

Expertgruppen för ekokardiografi

2020-06-18

Rekommendation för bedömning av aortadimensioner med transthorakal ekokardiografi

Rekommendationen har tagits fram av Equalis expertgrupp för ekokardiografi som består av Eva Maret (ordförande), Roman A'Roch, Sinsia Gao, Per Lindqvist, Carl Meurling, Eva Nylander, Arne Olsson, Jonas Selmerud, Viktoria Skott och Sofia Sunnerud

Huvudförfattare: Sofia Sunnerud och Jonas Selmerud

Equalis rekommendationer tas fram i syfte att harmonisera undersökningsresultat inom medicinsk diagnostik i Sverige. De riktar sig till hälso- och sjukvårdspersonal.

Frågor angående rekommendationen ställs till info@equalis.se.

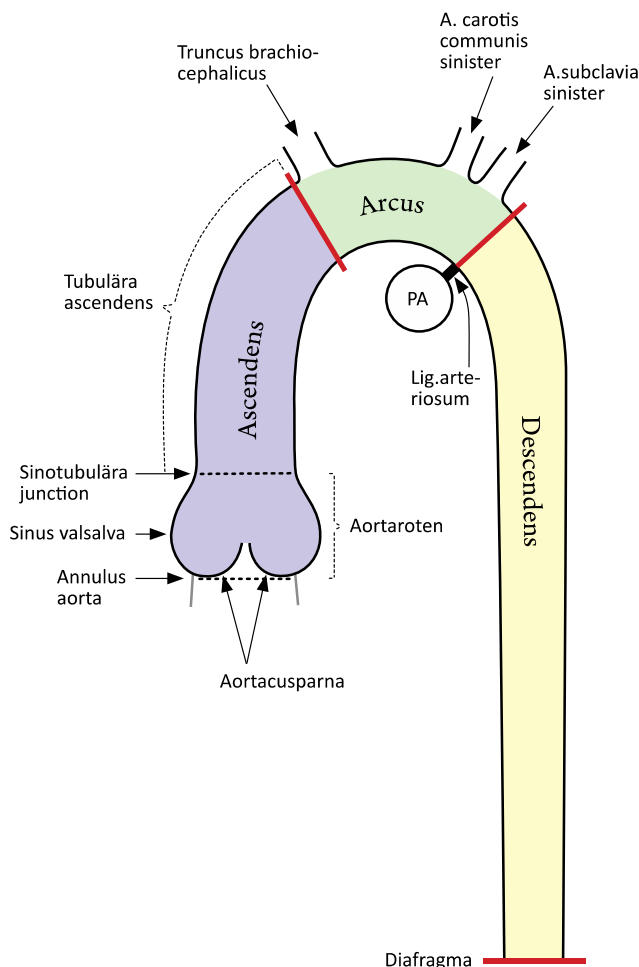
Sammanfattning

- Aorta ascendens dimensioner bedöms i parasternala längsaxelvyer med hjälp av diametern i höjd med annulus aorta, sinus valsalva, sinotubulära övergången och tubulära aorta ascendens.
- I suprasternal vy visualiseras arcus för mätning av diametern före avgången för truncus brachiocephalicus samt direkt efter den vänstra subclaviaavgången.
- Annulus aortas diameter mäts i mitten av systole och övriga diametrar i slutdiastole.
- Annulus aorta och arcus mäts med inner edge-to-inner edge metoden (I-I), för övriga mått rekommenderas leading edge-to-leading edge metoden (L-L).
- Campens et al rekommenderas som referensmaterial för mått i sinus valsalva och tubulära aorta ascendens.
- Nomogram och referensintervall i tabellformat utifrån Campens et al återfinns i dessa rekommendationer liksom ekvationer som med fördel implementeras i verktyg för ekokardiografisk granskning och svarshantering.
- Då aortas dimensioner värderas behöver individens ålder, kön och kroppsstorlek (i första hand via BSA) tas i beaktande vilket ingår i de ovan nämnda nomogrammen, tabellerna och ekvationerna.
- Mirea et al presenteras som referensmaterial för distala arcus för kvinnor respektive män i olika ålderskategorier och indexerad för BSA.
- Det är av vikt att alltid tillämpa ett gott kliniskt omdöme då aortadimensioner värderas och inte strikt titta på referensvärden. Måttet i sinus valsalva är som regel det största aortamåttet och ca 10% vidare än tubulära aorta ascendens. Hos friska individer överstiger aortadiametern sällan 40mm och värden över detta bör alltid föranleda extra reflektion.

Expertgruppen för ekokardiografi

Anatomi

Thorakala aorta delas in i aorta ascendens, arcus aorta och aorta descendens. Aorta ascendens sträcker sig från annulus aorta och upp till truncus brachiocephalicus avgång. Första delen av aorta ascendens är aortaroten som inkluderar annulus aorta, aortaklaffen, sinus valsalva och sinotubulära övergången. Aorta ascendens ovanför sinotubulära övergången kallas tubulära aorta ascendens. Arcus aorta sträcker sig till ligamentum arteriosum (rest efter ductus arteriosus) som löper mellan a.pulmonalis och aorta strax distalt om a.subclavia sinister. Aorta descendens löper från ligamentum arteriosum och ner till diafragma som utgör gränsen mot bukaorta (Fig. 1).



Figur 1. Thorakala aorta. PA = Pulmonalisärtären.

Mätning av aortas dimensioner

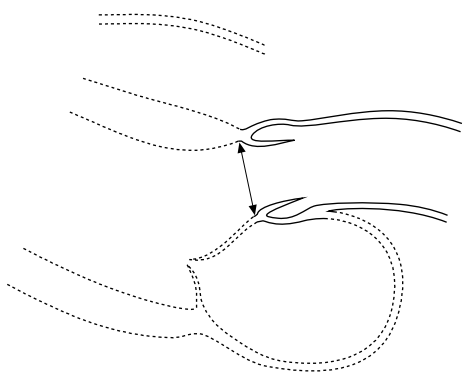
Aorta ascendens dimensioner mäts i parasternala längsaxelsnitt med hjälp av diametern i höjd med annulus aorta, sinus valsalva, sinotubulära övergången och tubulära aorta ascendens. Annulus aortas diameter mäts i mitten av systole och övriga diametrar i slutdiastole [1].

Annulus aortas anteroposteriora diameter mäts mellan utflödestraktens innerväggar, det vill säga med inner edge-to-inner edge metoden, alldeles vid aortacusparnas fästen [1] (Fig. 2).

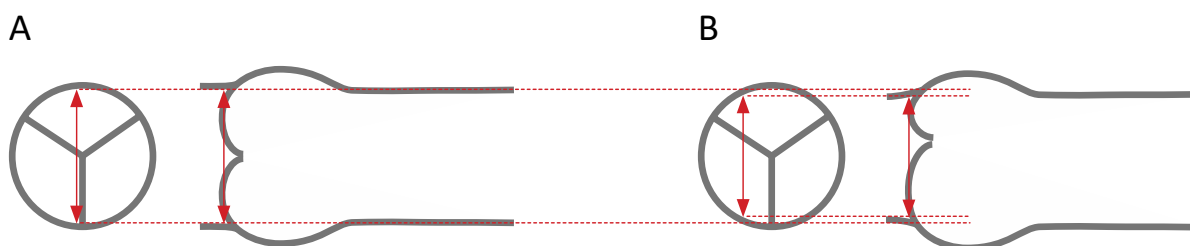
Vid registrering av annulus ska snittet skära centralt genom annulus. Hos patienter med tricuspida aortaklaff kan detta kontrolleras genom att se var aortacusparna möter varandra i diastole. Vid ett centralt snitt möts cusparna i mitten av sinus valsalva (Fig. 3).

Expertgruppen för ekokardiografi

Används 3D-givare kan samtidig långaxel- och kortaxelvy användas för korrekt positionering. Annulus diameter används vid slagvolymberäkningar (och är samma mått som i Equalis rekommendationer för beräkning av slagvolym (S009) benämns LVOT-diameter). Annulusarean beräknas då som πr^2 eller $0,785 \times D^2$. Ett litet mätfel resulterar således i stora fel vid areaberäkningen. Det är därför viktigt att bildkvaliteten är god och att mätningarna görs på inzoomade bilder. Mätningen försvåras vid förkalkade aortacuspar och kalk i utflödestrakten. I princip ska kalk inkluderas i annulusdiametern och inte betraktas som del av väggen. Annulus aorta kan vara elliptisk med mindre anteroposterior än mediolateral diameter [1]. Referensvärden är dock beräknade med den anteroposteriora diametern.



Figur 2. Annulus anteroposteriora diameter.



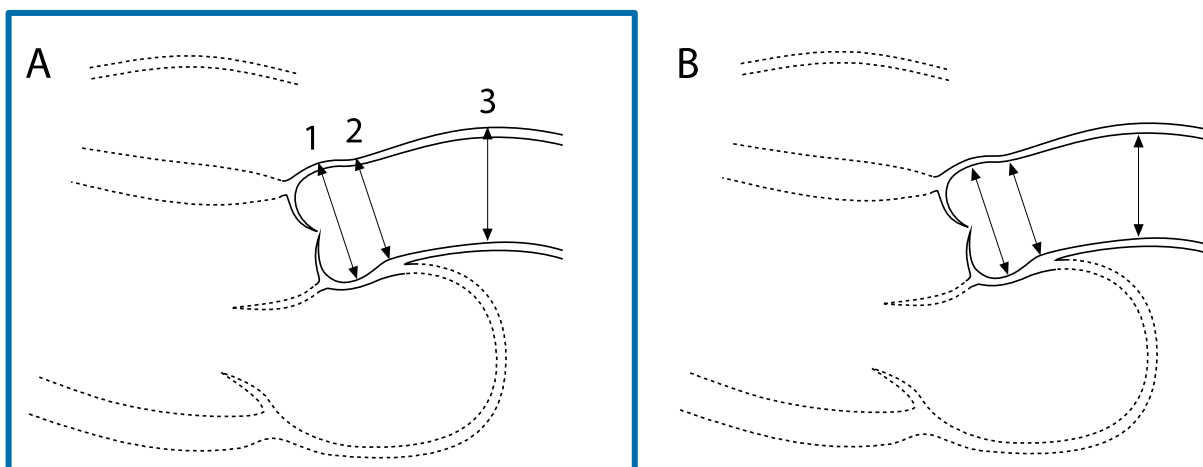
Figur 3. A: Korrekt mätning av annulus diameter där snittet skär centralt genom annulus varvid aortacusparna möts i mitten av annulus **B:** Om snittet inte skär centralt genom annulus blir diametern mindre och aortacusparna möts inte i mitten

I en traditionell parasternal långaxelvy (PLAX) ses vanligen aortaroten och början av tubulära aorta ascendens. Sinotubulära övergången är då tydligt avgränsad mot sinus valsalva och tubulära aorta ascendens. Mätningarna görs vinkelrätt mot aortans längsaxel. För att se mer av tubulära ascendens måste ultraljudsgivaren ofta flyttas upp ett revbensinterstitium. Aorta ascendens kan med fördel visualiseras från I2-I3 dx med patienten i höger sidoläge. Även här kan 3D-givare med samtidig långaxel- och kortaxelvy användas för korrekt positionering. Det råder delade meningar om dessa mätningar ska göras med leading edge-to-leading edge metoden (L-L) eller inner edge-to-inner edge metoden (I-I). Vid L-L inkluderas främre aortaväggen i diametern (Fig. 4).

L-L ger 2–4 mm större diametrar än I-I. I senaste guidelines [1] rekommenderas L-L metoden, vilken även ger bättre överensstämmelse med innerdiametrar mätt med CT och MR [2]. I de studier som ligger till grund för rekommendationer om profylaktisk aortakirurgi har mätningar gjorts via L-L [3]. L-L metoden kan dock tyckas ologisk då övriga ekokardiografiska diametrar mäts med I-I metoden och aortans diametrar kan vara lättare att avgränsa med I-I metoden. Vilket referensmaterial som används för normala aortadimensioner har också betydelse för valet av mätmetod. En del material presenterar både L-L och I-I men de flesta har valt någon av

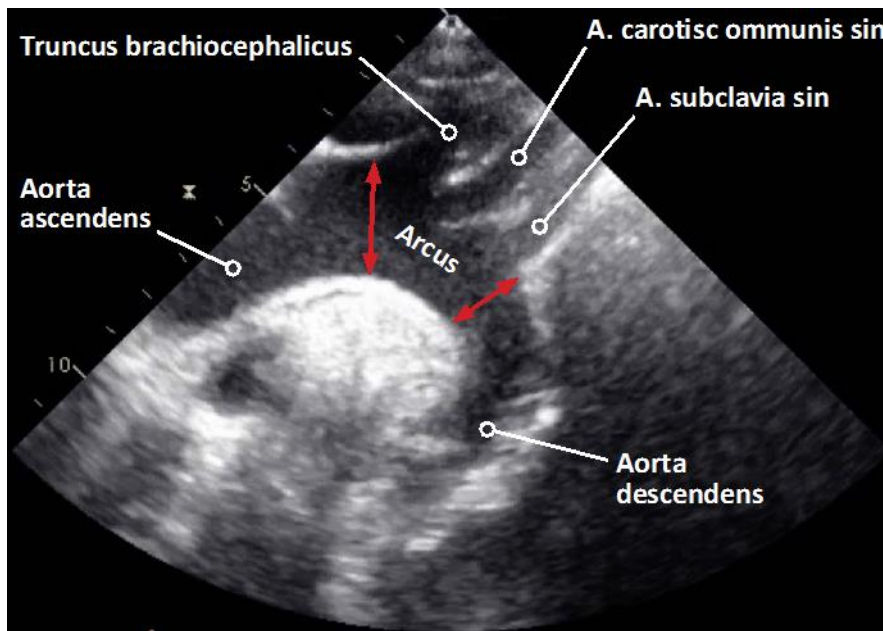
Expertgruppen för ekokardiografi

mätmetoderna [4–14]. Utifrån resonemanget ovan blir slutsatsen i de här rekommendationerna att sinus valsalva, sinotubulära övergången och tubulära aorta ascendens mäts via L-L metoden.



Figur 4. A: Sinus valsalvas (1), sinotubulära junctions (2) och tubulära aorta ascendens (3) diameterar mätt med L-L metoden (inramat = rekommenderas) **B:** Motsvarande diameterar med I-I metoden.

Arcus aorta kan ofta ses från suprasternal vy med patienten i ryggläge. Diametern kan mätas proximalt och distalt (omedelbart före avgången av truncus brachiocephalicus och direkt efter avgången av a. subclavia sinister) med I-I metoden (Fig. 5).



Figur 5. Arcus aortas proximala och distala diameter (röda pilar).

Expertgruppen för ekokardiografi

Normala aortadimensioner

Aortas dimensioner ökar med ålder och kroppsstorlek. Män har generellt sett större aortadimensioner än kvinnor, även efter indexering för kroppsstorlek [3, 6–11, 13–16]. Normal tillväxttakt för sinus valsalva hos individer över 15 års ålder tycks ligga i storleksordningen $1,1 \pm 0,5$ mm för män och årtionde och $0,9 \pm 0,4$ mm för kvinnor och årtionde. Motsvarande siffror för aorta ascendens är $1,3 \pm 0,6$ mm för män och årtionde och $1,2 \pm 0,5$ mm för kvinnor och årtionde [11]. En aneurysmatisk thorakalaorta kan vidga sig betydligt snabbare [17].

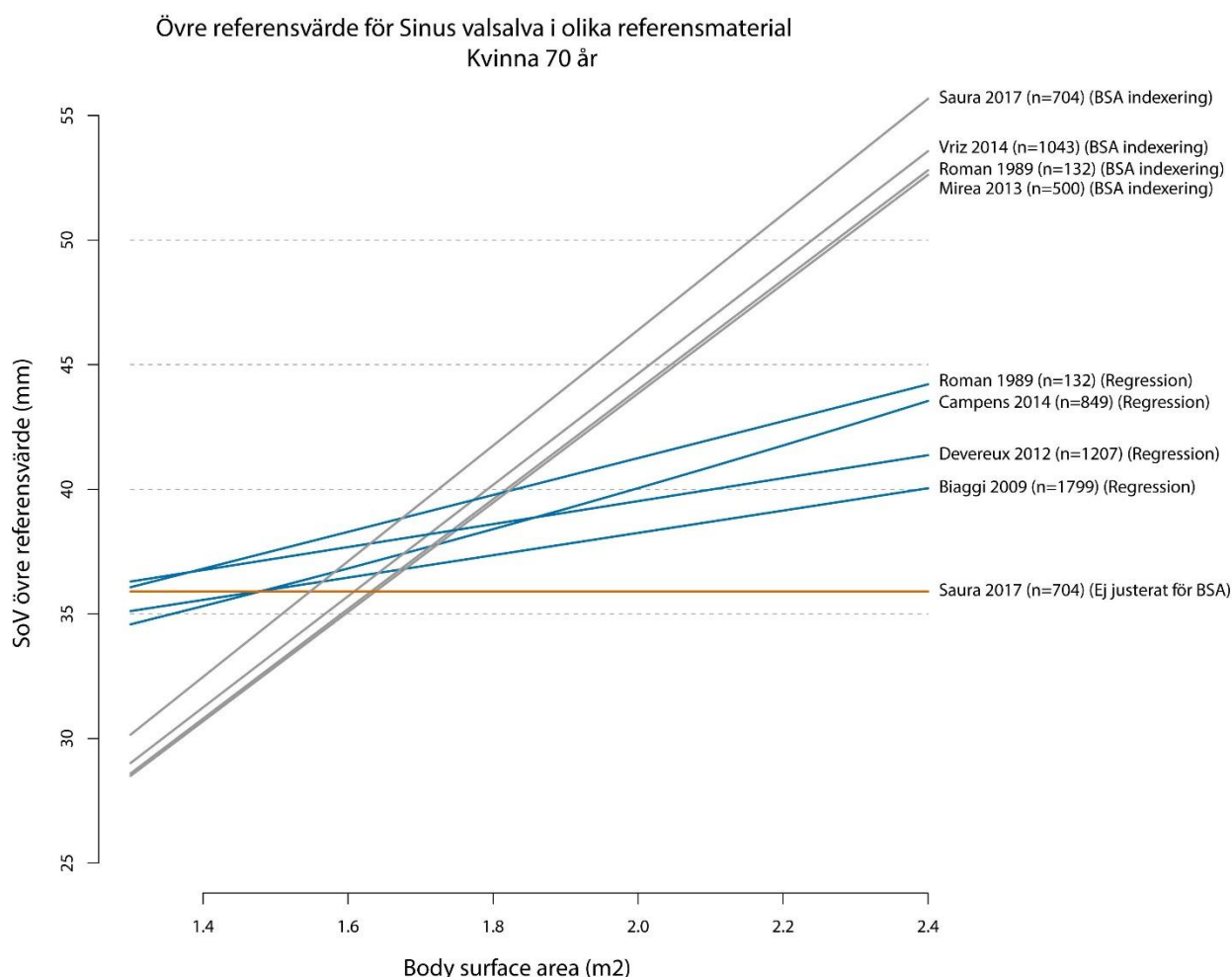
Hur man värderar kroppsstorlek och korregerar för denna vid bedömning av en individs aortadimensioner är inte självklart. Vanligast är indexering för Body Surface Area (BSA). BSA beräknas traditionellt via den algoritm som presenterades 1916 av Du Bois [18] och som vanligtvis används i referensmaterial för aortamått [6–12, 14]. Flera andra algoritmer för BSA har därefter publicerats så som exempelvis Haycock et al [19] och Mosteller [20]. Vid jämförelser mellan algoritmerna har korrelationen varit hög vilket talar emot betydande skillnader dem emellan [21].

God korrelation mellan BSA och aortadimensioner har visat sig föreligga hos barn, måttlig korrelation hos individer upp till 40 års ålder och endast svag korrelation hos äldre [8]. Ökande kroppsvikt har dessutom endast en modest påverkan på aortadimensionerna vilket blir problematiskt då dimensioner hos individer med tung kroppsvikt (och efterföljande höga BSA) ska värderas [22]. Indexering mot längd skulle i dessa fall kunna vara ett alternativ men korrelationen mellan aortadimensioner och längd har visat sig vara svag hos individer över 15 års ålder [11]. Indexering mot längd försvåras också av att riktlinjer för vid vilken BSA aortadimensionerna riskerar att underskattas saknas samt att många referensmaterial endast presenterar indexering mot BSA. Ett riktmärke kan dock vara att vara försiktig med indexering vid $BSA > 2,2 \text{ m}^2$.

Flera studier beräknar referensvärden utifrån medelvärde och standarddeviationer för BSA-indexerad aortadiameter i olika ålders- och könsgrupper. Detta gäller till exempel Roman et al [4], Vriz et al [8] och Mirea et al [9]. Ett problem med denna metod är att man genom indexeringen gör ett antagande om att associationen mellan BSA och aortadiameter går genom origo och att en dubblad BSA motsvarar en dubblad aortadiameter. Detta antagande håller inte för aortas diameter vilket leder till att små individer får alltför snäva referensvärden och stora individer alltför tillåtande referensvärden.

I andra studier, som till exempel Biaggi et al [6], Devereux et al [7] och Campens et al [11] använder man regressionsmodeller för att analysera hur referensintervallet varierar med ålder, kön och BSA. Man kan i dessa studier se att effekten av BSA på aortadiameter är mycket mindre än vad som antas vid indexering. Ett tredje angreppssätt är att ignorera effekten av BSA på referensvärdena vilket Saura et al [13] valt att göra. I figur 6 exemplifieras de olika angreppssätten. Det övre referensintervallet kan variera med nästan 15 mm mellan olika referensmaterial i extrema fall.

Expertgruppen för ekokardiografi



Figur 6. Övre referensvärde för aortadiameter i nivå med sinus valsalva för en 70-årig kvinna enligt olika referensmaterial. Se text ovan för diskussion. Anpassad figur med data från Roman [4], Biaggi [6], Devereux [7], Vriz [8], Mirea [9], Campens [11] och Saura [13]. Notera att Roman och Saura presenterar olika metoder för att beräkna övre referensvärde i sina arbetet.

I de här rekommendationerna har valet av referensmaterial fallit på Campens et al [11], då det är den enda studie som utgår från regressionsmodeller och som använder 2D för att mäta L-L i slutdiastole på både sinus valsalva och tubulära aorta ascendens. Nackdelen med att utgå från regressionsanalys är att nomogram och ekvationer behövs för att presentera resultaten på ett korrekt sätt. För att underlätta implementeringen av referensmaterialet finns i detta dokument nomogram, tabeller och ekvationer presenterade.

Utöver svårigheterna att korrigera för kroppsstorlek är många urval för små, det föreligger en underrepresentation av icke-kaukasier och få studier omfattar alla önskvärda mätpunkter [23]. Det är således av vikt att alltid bibehålla ett gott kliniskt omdöme då aortadimensioner värderas och inte strikt titta på referensvärden. Måttet i sinus valsalva är som regel det största aortamåttet och ca 10% vidare än tubulära aorta ascendens [2]. Hos friska individer överstiger aortadiameter sällan 40 mm och värden över detta ska alltid föranleda extra reflektion [3].

Referensvärden för sinus valsalva och tubulära aorta ascendens

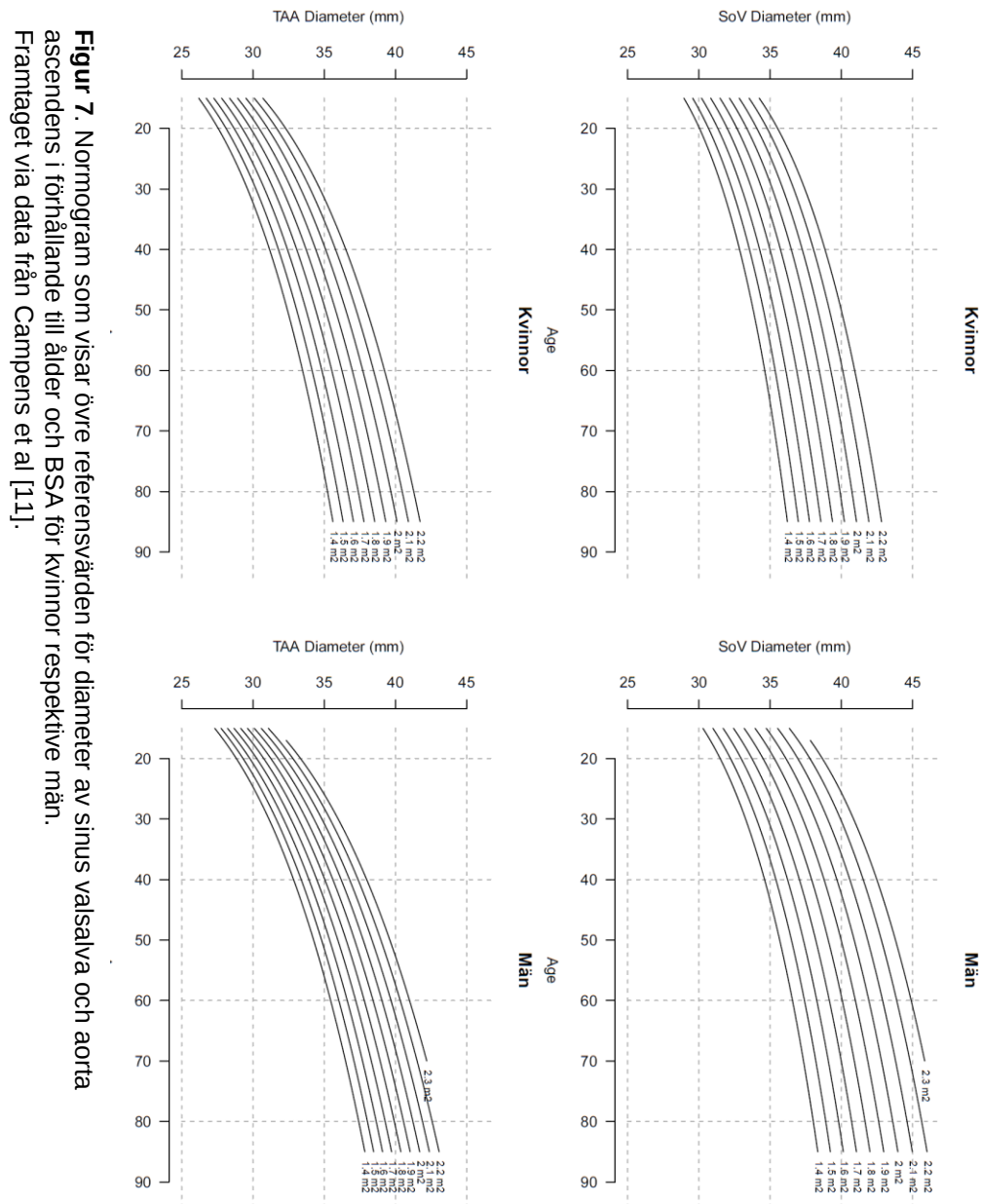
Campens et al [11] presenterar referensvärden för sinus valsalva och tubulära aorta ascendens i nivå med höger arteria pulmonalis. Mätningarna är gjorda via parastenal längsaxelvvy i slutdiastole med L-L. Urvalet innefattar 849 individer med kaukasiskt ursprung mellan 1–85 års ålder. Då Equalis rekommendationer handlar om bedömning av aortadimensioner hos vuxna har vi valt att endast bifoga referensvärden från 15 års ålder. Hos kvinnor samt hos män upp till 70

Expertgruppen för ekokardiografi

års ålder finns referensvärden för BSA upp till 2,2 m² presenterat i artikeln av Campens et al. Hos män yngre än 70 års ålder finns även värden för BSA upp till 2,3 m². Referensmaterialet ska användas med försiktighet vid värdering av aortadimensioner hos individer med BSA som inte är representerat i materialet.

Campens et al jämförde Du Bois algoritm för BSA [18] med algoritmen utvecklad av Haycock et al [19] men fann ingen betydande skillnad på aortadimensionerna och man valde att presentera resultaten indexerade för BSA enligt Du Bois. Någon jämförelse med Mostellers [20] algoritm för BSA gjordes inte, men utifrån tidigare resonemang om BSA-algoritmernas likvärdighet bedöms den kliniska betydelsen av vilken algoritm för BSA man använder vid bedömning av aortadimensioner vara marginell.

En dilaterad aorta definieras som en diameter överstigande 1,96 SEE (Standard error of the estimate) från den predicerade diametern för individen (z-score > 1,96). Övre referensvärden presenteras i de här rekommendationerna i form av nomogram (Fig. 7) och referensintervall i tabellform (tabell 1). Vid granskning av referensvärdena ses till exempel att äldre män tillåts ha ett mått i sinus valsalva upp mot 46 mm vilket kan uppfattas som väl frikostigt varför det återigen är viktigt att påminna om gott kliniskt omdöme vid bedömning av aortadimensioner.



Expertgruppen för ekokardiografi

Referensintervall SoV diameter män

Ålder	BSA													
	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3				
15	21-30	22-31	22-32	23-32	24-33	24-34	25-35	25-36	26-36	27-39				
20	22-31	23-32	23-33	24-34	24-34	25-35	26-36	26-37	27-38	29-41				
30	24-33	24-34	25-35	25-36	26-36	26-37	27-38	28-39	28-40	29-41				
40	25-35	25-35	26-36	26-37	27-38	27-39	28-40	29-41	30-42	31-44				
50	25-36	26-36	26-37	27-38	28-39	28-40	29-41	30-42	30-43	31-44				
60	26-37	27-37	27-38	28-39	28-40	29-41	30-42	30-43	31-44	32-45				
70	26-37	27-38	28-39	28-40	29-41	30-42	30-43	31-44	32-45	33-46				
80	27-38	28-39	28-40	29-41	30-42	30-43	31-44	32-45	32-46	33-46				
85	27-38	28-39	28-40	29-41	30-42	30-43	31-44	32-45	33-46	33-46				

Referensintervall SoV diameter kvinnor

Ålder	BSA													
	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3				
15	20-29	20-30	21-30	21-31	22-31	22-32	22-33	23-34	23-34	23-34				
20	21-30	21-31	21-31	22-32	22-33	23-33	23-34	24-35	24-36	24-36				
30	22-32	22-32	23-33	23-34	24-34	24-35	25-36	25-37	26-37	26-37				
40	22-33	23-34	23-34	24-35	24-36	25-36	25-37	26-38	27-39	27-39				
50	23-34	24-35	24-35	25-36	25-37	26-38	26-38	27-39	27-40	27-40				
60	24-35	24-35	25-36	25-37	26-38	26-38	27-39	27-40	28-41	28-41				
70	24-35	25-36	25-37	26-38	26-38	27-39	27-40	28-41	29-42	29-42				
80	25-36	25-37	26-38	26-38	27-39	27-40	28-41	28-42	29-42	29-42				
85	25-36	25-37	26-38	26-39	27-39	27-40	28-41	29-42	29-42	29-43				

Referensintervall TAA diameter män

Ålder	BSA													
	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3				
15	19-27	19-28	19-28	19-29	20-29	20-30	20-30	21-31	21-31	21-31				
20	20-29	20-29	20-30	21-30	21-31	21-31	22-32	22-32	22-33	23-33				
30	21-31	21-32	22-32	22-33	23-33	23-34	23-34	24-35	24-35	24-36				
40	22-33	23-33	23-34	23-34	24-35	24-36	25-37	25-37	25-37	26-38				
50	23-34	24-35	24-35	24-36	25-37	25-37	26-38	26-38	26-39	27-40				
60	24-35	24-36	25-37	25-37	26-38	26-38	27-40	27-40	28-41	28-41				
70	25-37	25-37	26-38	26-38	27-39	27-40	28-41	28-41	28-42	29-42				
80	25-37	26-38	26-39	27-39	27-40	27-41	28-41	28-42	29-43	29-43				
85	26-38	26-38	27-39	27-40	27-40	28-41	28-42	29-43	29-43	29-43				

Referensintervall TAA diameter kvinnor

Ålder	BSA													
	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3				
15	17-26	18-27	18-27	18-28	19-28	19-29	20-30	20-30	20-31	20-31				
20	18-28	19-28	19-29	19-29	20-30	20-30	21-31	21-32	21-32	21-32				
30	20-30	20-30	20-31	21-31	21-32	22-33	22-33	23-34	23-35	23-35				
40	21-31	21-32	22-32	22-33	23-34	23-34	23-35	24-36	24-37	24-37				
50	22-32	22-33	22-34	23-34	23-35	24-36	24-37	25-37	25-38	25-38				
60	22-33	23-34	23-35	24-36	24-36	25-37	25-38	26-39	26-39	26-39				
70	23-34	23-35	24-36	24-37	25-37	25-38	26-39	26-40	27-40	27-40				
80	23-35	24-36	24-37	25-37	25-38	26-39	26-40	27-40	27-41	27-41				
85	24-36	24-36	25-37	25-38	26-39	26-39	27-40	27-41	28-42	28-42				

Tabell 1. Referensintervall för diameter i sinus valsava och tubulära aorta ascendens i förhållande till ålder och BSA för kvinnor respektive män. Framtaget via data från Campens et al [11].

Expertgruppen för ekokardiografi

Ekvationer för referensvärden i praktiskt bruk på individnivå

Om man vill implementera Campens referensmaterial i sitt arbetsflöde, kan det vara en fördel att använda de referensekvationer som presenteras, istället för att konsultera tabeller eller nomogram. Som regel används protokoll/verktyg för granskning och svarshantering och genom att använda ekvationerna får man snabbt fram referensvärden för den enskilde individen efter att kön, ålder och BSA registrerats.

I detta stycke följer en kort handledning i hur man beräknar centrala parametrar för att bedöma om ett mätvärde är förväntat eller avvikande. Notera att personer äldre än 85 år, män <70 år med BSA >2,3 m², män >70 år med BSA >2,2 m² och kvinnor med BSA >2,2 m² var dåligt representerade i Campens material – beräknade referensvärden i de spannen ska ses som extrapoleringar och därmed tolkas med försiktighet.

För att beräkna procent av förväntat, z-score samt övre och nedre referensintervall kalkylerar vi först 10-logaritmen för det predikterade genomsnittsmåttet ($\log_{10}[\text{predicted}]$) utifrån ålder och BSA enligt ekvationerna i tabell 2 nedan. Om patienten har en aortadiameter som uppmätts till x mm kan vi sedan beräkna:

$$\begin{aligned} \text{Procent av förväntat} &= \frac{x}{10^{\log_{10}[\text{predicted}]}} \% \\ \text{Övre referensintervall} &= 10^{\log_{10}[\text{predicted}] + 1.96 \times \log_{10}[\text{SEE}]} \\ \text{Nedre referensintervall} &= 10^{\log_{10}[\text{predicted}] - 1.96 \times \log_{10}[\text{SEE}]} \\ \text{Z-score} &= \frac{\log_{10}[x] - \log_{10}[\text{predicted}]}{\log_{10}[\text{SEE}]} \end{aligned}$$

Tabell 2 – Referensekvationer - Framtaget via data från Campens et al [11]

	$\log_{10}[\text{predicted}]$	$\log_{10}[\text{SEE}]$
Sinus valsalva		
Kvinnor	$1,100 + 0,129 \times \log_{10}(\text{Age}) + 0,091 \times \text{BSA}$	0.0421
Män	$1,108 + 0,136 \times \log_{10}(\text{Age}) + 0,099 \times \text{BSA}$	0.0381
Tubulära ascendens		
Kvinnor	$1,001 + 0,177 \times \log_{10}(\text{Age}) + 0,086 \times \text{BSA}$	0.0453
Män	$1,033 + 0,188 \times \log_{10}(\text{Age}) + 0,070 \times \text{BSA}$	0.0431

Praktiskt exempel:

Om vi har en 65-årig man med ett BSA om 1,9 m² och en tubulär aorta ascendens som mäter 42 mm så kan vi beräkna:

$$\begin{aligned} \log_{10}[\text{predicted}] &= 1,033 + 0,188 \times \log_{10}(65) + 0,070 \times 1,9 = 1,51 \\ \text{Procent av förväntat} &= \frac{42}{10^{1,51}} \% = 129 \% \\ \text{Övre referensintervall} &= 10^{1,51 + 1,96 \times 0,0431} = 39 \text{ mm} \\ \text{Nedre referensintervall} &= 10^{1,51 - 1,96 \times 0,0431} = 27 \text{ mm} \\ \text{Z-score} &= \frac{\log_{10}[42] - 1,51}{0,0431} = 2,6 \end{aligned}$$

Referensvärden annulus aorta

Annulus aorta mätt i systole med I-I metoden ingår inte i studierna ovan. Lang et al [1] anger ett referensområde på $1,3 \pm 0,1$ cm/m² för både män och kvinnor mätt med I-I metoden i mitten av systole.

Expertgruppen för ekokardiografi

Referensvärden proximala och distala arcus aorta

Det saknas referensmaterial för diametern av proximala arcus aortae mätt som diametern före avgången av truncus brachiocephalicus. Ett riktmärke vid bedömning av detta mått är att aortas dimensioner normalt sett avtar successivt i proximal – distal riktning vilket innebär att diametern av proximala arcus aorta är något mindre än den vidaste delen av tubulära aorta ascendens. Mirea et al [9] presenterar referensvärden för BSA-indexerad diameter för distala arcus för kvinnor respektive män i olika ålderskategorier enligt tabell 3.

Ålder (år)	Kvinnor	Män
<30	8,7 – 12,7	7,5 – 12,7
30–39	8,4 – 14,8	8,2 – 13,4
40–49	9,1 – 13,9	8,7 – 13,9
50–59	10,5 – 14,9	8,9 – 13,7
60–69	9,7 – 15,3	9,8 – 14,2
>70	10,3 – 15,1	9,6 – 14,8

Tabell 3. Referensvärden (medel $\pm$ 2SD) för distala arcus aorta mm/m². Framtagen via data från Mirea et al [9].

Hypertoni och träning

Hypertoni är tillsammans med ålder, kön och kroppsstorlek en oberoende faktor associerad med dilatation av sinus valsalva, sinotubulära övergången och arcus aorta [24]. Intensiv träning har ringa effekt på aortadimensionerna [25].

Utförande vid framtagning av rekommendation

Equalis rekommendation har tagits fram genom litteraturstudier och jämförelse mellan hur olika material klassificerar aortamått utifrån kön, ålder och kroppsstorlek.

Expertgruppen för ekokardiografi

Referenser

1. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28:1-39.
2. Rodriguez-Palomares JF, Teixido-Tura G, Galuppo V et al. Multimodality Assessment of Ascending Aortic Diameters: Comparison of Different Measurement Methods. *J Am Soc Echocardiogr* 2016; 29:819-26.
3. Erbel R, Aboyans A, Boileau C et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases. *European Heart Journal* 2014; 35:2873–2926.
4. Roman MJ, Devereux RB, Kramer-Fox R et al. Two-dimensional Echocardiographic Aortic Root Dimensions in Normal Children and Adults. *Am J Cardiol*. 1989; 64: 507-12
5. Vasan RS, Larson MG, Benjamin EJ et al. Echocardiographic reference values for aortic root size: the Framingham Heart Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 1995; 8(6):793-800
6. Biaggi P, Matthews F, Braun J et al. Gender, Age, and Body Surface Area are the Major Determinants of Ascending Aorta Dimensions in Subjects With Apparently Normal Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22:720-725.
7. Devereux RB, de Simone G, Arnett DK et al. Normal Limits in Relation to Age, Body Size and Gender of Two-Dimensional Echocardiographic Aortic Root Dimensions in Persons >15 Years of Age. *Am J Cardiol* 2012; 110:1189 –1194.
8. Vriz O, Driussi C, Bettio M et al. Aortic Root Dimensions and Stiffness in Healthy Subjects. *Am J Cardiol* 2013; 112:1224-1229.
9. Mirea O, Maffessanti F, Gripari P et al. Effects of Aging and Body Size on Proximal and Ascending Aorta and Aortic Arch: Inner Edge-to-Inner Edge Reference Values in a Large Adult Population by Two-Dimensional Transthoracic Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2013; 26:419-27.
10. Muraru D, Maffessanti F, Kocabay G et al. Ascending aorta diameters measured by echocardiography using both leading edge-to-leading edge and inner edge-to-inner edge conventions in healthy volunteers. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 2014; 15:415–422.
11. Campens L, Demulier L, De Groote K et al. Reference values for echocardiographic assessment of the diameter of the aortic root and ascending aorta spanning all age categories. *Am J Cardiol* 2014; 114:914–920.14.
12. Bossone E, Yuriditsky E, Desale S et al. Normal Values and Differences in Ascending Aortic Diameter in a Healthy Population of Adults as Measured by the Pediatric versus Adult American. Society of Echocardiography Guidelines. *J Am Soc Echocardiogr* 2016; 29:166-72.
13. Saura D, Dulgheru R, Caballero L et al. Two-dimensional transthoracic echocardiographic normal reference ranges for proximal aorta dimensions: results from the EACVI NORRE study. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 2017;18: 167–179.
14. Vriz O, Aboyans V, D'Andrea A et al. Normal values of aortic root dimensions in healthy adults. *Am J Cardiol* 2014;114(6):921-7.
15. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S et al. Multimodality Imaging of Diseases of the Thoracic Aorta in Adults: From the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging Endorsed by the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28:119-82.
16. Hannuksela M, Lundqvist S, Carlberg B. Thoracic aorta-dilated or not? *Scandinavian Cardiovascular Journal* 2006; 40:175-178.
17. Elefteriades J. A. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *Ann Thorac Surg* 2002;74: S1877-1880S
18. Du Bois D, Du Bois EF. Clinical calorimetry: X, a formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 1916; 17:863-71.
19. Haycock GB, Schwartz GJ, Wisotsky DH. Geometric method for measuring body surface area: a height-weight formula validated in infants, children, and adults. *J Pediatr* 1978; 93:62e66.

Expertgruppen för ekokardiografi

20. Mosteller RD. Simplified calculation of body surface area. *New Engl J Med* 1987. 317: 1098
21. Verbraecken J, Van de Heyning P, De Backer W et al. Body surface area in normal-weight, overweight, and obese adults. A comparison study. *Metabol.* 2006 Apr; 55 (4):512-24
22. Davis AE, Lewandowski AJ, Holloway CJ, et al. Observational study of regional aortic size referenced to body size: production of a cardiovascular magnetic resonance nomogram. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2014;16(1):9.
23. Cantinotti M et al. Strengths and Limitations of Current Adult Nomograms for the Aorta Obtained by Noninvasive Cardiovascular Imaging. *Echocardiography.* 2016 Jul; 33(7):1046-68.
24. Vizzardi E, Maffessanti F, Lorusso R et al. Ascending Aortic Dimensions in Hypertensive Subjects: Reference Values for Two-Dimensional Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2016; 29:827-37.
25. Pelliccia A, Di Paolo MF, Quattrini FM. Aortic Root Dilatation in Athletic Population. *Prog Cardiovasc Dis* 2012; 54:432-437.