta fenomen i första hand fysiologiskt och beror inte på diskreta anatomiska strukturer som vid varianter av WPW-syndrom.

Förutom experimentellt stöd talar följande kliniska observationer för att detta är ett fysiologiskt fenomen. AVNRT är inte en medfödd hjärtklappningssjukdom, utan kräver någon grad av tillväxt. Vid ablationsbehandling värmer eller fryser man området mellan mynningen av hjärtats egen stora ven (sinus coronarius) och klaffen mellan höger förmak och kammare (tricuspidaliseringen) i nedre delen av Kochs triangel. Man behöver inte ta bort den långsamma överledningen för att bota patienten från AVNRT. Dessutom ser man efter lyckad behandling ofta att egenskaperna hos den så kallade snabba banan har förändrats utan att ha tagit skada. Och i de få fall där man haft möjlighet att undersöka hjärtat mikroskopiskt efter lyckad ablationsbehandling, då patienten avlidit av annat skäl, så ser man att de små ärrer efter behandlingen ligger i förmaksvävnad och inte när AV-knutans celler. Detta talar för att de alternativa vägarna ligger mycket nära varandra, så nära att de involverade cellerna påverkar varandra och skapar förutsättningar för så kallad anisotrop konduktion, ett fysiologiskt fenomen som den intresserade läsaren lämnas att på egen hand fördjupa sig i [3,4]. ○

- Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.

Citera som: *Läkartidningen. 2022;119:22072*

REFERENSER

1. Bilette J, Tadros R. An integrated overview of AV node physiology. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2019;42(7):805-20.
2. Insulander P, Schwieler J, Kennebäck G, et al. Ablation som förstahandsval vid supraventrikulära takykardier. Goda resultat och få komplikationer i studie av 2207 konsekutiva patienter. *Läkartidningen.* 2008;105:3644-7.
3. Spach MS, Josephson ME. Initiating reentry: the role of nonuniform anisotropy in small circuits. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 1994;5(2):182-209.
4. Hocini M, Loh P, Ho SY, et al. Anisotropic conduction in the triangle of Koch of mammalian hearts: electrophysiologic and anatomic correlations. *J Am Coll Cardiol.* 1998;31(3):629-36.

SUMMARY

The AV node – an enigmatic »black box« located in the centre of the heart

This commentary refers to a case report describing dual ventricular responses following a single P-wave, which is an unusual but possibly underdiagnosed phenomenon. The AV node synchronizes atrial and ventricular mechanical functions, acts as an electrical filter protecting the ventricles from high heart rates during atrial fibrillation and flutter and is also a back-up generator if the sinus node fails. Dual AV-nodal pathways are the substrate for the relatively common AV-nodal re-entrant tachycardia (AVNRT), which is curable by ablation. Ablation is also the therapy of choice when dual ventricular responses cause palpitations with or without AVNRT, or in rare cases of continuously impaired ventricular mechanical function.