

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET**

Tomislav Bubalo

**Liječenje aneurizme abdominalne
aorte perkutanom radiološkim
postupkom**

DIPLOMSKI RAD



Zagreb, 2014.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET**

Tomislav Bubalo

**Liječenje aneurizme abdominalne
aorte perkutanom radiološkim
postupkom**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2014.

Ovaj diplomski rad je izrađen u Kliničkom zavodu za dijagnostiku i intravencijsku radiologiju Kliničke bolnice Merkur Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Vinka Vidjaka i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2013./2014.

Mentor rada: doc. dr. sc. Vinko Vidjak

POPIS I OBJAŠNENJE KRATICA KORIŠTENIH U TEKSTU

AAA	-aneurizma abdominalne aorte
TAA	-torakalna aneurizma aorte
RAAA	-rupturirana aneurizma abdominalne aorte
EVAR	-endovaskularni popravak aorte
TAAA	-torakoabdominalna aneurizma
UZV	-ultrazvuk
CT	-računalna tomografija
MR	-magnetska rezonancija

:

Sadržaj

SAŽETAK	i
SUMMARY	ii
1. UVOD:	1
2. ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA SISTEMNOG KRVOTOKA	3
3. HISTOLOGIJA AORTE	5
3.1 TUNIKA INTIMA	5
3.2 TUNIKA MEDIJA	5
3.3 TUNIKA ADVENTICIJA	5
4. EPIDEMIOLOGIJA I PATOFIZIOLOGIJA ANEURIZME ABDOMINALNE AORTE 6	
4.1 EPIDEMIOLOGIJA ANEURIZMI ABDOMINALNE AORTE:	6
4.2 PATOFIZIOLOGIJA ANEURIZME ABDOMINALNE AORTE:	7
5. LOKALIZACIJA, OBLICI I TIPOVI ANEURIZMA:	10
6. SLIKOVNA DIJAGNOSTIKA ANEURIZME ABDOMINALNE AORTE	11
6.1 ULTRAZVUČNI PREGLED	11
6.2 RAČUNALNA TOMOGRAFIJA	11
6.3 MAGNETSKA REZONANCA	12
6.4 DIGITALNA SUPTRAKCIJSKA ANGIOGRAFIJA	12
7. PROBIR	13
7.1 INDIKACIJE ZA OPERACIJU	13
8. ENDOVASKULARNI POPRAVAK ANEURIZME	14
8.1 TEHNIKA ENDOVASKULARNOG POPRAVKA ANEURIZME	14
8.2 KOMPLIKACIJE EVAR-a	15
8.3 INDIKACIJE I KONTRAINDIKACIJE ZA EVAR	17
9. ZAKLJUČAK	20
10. ZAHVALA	21
11. ŽIVOTOPIS	22
12. LITERATURA:	23

SAŽETAK

Liječenje aneurizme abdominalne aorte perkutanim radiološkim postupkom

Aneurizma abdominalne aorte, uz infarkt miokarda i moždani udar, ubraja se u najčešće bolesti krvnih žila, te se smatra da skoro 10 % muške populacije starije od 60 godina ima aneurizmu. Smrtnost od rupturirane aneurizme abdominalne aorte u nekim slučajevima raste do alarmantnih 90%. Uz dosadašnje tehnike liječenja aneurizmi, kao što su konzervativno (medikamentno) liječenje i otvorena operacija, rezultati nisu zadovoljavajući. Stručnjaci potaknuti svim tim problemima i nedostacima su prije 35 godina izveli novu metodu popravka aneurizme abdominalne aorte endovaskularnim putem. Iako početni rezultati nisu ispunili očekivanja liječnika i pacijenata, od ovog oblika liječenja se nije odustalo. Daljnjim usavršavanjem korištenih tehnika i materijala, uspješnost operacije raste, a komplikacija opada. Zbog svih prednosti koju endovaskularni popravak aneurizme ima nad tradicionalnom otvorenom operacijom, možemo ju smatrati alternativom u liječenju aneurizme abdominalne aorte.

KLJUČNE RIJEČI: Aneurizma abdominalne aorte, endovaskularni popravak aorte

SUMMARY

Percutaneous radiologic treatment of abdominal aortic aneurysm

Abdominal aortic aneurysm, with myocardial infarction and stroke, is one of the most common diseases of the blood vessels. It is considered that almost 10% of the male population over age 60 has an aneurysm. Mortality from ruptured abdominal aortic aneurysm in some cases rises to alarming 90%. With current techniques of aneurysm treatment, such as conservative (medical) treatment and open surgery, the results are not satisfactory. Encouraged with all these problems and shortcomings, 35 years ago experts performed a new repair method for abdominal aortic aneurysm. Although initial results did not meet the expectations of doctors and patients, this form of treatment has not been dropped. Since then, by improving techniques and materials, the success of the operation has been increasing and complications decreasing. Because of all the benefits that endovascular aneurysm repair has over traditional open surgery, it can be considered as an alternative in the treatment of abdominal aortic aneurysms.

KEY WORDS: abdominal aortic aneurysm, endovascular repair of aorta

1. UVOD:

Aneurizma abdominalne aorte (AAA), uz infarkt miokarda i moždani udar, ubraja se u najčešće bolesti krvnih žila¹. Proteklih godina incidencija AAA je u značajnom porastu u većini država. Metaanaliza provedena od strane Cornuza i suradnika, koja je uključivala 14 publiciranih radova, ukazuje kako 4.1 % do 14.2 % muškaraca i 0.35 % do 6.2% žena, starijih od 60 godina, boluje od AAA². Druga studija provedena na 3 milijuna ljudi između 65-75 godina ukazuje na incidenciju AAA od 4,9%³.

Rupturirana aneurizma abdominalne aorte(RAAA) praćena je godišnjom smrtnošću većom od 15.000 smrti godišnje u SAD-u⁴. Izvanbolnička smrtnost bolesnika s dijagnozom RAAA je u rasponu od 59% do 83 %, a kod bolesnika liječenih u bolnici od 30% do 80%⁵.

Perkutano liječenje AAA interventno radiološkim postupkom medicinski je zahvat, koji se prvi put primijenio prije 35 godina. Argentinski vaskularni kirurg Juan Parodi, 1989. godine prvi je izveo endovaskularni popravak aneurizme (EVAR) i pokrenuo revoluciju u liječenju AAA. Ipak, radiolog Charles Dotter još je 1969. godine predvidio metodu stavljanja grafta perkutanom putem.

Iako je trajnost EVAR-a otpočetak bila upitna, očekivalo se da će minimalno-invazivan zahvat u usporedbi sa otvorenim pristupom liječenja AAA, rezultirati dramatičnim smanjenjem smrtnosti. Unatoč očekivanjima, početni registri, kao što je EUROSTAR, prijavili su razočaravajuće i uznemirujuće rezultate⁶ 2001. godine. U časopisu "*British Journal of Surgery*", objavljen je tekst autora Jecka Collinsa, u kojem se ističe kako je endovaskularno liječenje AAA -"Propali projekt"⁷. Svoj kritični stav bazirao je na podacima EUROSTAR-a, u kojima je prikazana potreba za ponovnom reintervencijom od 20 % bolesnika u prvoj godini nakon EVAR-a, te 10 % svake sljedeće godine, što se smatralo nedopustivo visokom učestalošću. Pri čemu je EVAR bio 50 % skuplji od otvorenog pristupa AAA.

Nakon EUROSTAR registra, pokreću se velike randomizirane kliničke studije u kojima se EVAR uspoređuje sa otvorenim pristupom AAA. *The British EVAR 1*⁸ i *Dutch DREAM trial*⁹ dobro su dizajnirane i brojem bolesnika dobro pokrivena studije. Obje studije su pokazale značajno manju smrtnost unutar 30 dana nakon EVAR-a, u usporedbi sa otvorenim pristupom AAA. Ali ne i dugoročnu korist EVAR pristupa¹⁰. Spomenute studije su potvrdile "Ahilovu petu" prepoznatu od strane Jecka Collinsa, odnosno puno češću potrebu za reintervencijom kod EVAR-a nego kod otvorenog pristupa AAA. Također, je dokazana viša cijena EVAR-a u usporedbi sa otvorenim pristupom AAA.¹¹

2. ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA SISTEMNOG KRVOTOKA

Funkcija je cirkulacije zadovoljavanje tkivnih potreba kao što su: prijenos hranjivih tvari do tkiva, odnošenje otpadnih proizvoda, prijenos hormona iz jednog dijela tijela u drugi, te održavanje prikladne okoline svih tjelesnih tekućina potrebnih za optimalno preživljavanje i funkciju stanica¹².

Aorta je arterija koja izlazi iz srca i opskrbljuje krvlju cijelo tijelo. Proteže se od lijeve klijetke do četvrtog lumbalnog kralješka, gdje se grana na dvije zajedničke grane, *aa. Iliacae communes*, i mali završni ogranak srednja križna arterija, *a. sacralis mediana*. Anatomski razlikujemo četiri dijela aorte: uzlazna aorta (*aorta ascendens*), luk aorte (*arcus aortae*), prsna aorta (*aorta thoracica*) i trbušna aorta (*aorta abdominalis*). Prsna i trbušna aorta se zajednički nazivaju i silaznim dijelom aorte (*aorta descendens*)¹³.

Uzlazna se aorta nalazi iza glavnog stabla plućne arterije. S desne strane je desna aurikula i gornja šuplja vena, lijevo i straga je *truncus pulmonalis* i *a. pulmonalis dextra*. Počinje proširenjem, *bulbus aortae*. Ogranci uzlazne aorte su *aa. coronariae cordis*.¹³

Arcus aortae, luk aorte, usmjeren je vodoravno prema straga i lijevo i prelazi u silaznu aortu. Granica između luka aorte i silazne aorte označava suženje lumena nakon odvajanja svih velikih ogranaka, odnosno *isthms aortae*. To je mjesto gdje se nalazi ligamentum arteriosum, ostatak embrionalnog duktusa koji je spajao plućnu arteriju i aortu. Ispred luka aorte nalaze se brahiocefalične vene i njihovo stjecište u gornju šuplju venu, a iza luka su dušnik i jednjak. Ogranci luka aorte su *truncus brahiocephalicus*, *a. carotis communis sinistra* i *a. subclavia sinistra*.¹³

Aorta thoracica, prsna aorta, počinje u razini 4. prsnog kralješka, a nakon prolaza kroz otvor ošita, *hiatus aorticus*, prelazi u trbušnu aortu. Smještena je u stražnjem medijastinumu, iza lijeve plućne arterije i vene, lijevog glavnog bronha i bronhalnih krvnih žila lijeve strane. U izravnom je dodiru s jednjakom, i to tako da je prvo smještena s njegove lijeve strane, a potom aorta zavija prema desnoj strani, a jednjak prema lijevoj prelazeći ispred aorte. Prsna

aorta daje male postranične ogranke za prsnu stijenku, *rr. parietales*, i za organe u prsnoj šupljini, *rr. viscerales*.

Aorta abdominalis, trbušna aorta, slijedi tok prsne aorte. Počinje u aortalnom hijatusu ošita u razini intervertebralne ploče između Th12 i L1 kralježaka. Smještena je retroperitonealno, u središnjoj crti. Završava u razini L4 kralješka, dijeleći se na dvije zajedničke ilijačne arterije, *a. ilaca communis*. Glavni ogranci trbušne aorte su: *aa. lumbales*, *a. sacralis mrdiana*, *truncus coeliacus*, *a. mesenterica superior*, *a. mesenterica inferior*, *a. suprarenalis media*, *a. renalis*, *a. testicularis/ovarica*.¹³

3. HISTOLOGIJA AORTE

3.1 TUNIKA INTIMA

Intima se sastoji od jednog sloja endotelnih stanica, koje prekrivaju subendotelni sloj izgrađen od rahlog vezivnog tkiva s ponekom glatkom mišićnom stanicom. U arterijama, intimu od medije odvaja unutrašnja elastična membrana, kao završni vanjski sloj intime. Izgrađena je od elastina i ima otvore, koji omogućuju prolaz tvarima što hrane stanice smještene duboko u stijenci žile. Na histološkim rezovima tunika intima arterija obično ima valovit izgled, zbog nedostatka tlaka krvi i kontrakcija žile poslije smrti.¹⁴

3.2 TUNIKA MEDIJA

Mediju pretežno čine koncentrični slojevi spiralno poredanih glatkih mišićnih stanica. Prostore između njih popunjavaju različita količina elastičnih vlakana i lamela, retikulinskih vlakana (kolagen tipa III), proteoglikana te glikoproteina. Same glatke mišićne stanice izlučuju ovu međustaničnu tvar. U arterijama se nalazi tanja vanjska elastična membrana, koja odjeljuje mediju od tunike adventicije.

3.3 TUNIKA ADVENTICIJA

Adventicija se uglavnom sastoji od kolagenih vlakana tipa I i elastičnih vlakana. Adventicija postepeno prelazi u okolno vezivno tkivo organa kroz koji žila prolazi.

4. EPIDEMIOLOGIJA I PATOFIZIOLOGIJA ANEURIZME ABDOMINALNE AORTE

4.1 EPIDEMIOLOGIJA ANEURIZMI ABDOMINALNE AORTE:

U republici Hrvatskoj ima oko 1800 do 2000 zabilježenih slučajeva AAA, iako bi ih prema europskim i svjetskim istraživanjima trebalo biti preko 7.000¹⁵. Bolest nastaje neprimjetno i uglavnom se otkriva kada bolesnik dođe na pregled zbog nekih drugih zdravstvenih tegoba. U posljednjih 30 godina, učestalost aneurizmi trbušne aorte je uvećana za četiri puta, što je donekle uzrokovano otkrivanjem novih slučajeva usavršenim slikovnim metodama i realnim sve većim produženjem životne dobi („*age-adjusted AAA incidence*“).

AAA je zastupljena s 2%-4% u odrasloj populaciji u SAD-u, uz godišnju smrtnost od 15.000 kao posljedicom sekundarne rupture¹⁶.

Prema podacima iz 2011, na 100.000 kirurških zahvata u SAD-u, 36 zahvata se obavi na AAA, a ruptura je deseti vodeći uzrok smrti u muškaraca starijih od 55 godina. AAA u SAD je rijetka u žena mlađih od 55 godina¹⁷.

Odnos ovog stanja između žena i muškaraca je 1:4-6. Najveća incidencija je u muškaraca dobi od 70 godina, dok mnoge studije pokazuju prevalenciju AAA u muškaraca iznad 60 godine koja iznosi 2%-6%. Stopa učestalosti AAA je 8,2% u Velikoj Britaniji, 8,8% u Italiji, 4,2% u Danskoj i 8,5% u Švedskoj (u muškaraca), dok su stope učestalosti AAA u žena mnogo niže i iznose 0,6%-1,4%¹⁸.

Učestalost AAA je znatno veća kod pušača nego kod nepušača (8:1), a koja se smanjuje prestankom pušenja. Povišen krvni tlak kod osoba muškog spola je na drugom mjestu kao faktor rizika nastanka AAA.

RAAA javlja se u 1%-3% muškaraca u dobi od 65 godina ili više, uz smrtnost 70%-95%. Procjena je kako se stopa učestalosti klinički relevantnih aneurizmi (promjera 4 cm ili više) povećava za oko 2% do 4% svakih 10 godina. AAA kod djece može biti posljedicom traume ili nekih medicinskih stanja, što je vrlo rijetko¹⁹. Učestalost ruptura je 6,9 u Švedskoj, 4,8 u Finskoj, te 13 u Velikoj Britaniji na 200.000 osoba. Odnos promjera AAA i vjerojatnost rupture AAA prikazana je u *tablici 1*.

Tablica 1. Odnos promjera AAA i vjerojatnosti rupture

Promjer AAA (cm)	Postotak rupture (%)
<3,0	0
3-3,9	0,4
4-4,9	1,1
5-5,9	3,3
6-6,9	9,4
7-7,9	24,0

Tek 10% bolesnika s AAA, živi 8 godina nakon postavljanja dijagnoze, u uspoređenju 65% osoba normalne populacije. Između 30%-50% bolesnika s AAA umre od rupture, te u prosjeku izgube oko 9 godina života²⁰. Mortalitet u 60% bolesnika sa aneurizmom, neposredno je povezan sa drugim kardiovaskularnim bolestima²¹.

4.2 PATOFIZIOLOGIJA ANEURIZME ABDOMINALNE AORTE:

Aneurizma je posljedica: ateroskleroze, infekcije ili traume. Bolesna stijenka arterije gubi elastičnost i čvrstoću, te se pod djelovanjem krvnog tlaka širi. Aneurizme mogu biti i kongenitalne, najčešće na bazi mozga, kao posljedica nasljedne slabosti kolagena (Marfanov sindrom, Ehlers-Danlosov sindrom)²². Tablica 2. prikazuje najčešće uzroke nastanka aneurizmi kod čovjeka.

Ananeurizma aorte je trajno proširenje (dilatacija) arterija za 50% njenog normalnog promjera. Normalni promjer infrarenalnog dijela trbušne aorte u ljudi starijih od 50 godina je 1,5 cm u žena i 1,7 cm u muškaraca. Uvećanje infrarenalnog dijela aorte na 3 cm u promjeru ili veće smatra se aneurizmom²³. Aneurizma trbušne aorte može narasti do 15 cm s varijabilnom dužinom do 25 cm. Također, ako bolest napreduje, aneurizma se može svojim kaudalnim dijelom prostirati do, ali i na ilijačne arterije.

Zasad ne postoji jedinstven patogenetski model nastanka AAA, ali nekoliko faktora čini se da imaju važnu ulogu, uključujući obiteljsku povezanost, genetski predisponirane i stečene biokemijske promjene u strukturnoj matrici aortalne stijenke i hemodinamski mehanički faktori^{24,25,26,27,28}. Primarni proces u razvoju jedne aneurizme trbušne aorte uključuje proteolitičku razgradnju izvanstaničnog matriksa proteina, elastina i kolagena.

Razni proteolitički enzimi dovode do degradacije i prestrukturiranja tunice medie i intime aorte^{29,30,31}. To uključuje i nakupljanje lipida u stanicama, kristala kolesterola u izvanstaničnom slobodnom prostoru, pojavu kalcifikata, tromba i ulceracija sve do ruptуре same aorte. Ovi procesi dovode do gubitka elastina, te aortalna stjenka postaje sve podložnija utjecaju krvnog tlaka koji tako oslabljeni dio rasteže i deformira. Oksidativni stres također igra važnu ulogu. Kao i autoimuna komponenta u razvoju aneurizmi trbušne aorte, s velikom infiltracijom limfocita i monocita i nagomilavanjem imunoglobulina^{32,33}. Nepravilna ishrana bogata masnoćama uz pušenje cigareta i povišen krvni tlak bitni su preduvjeti za nastanak i razvoj arterioskleroze, jer povećavaju upalni odgovor unutar aortalne stijenke i značajni su čimbenici u nastanku aneurizme trbušne aorte³⁴.

Tablica 2: Najčešći uzroci nastanka aneurizme.

UROĐENA ANEURIZMA	<p>-najčešće bobičaste aneurizme moždanih arterija u Willisovu krugu</p> <p>-genetske bolesti veziva: Marfanov sindrom, Ehles-Danlosov sindrom, osteogenesis imperfecta</p>
ATEROSKLEROTIČNA ANEURIZMA	<p>-nastaje zbog slabljenja stijenke aorte i velikih arterija</p> <p>-najčešće se nalazi u trbušnoj aorti</p>
SIFILITIČNA ANEURIZMA	<p>-nastaje u uzlaznoj torakalnoj aorti bolesnika koji ima tercijalni sifilis</p>
MIKOTIČKA ANEURIZMA	<p>-nastaje zbog infekcije koja lokalno uzrokuje slabljenje ili cijepanje krvožilne stijenke</p> <p>-male i vrečaste aneurizme</p>
TRAUMATSKA ANEURIZMA	<p>-nastaje kod prostrijelih i ubodnih ozljeda</p> <p>-oštećuje se krvožilna stijenka, nakon čega se na tom mjestu stijenka izboči i nastane aneurizma</p>

5. LOKALIZACIJA, OBLICI I TIPOVI ANEURIZMA:

AAA je lokalizirana dilatacija abdominalne aorte. Javlja se ispod bubrežnih arterija (intrarenalno) u 95% bolesnika. Samo 5% AAA se nalazi između (juxtarenalne aneurizme) ili iznad bubrežnih arterija (suprarenalne aneurizme). Do 70 % AAA proteže se i na jednu ili obje ilijačne arterije.

Torakalne aneurizme aorte (TAA) su aneurizme descendentne aorte. Pretežno su fuziformne, a glavni razlog im je ateroskleroza. Protežu se od lijeve potključne arterije (a. subclavia sinistra) distalno do ošita.

Torakoabdominalne aneurizme (TAAA) se protežu iz prsnoga koša u trbušnu šupljinu. Aorta je proširena i u predjelu ošita. Razvrstavaju se na tip I, u kojemu je aorta proširena samo u prsnoj koši i na mjestu ošita, tip II, kada je torakalna aorta proširena od potključne arterije do ilijakalnih arterija, tip III koje karakterizira proširenje distalne torakalne aorte te dijelove abdominalne aorte i tip IV je aneurizma koja se proteže od ošita do ilijakalnih arterija.

Aneurizmatički tromb uobičajena je posljedica turbulencije i kavitacije krvne struje unutar aneurizme. Može se vidjeti ultrazvukom ili CT-om. Obično iznutra oblaže stijenku aneurizme i može biti različite debljine. Često je lumen kroz koji se održava protok krvi, širinom sličan ili jednak normalnom lumenu aorte, pa se aneurizma može aortografijom predvidjeti. Tromb na neki način štiti degeneriranu stijenku aorte od rupture. Ako ga nema na određenom dijelu stijenke ili je asimetričan, taj dio stijenke aorte izložen je jačim sistoličkim udarcima od onoga obloženoga trombom što nas upućuje na to da je mogućnost rupture takve aneurizme veća. Asimptomatsko je 60 do 70 % aneurizmi abdominalne i torakalne aorte, dok 20% AAA rupturira bez ikakva nagovještaja.

6. SLIKOVNA DIJAGNOSTIKA ANEURIZME ABDOMINALNE AORTE

6.1 ULTRAZVUČNI PREGLED

Ultrazvuk (UZV) je neinvazivna dijagnostička metoda kojom se aorta i AAA prikazuju s visokom osjetljivošću, a prema literaturnim podacima i do 100%³⁵. Uzdužni i poprečni promjer aorte mogu se mjeriti bez primjene intravenskih kontrastnih sredstava ili ionizirajućeg zračenja. Uspjeh ultrazvučnog pregleda ovisi o iskustvu doktora koji ga izvodi. Ultrazvučni pregled neće moći dati dovoljno jasnu i točnu informaciju, kod pretelih bolesnika, onih s prekomjernim plinovima u crijevima ili raznim drugim bolestima oko aorte. Ultrazvučnim pregledom se ne mogu dati precizne informacije za rekonstrukcijski zahvat na aorti, te se pri bilo kakvom rekonstrukcijskom zahvatu (klasična operacija, EVAR) potrebne dodatne slikovne dijagnostičke metode. Kao i za uvid u stanje visceralnih ogranaka abdominalne aorte.

6.2 RAČUNALNA TOMOGRAFIJA

Računalna tomografija, jednoslojna ili višeslojna (CT/MSCT) je neinvazivna metoda slikovne dijagnostike s visokom osjetljivošću i specifičnošću za identifikaciju AAA, uz točniju procjenu njihove veličine od ultrazvučnog pregleda³⁶. CT također omogućuje dostatne informacije o obliku aneurizme, anatomskim odnosima visceralnih i bubrežnih krvnih žila^{37,38}. Kao i kod ultrazvuka, CT slike mogu biti neprecizni u procjeni zakrivljenosti aorte. Nedostaci CT su potreba za intravenskim kontrastnim materijalima i upotreba ionizirajućeg zračenja. Budući da je teže dostupan i skuplji od ultrazvuka, CT se ne preporučuje za probir.

6.3 MAGNETSKA REZONANCA

Magnetska rezonanca (MR) je neinvazivna slikovna dijagnostička metoda i ne zahtijeva ionizirajuće zračenja i u prikazu AAA, preciznija je od UZV, te jednako relevantna CT/MSCT-u^{39,40}. MR prikazuje aneurizmu abdominalne aorte u frontalnom, poprječnom i sagitalnom prerezu. Također, prikazuje odnos aorte i ostalih krvnih žila jednako dobro kao i kontrastna aortografija. Nažalost, MR ima ograničenu primjenu jer je skupa i slabo dostupna. Neprecizna je u identificiranju pridruženih okluzivnih arterijskih bolesti, te je kontraindicirana u bolesnika s stimulatorom rada srca i onih bolesnika u kojima su korišteni feromagnetni materijali. Slijedom toga, u današnje vrijeme MR ne nudi praktične prednosti nad ultrazvukom ili CT-om.

6.4 DIGITALNA SUPTRAKCIJSKA ANGIOGRAFIJA

Digitalna suptrakcijska angiografija (DSA) je invazivna dijagnostička slikovna metoda koja koristi ionizirajuće zračenje u prikazu AAA. Nakon identificiranja aneurizme abdominalne aorte, mnogi kirurzi zahtijevaju digitalnu suptrakcijsku angiografiju kako bi mogli planirati operaciju. Muralni tromb unutar aneurizme, čini DSA manje vrijednom u procjeni veličine AAA ili čak dovesti do negiranja prisutnosti aneurizme. U literaturi se vodi rasprava o potrebi za predoperativnom aortografijom, jer je neki kirurzi koriste rutinski, neki gotovo nikad, a drugi selektivno^{41,42}. Aortografiju treba koristiti u slučaju sumnje na suprarenalnu ili juxtarenalnu aneurizmu, sumnje ne renovaskularnu hipertenzije, ishemijsku nefropatiju i na stenozu mezenteričnih i iliofemoralnih arterija, uz uvjet da ne postoje uvjerljive kontraindikacije

7. PROBIR

Neki dovode u pitanje isplativost probira stanovništva za AAA⁴³. Ipak, interes je i dalje prisutan u pronalaženju probirnog programa za otkrivanje bolesnika prije nego što dođe do rupture AAA. Isplativost se temelji na vrijednosti spašenih života u odnosu na trošak probira⁴⁴. Na teorijskom modelu stanovništva, populacije 100.000, procijenjeno je da bi 1.500 života moglo biti spašeno po cijeni od 78.000 dolara⁴⁵. Selektivni probir je isplativ, ako se fokusira na pacijente: s najvećim rizikom uključujući pacijente u dobi od 55 i 80 godina, s povišenim krvnim tlakom, aneurizmom femoralne ili poplitealne arterije ili obiteljskom poviješću AAA^{46,47}.

7.1 INDIKACIJE ZA OPERACIJU

Odluka za operaciju mora biti na individualnoj osnovi, budući da su sve aneurizme potencijalno smrtonosne, a stopa širenja i vjerojatnost rupture su nepredvidivi. Većina vaskularnih kirurga preporuča operaciju za sve simptomatske ili rupturirane AAA i za sve asimptomatske aneurizme veće od 5 cm u promjeru, ukoliko dolazi do rasta AAA od 5 mm kroz 12 mjeseci^{48,49,50,51,52,53}. Aneurizme manja od 4 cm u promjeru rijetko se operiraju⁵⁴. Za AAA promjera 4-5 cm operacija nije prvi izbor liječenja, iako aneurizme ove veličine mogu imati stopu rupturiranja čak 6 % godišnje⁵⁵.

Kontraindikacije za elektivnu rekonstrukciju AAA su infarkt miokarda unutar posljednjih šest mjeseci, dugotrajno i teško zatajenje srca, teška plućna insuficijencija s dispnejom u mirovanju, teška kronična bubrežna insuficijencija, te očekivani životni vijek manji od dvije godine. Ove kontraindikacije uglavnom su ignorirane u slučaju neposredne životne opasnosti, međutim, rizik za svakog pacijenta treba uzeti u obzir pojedinačno.

8. ENDOVASKULARNI POPRAVAK ANEURIZME

8.1 TEHNIKA ENDOVASKULARNOG POPRAVKA ANEURIZME

Endovaskularni popravak aorte (EVAR) je vrsta endovaskularne operacije koja se koristi za liječenje patologija aorte, najčešće aneurizme abdominalne aorte (AAA) ili aneurizme torakalne aorte. Postupak uključuje stavljanje stent-grafta unutar aorte, bez operativnog zahvata izravno na aorti. U 2003. godine, EVAR je nadmašio otvorenu operaciju aorte kao najčešća tehnika za popravak AAA u Sjedinjenim Američkim Državama⁵⁶. Postupak se izvodi u sterilnim uvjetima pod rendgenskim vodstvom. Sam postupak najčešće provodi interventni radiolog uz vaskularne kirurge pod općom, regionalnom (spinalna ili epiduralna anestezija) ili čak lokalnom anestezijom. Pristup pacijentovoj femoralnoj arteriji može biti kroz male rezove na vrhu svake noge ili potkožno kroz iglu i korice. Najčešće kirurški tim uradi obostranu femoralnu arteriotomiju, potom se kroz novonastali otvor u femoralnoj arteriji uvode žica vodilica, kateter i na kraju stent-graft.

Putem desne femoralne arterije se uvodi tijelo stent-grafta putem radiološke tehnike rada, odnosno korištenjem žice vodilice. Tijelo stent-grafta se postavlja u abdominalnu aortu i desnu zdjeličnu arteriju, uz orijentiranje prema bubrežnim arterijama. Nakon fiksiranja tijela, uvodi se kontralateralni stent-graft za lijevu zdjeličnu arteriju, i to putem lijeve femoralne arterije. Ista se fiksira uz tijelo stent-grafta, a potom se sve spojnice stent-grafta i arterija, prilagode dilatacijom niskotlačnim balonom. U slučaju AAA koja se širi na zajedničke arterije, postavlja se zdjelične ekstenzije. Potom slijedi DSA kojom se utvrđuje isključenost AAA iz cirkulacije.

Uspješan EVAR zahvat zahtijeva odgovarajući i zdravi proksimalni i distalni dio aorte za stabilnu fiksaciju i potpuno prijanjanje stent-grafta uz stijenku aorte, te postoji više metoda fiksacije na vaskularnu stijenku. Mogućnosti pričvršćivanja stent-grafta iznad AAA (tj. proksimalno učvršćivanje) mogu se podijeliti u suprarenalnu i infrarenalnu fiksaciju, sve u odnosu na smještaj bubrežnih arterija.

Suprarenalno pričvršćivanje koristi fenestrirani stent-graft, koja se proteže proksimalnije od stent-grafta prekrivenog tkaninom, te na taj način produžuje stent-graft. Fenestrirani stent-graft učinkovito osigurava proksimalnu fiksaciju u prisutnosti nepovoljne anatomije (npr. kratka infrarenalna dužina vrata, obilna kalcifikacija, zavijen i stožasti vrat)⁵⁷. Budući da ne postoji materijal vezan za fenestrirani stent-graft, mezenterična i renalne arterije ostaju perfundirane, iako postoji određena zabrinutost u vezi s mogućim rizicima emboliziranja ili začepjenja bubrežnih i/ili mezenteričkih arterija od strane fenestriranog stent-grafta⁵⁸.

Nekoliko studija je provelo istraživanja o sigurnosti i učinkovitosti suprarenalne fiksacije^{59,60,61}, te su pokazale približno jednak postotak bubrežne disfunkcije, bez obzira na metodu suprarenalne ili infrarenalne fiksacije⁶². Bolesnici s već postojećim bolestima bubrežnih arterija, nakon primjene suprarenalne fiksacije, imaju veću šansu razviti infarkt bubrega i okluziju renalnih arterija^{63,64}.

Infrarenalni stent-graftovi nemaju komponente koje se protežu iznad bubrežnih arterija; proksimalni dio stent-grafta postavlja se točno ispod izlazišta najniže smještene bubrežne arterije. Fiksiranje se postiže putem radijalne sile, koju vrši metalni okvir stent-grafta. Neki infrarenalni stent-graftovi također imaju male kukice koje osiguravaju dodatnu fiksaciju. Individualan dizajn stent-grafta omogućuje prilagodbu stenta za svakog pojedinog pacijenta, odnosno na njegovu vaskularnu anatomiju.

8.2 KOMPLIKACIJE EVAR-a

"Endoleak" se definira kao nastavak perfuzije zaostale aneurizmatске vreće nakon EVAR-a⁶⁵. Endoleak, uz migraciju grafta, predstavlja najčešću prijetnju trajnosti EVAR-a⁶⁶. Endoleak se klasificira prema mjestu izvora koji i dalje nastavlja puniti aneurizmatšku vreću^{67,68}.

Tip I endoleak događa se kada je nastavljena perfuzija aneurizmatске vreće zbog neadekvatne fiksacije na proksimalnom (tip Ia endoleak) ili distalnom (tip Ib endoleak) veznom mjestu stent-grafta. Neadekvatna fiksacija omogućuje ulazak arterijske krvi u aneurizmatšku vreću kroz prostor između stent-grafta i vaskularnog endotela. Ovakav endoleak uvijek zahtijeva momentalno dodatnu intervenciju, jer se rijetko zatvara spontano.

Ako je curenje utvrđeno tijekom ili nakon EVAR, dodatne napore treba uložiti kako bi se curenje saniralo, jer daljnja arterijska perfuzija može uzrokovati rupturu aneurizme. Ako se endoleak ne može ispraviti EVAR-om, otvoreni kirurški pristup bi trebao biti razmotren.

Tip II endoleak-a je najčešći tip curenja koji se javlja nakon EVAR-a⁶⁹. Retrogradni protok krvi kroz kolateralne krvne žile i dalje puni aneurizmatSKU vreću. Najčešći krivac za takvo stanje su lumbalne arterije, inferiorna mezenterička arterija ili unutarnja ilijačna arterije. Ova vrsta curenja prijavljena je u 25% slučajeva⁶⁹. Rješava se spontano tijekom vremena i ne zahtijeva momentalno liječenje. Embolizacija krvne žile koja puni aneurizmatSKU vreću je indicirana, ako se aneurizma nastavi širiti nakon EVAR-a, a što se utvrdilo kontrolama kroz više mjeseci.

Tip III endoleak pojavljuje se kada postoji funkcionalni problem s stent-graftom kao što je grešaka u tkanini stent-grafta ili razdvajanje jednog ili više modularnih komponenti stent-grafta, čime se zaostala aneurizmatSKU vreća puni arterijskom krvi. Ovaj tip se ne rješava spontano i zahtijeva dodatnu intervenciju, jer to stavlja pacijenta u značajan rizik da dođe do rupture aneurizme.

Tip IV endoleak rezultat je pretjerane poroznosti stent-grafta koja omogućuje nastavak perfuzije preostale aneurizmatSKU vreće. Ova vrsta endoleak-a je sada znatno rjeđa nego što je bila u prošlosti, a što je rezultat truda proizvođača i poboljšanih tehničkih svojstava stent-graftova.

Tip V endoleak-a (također nazvan endotension) je onaj u kojem se nastavlja širiti aneurizma abdominalne aorte nakon EVAR-a bez vidljivog izvor curenja. Neki istražitelji vjeruju da tip V endoleak-a zapravo predstavlja jedan od prethodna četiri tipa, samo što u tipu V postoji neuspjeh u dokazivanju izvora i načina punjenja aneurizme⁷⁰, trenutno dostupnim slikovnim tehnologijama^{71,72}. Neki autori objašnjavaju curenje ultrafiltriranjem krvi kroz stent-graft, u aneurizmu, kroz mikroporozne tkanine^{73,74}. Liječenje tipa V endoleak-a mora biti individualizirano za svakog bolesnika na temelju sumnje uzroka nastavka rasta AAA.

8.3 INDIKACIJE I KONTRAINDIKACIJE ZA EVAR

Iako je otvoren kirurški pristup standard u liječenje AAA, ima nedostataka, kao što su dugotrajnost operacije, opća anestezija, vrijeme oporavka i potencijalno dugotrajno bolničko liječenje koje uključuje korištenje intenzivne skrbi. Osim toga mnogi pacijenti nisu dobri kandidati za otvoreni kirurški pristup, zbog komorbiditeta kao što su kronične bolesti srca i pluća, te bubrežno zatajenje koje predstavljaju visok operativni i/ili anesteziološki rizik^{75,76}.

Endovaskularni popravak AAA se koristi kao alternativa za pacijente neprikladne za otvoreni kirurški pristup, ali i za one koji su bili dobri kandidati za tradicionalni otvoreni kirurški pristup. Iako su u tijeku randomizirane prospektivne kliničke studije koje nastoje utvrditi dali bi EVAR trebao biti metoda izbora za AAA manjeg promjera, indikacije za EVAR trenutno su iste kao i za otvoreni kirurški pristup,^{77,78,79}.

Anatomske čimbenici koji utječu na prikladnost za EVAR su adekvatnost krvožilnog pristupa za uvođenje uređaja, morfologija aneurizme, duljina i morfologija vrata i uključenost ilijačnih arterija^{80,81,82,83}. Klinički čimbenici koji utječu na prikladnost pacijenta za EVAR se temelje na postojećim komorbiditetima samog pacijenta. Razne studije su dokumentirale manju učestalost postoperativnih komplikacija EVAR-a u usporedbi s otvorenim kirurškim pristupom AAA^{84,85}. Međutim, to nije potvrđeno u svim istraživanjima, pa tako "*Dutch Randomized Endovascular Aneurysm Management trial*" je pokazao približnu incidenciju od 5,3% srčanih komplikacija EVAR-a i otvorenog kirurškog pristupa kod AAA⁸⁶. Obzirom što srčani mortalitet predstavlja glavni uzrok rane i kasne smrtnosti za EVAR, svakom pojedinom bolesniku treba točan kardiološki status.

Klasifikacijski sustavi razvijeni su kako bi predvidjeli morbiditet i mortalitet pacijenata, od kojih su "*Acute Physiology and Chronic Health Enquiry score*", "*The Physiological and Operative Severity Score for the enumeration of Mortality and morbidity*" i "*The American Society of Anesthesiology classification system, and the Society for Vascular Surgery*". Ovi bodovni sustavi uključuju dob i spol, status srca, pluća i bubrega, te stanje pacijenta. Sustavi u sebi sadrže više od 1.500 čimbenika koji mogu utjecati na morbiditet i mortalitet povezan s otvorenim kirurškim pristupom u liječenju AAA i EVAR-om.

Postojeća renalna insuficijencija doprinosi lošiem EVAR ishodu.^{87,88} Stoga bubrežni status treba procijeniti prije EVAR-a i renalna strategije zaštite treba biti korištena za rješavanje bilo kakve bubrežne disfunkcije. Šećerna bolest se u europskom registru "*European Collaborators on Stent Graft Techniques for AAA Repair registry*" pokazala kao značajni čimbenik koji povećava rizik od komplikacija povezanih sa stent-graftom, te je praćena višom stopom mortaliteta⁸⁹. Međutim, bolesnici s dijabetesom tipa 2, pod kontrolom inzulina, imali su niže stope učestalosti endoleak-a i manji broj sekundarnih intervencija nego kod bolesnika s dijabetesom tipa 2, kontroliranim dijetom ili bolesnika bez šećerne bolesti⁹⁰.

Dob pacijenta nije zanemariva činjenica u procijeni učinka EVAR-a. Utoliko studija⁹¹, navodi znatno veći postotak endoleak-a i renalnog infarkta (P=0,05) u podskupini pacijenata starijih od 75 godina, kao i povišen morbiditet i mortalitet isključivo vezanih uz aneurizmu (P=0,0011). Nasuprot tome, studija⁹² pokazuje prihvatljivu smrtnost pri otvorenom ili endovaskularnom popravku AAA u pažljivo odabranim osamdesetogodišnjaka, koja je nešto viša od stope smrtnosti u mlađih pacijenata.

Sve do nedavno, nije bilo objektivnih istraživanja da li je pacijent više sklon otvorenom pristupu ili EVAR-u. Nedavna studija⁹³ provedena na pacijentima koji čekaju zahvat na AAA pokazala je kako njih 84% preferira EVAR, 13% otvorenu operaciju, a 3% ne može odlučiti između EVAR-a i klasične operacije. Rezultati ove studije podupiru trend u svijetu, gdje se svakom bolesniku kod kojeg je tehnički moguće izvesti EVAR, on nudi kao prva opcija. Rezultati velike studije EVAR-1⁹⁴(4-year follow-up) pokazuju značajno nižu stopu smrtnosti za pacijente u EVAR skupini(4%) u usporedbi s otvorenim kirurškim pristupom(7%). Manji postoperativni mortalitet i morbiditet, kraći boravak u bolnici, mogućnost korištenja lokalne ili regionalne anestezije, pogoduju EVAR-u, međutim ne smiju se zaboraviti i negativne strane, kao što su veći postotak kasnih komplikacija i češća potreba za reintervencijom^{95,96}.

Kontraindikacije za EVAR uglavnom se odnose na anatomske i kliničke čimbenika koji čine bolesnika neprikladnim za ovu tehniku liječenja AAA. Slab anatomski predoperacijski odabir bolesnika općenito je povezan s većim rizikom za kasnije komplikacije i ugrožava dugoročne rezultate^{97,98}. Nadalje, bolesnici s značajnim komorbiditetima su rizični kandidati za bilo koji oblik liječenja AAA. Odluku o tome da li će

se koristiti EVAR ili otvoreni kirurški pristup, treba donijet timski u dogovoru s drugim liječnicima koji sudjeluju u skrbi pacijenta.

9. ZAKLJUČAK

Inovativni postupci i nove tehnologije, ključne su za razvoj svake struke, pa tako i medicine. Intervencijska radiologija, kao nova struka u medicini, izrazito je ovisna o napretku tehnologije i novim uporabnim materijalima. Prednost intravencijske radiologije nad drugim granama medicine očituje se upotrebom minimalno invazivnih tehnika rada, koje rezultiraju dobrim rezultatima, kraćom hospitalizacijom, manjim invaliditetom, subjektivnim pristupom svakom bolesniku, te boljom kvalitetom oporavka i postoperativnog života.

Upravo potreba za kvalitetnijim životom te produljeni životni vijek, danas AAA stavljaju u fokus liječenja, zbog uznapredovanih tehnika, postojanja i razvoja dijagnostičkih slikovnih metoda. Sve ovo je dovelo do razvoja alternativne kirurškog liječenju AAA, a to je endovaskularni pristup.

Endovaskularni popravak aneurizmi jedna je od novih tehnika u intravencijskoj radiologiji, koja zahtijeva poznavanje prednosti i manjkavosti perkutanih tehnika rada i upotrebe materijala. Uz dobro educirane i uvježbane liječnike, te uz daljnji razvoj materijala koji se primjenjuju, endovaskularni popravak aneurizmi može postati prvi izbor u liječenju AAA.

10.ZAHVALA

Želio bih zahvaliti svome mentoru, doc. dr. sc. Vinku Vidjaku, bez čijeg vodstva, pomoći, savjeta i korekcija ostvarenje ovog rada ne bi bilo moguće.

Zahvaljujem svojim roditeljima, sestri i bratu na pružanju podrške tokom čitavog studija.

11. ŽIVOTOPIS

Rođen sam 22.03.1990. godine u Zagrebu. Nakon završene zagrebačke XV. gimnazije 2008. godine upisao sam Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Od 2009. do 2013. sudjelovao sam na športskim susretima pod organizacijom biomedicinskih fakulteta, pod nazivom "Humanijada", te osvojio dva zlata i dva srebra na rukometnom turniru. Svih 6 godina studija aktivno sam igrao rukomet i rukomet na pijesku na sveučilišnom prvenstvu za Medicinski fakultet.

Kao član CroMSIC studentske organizacije 2013. godine bio sam na ljetnoj praksi na Odjelu za porodništvo i ginekologiju u bolnici Universitário Sul-Fluminense da USS, Vassouras, Brazil.

U akademskoj godini 2012./2013. i u 2013./2014. bio sam demonstrator na Katedri za Internu medicinu (Klinička propedeutika).

12. LITERATURA:

-
- ¹ Miko ajczyk-Stecyna, J. et al. Risk factors in abdominal aortic aneurysm and aortoiliac occlusive disease and differences between them in the Polish population. *Sci. Rep.* 3, 3528; DOI:10.1038/srep03528 (2013)
- ² Cornuz, J., Sidoti Pinto, C., Tevaearai, H. & Egger, M. Risk factors for asymptomatic abdominal aortic aneurysm: systematic review and meta-analysis of population-based screening studies. *Eur J Public Health.* 14, 343–349 (2004)
- ³ Kent, K. C. et al. Analysis of risk factors for abdominal aortic aneurysm in a cohort of more than 3 million individuals. *J Vasc Surg.* 52, 539–548 (2010)
- ⁴ James J. Livesay, MD, Oscar G. Talledo, MD. Endovascular Aneurysm Repair Is Not the Treatment of Choice in Most Patients with Ruptured Abdominal Aortic Aneurysm (2013)
- ⁵ Lesperance K, Andersen C, Singh N, Starnes B, Martin MJ. Expanding use of emergency endovascular repair for ruptured abdominal aortic aneurysms: disparities in outcomes from a nationwide perspective. *J Vasc Surg* 2008;47(6):1165-71
- ⁶ Hobo R, Buth J, EUROSTAR Collaborators (2006) Secondary interventions following endovascular abdominal aortic aneurysm repair using current endografts. A EUROSTAR report. *J Vasc Surg* 43(5):896–902
- ⁷ Collin J, Murie JA (2001) Endovascular treatment of abdominal aortic aneurysm: a failed experiment. *Br J Surg* 88:1281–1282
- ⁸ EVAR Trial Participants (2005) Endovascular aneurysm repair versus open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1): randomised controlled trial. *Lancet* 365:2179–2186
- ⁹ Prinssen M, Verhoeven EL, Buth J, Cuypers PW, van Sambeek MR, Balm R, Dutch Randomized Endovascular Aneurysm Management (DREAM) Trial Group et al (2004) A randomized trial comparing conventional and endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 351(16):1607–1618
- ¹⁰ United Kingdom EVAR Trial Investigators, Greenhalgh RM, Brown LC, Powell JT, Thompson SG, Epstein D et al (2010) Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med* 362(20):1863–1871) (De Bruin JL, Baas AF, Buth J, Prinssen M, Verhoeven EL, Cuypers PW, DREAM Study Group et al (2010) Long-term outcome of open or endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med* 362(20):1881–1889

-
- ¹¹ Prinssen M, Buskens E, de Jong SE, Buth J, Mackaay AJ, vanSambeek MR, DREAM Trial Participants et al (2007) Costeffectiveness of conventional and endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: Results of a randomized trial. *J Vasc Surg* 46(5):883–890
- ¹² Guyton A.C, Hall J.E. (2006), *Cirkulacija, Medicinska fiziologija*, Zagreb, Medicinska naklada
- ¹³ Krmpotić-Nemanić J., Marušić A. (2002), *Krvožilni sustav, Anatomija čovjeka*, Zagreb, Medicinska naklada
- ¹⁴ Junqueira L. C., Carneiro J., (2005), *Žilni sustav, Osnove histologije, Školska knjiga*
- ¹⁵ Šoša T., Sutlić Ž., Stanec Z., Tonković I. (2007), *Aneurizma aorte, Kirurgija*, Naklada ljevak
- ¹⁶ Creager, MA, Halperin, JL, Whittemore, AD. Aneurysmal disease of the aorta and its branches. In: *Vascular Medicine*, Loscalzo, J, Creager, MA, Dzau, VJ (Ed), Little, Brown, New York, 1996, p. 901.
- ¹⁷ Abdominal Aortic Aneurysm Guidebook Updated: January 14, 2011, Medifocus Guidebook on Abdominal Aortic Aneurysm (124 pages) Preuzeto: mart 2011
- ¹⁸ Lederle FA, Johnson GR, Wilson SE, Chute EP, Littooy FN, Bandyk D. Prevalence and associations of abdominal aortic aneurysm detected through screening. *Aneurysm Detection and Management (ADAM) Veterans Affairs Cooperative Study Group. Ann Intern Med.* Mar 15 1997;126(6):441-9
- ¹⁹ Abdominal Aortic Aneurysm Guidebook Updated: January 14, 2011, Medifocus Guidebook on Abdominal Aortic Aneurysm (124 pages) Preuzeto: mart 2011.
- ²⁰ Law MR, Morris J, Wald NJ Screening For Abdominal Aortic Aneurysms; *J Med Screen* 1994;1(2):110-5
- ²¹ Abdominal Aortic Aneurysm Guidebook Updated: January 14, 2011, Medifocus Guidebook on Abdominal Aortic Aneurysm (124 pages) Preuzeto: mart 2011.
- ²² (patofiza)
- ²³ Lederle FA, Johnson, GR, Wilson SE, Gordon IL, Chute EP, Littooy FN, et al. Relationship of age, gender, race, and body size to infrarenal aortic diameter. *J Vasc Surg* 1997;26:595-601
- ²⁴ Sumner DS, Hokanson DE, Strandness DE Jr. Stress-stain characteristics and collagen-elastin content of abdominal aortic aneurysms. *Surg Gynecol Obstet* 1970;130:459-466
- ²⁵ Dobrin PB, Baker WH, Gley WC. Elastolytic and collagenolytic studies of arteries: implications for the mechanical properties of aneurysms. *Arch Surg* 1984;119:405-409

-
- ²⁶ Cohen JR, Mandell C, Margolis I, Chang J, Wise L. Altered aortic protease and antiprotease activity in patients with ruptured abdominal aortic aneurysms. *Surg Gynecol Obstet* 1987;164:355-358
- ²⁷ Cohen JR, Mandell C, Chang JB, Wise L. Elastin metabolism of the infrarenal aorta. *J Vasc Surg* 1988;7:210-214
- ²⁸ Menashi S, Campa JS, Greenhalgh RM, Powell JT. Collagen in abdominal aortic aneurysm: typing, content, and degradation. *J Vasc Surg* 1987;6:578-582
- ²⁹ Campa JS, Greenhalgh RM, Powell JT. Elastin degradation in abdominal aortic aneurysms. *Atherosclerosis* 1987; 65(1-2):13-21.
- ³⁰ Busuttill RW, Abou-Zamzam AM, Machleder HI. Collagenase activity of the human aorta. A comparison of patients with and without abdominal aortic aneurysms. *Arch Surg* 1980; 115(11):1373-8.
- ³¹ White JV, Haas K, Phillips S, Comerota AJ. Adventitial elastolysis is a primary event in aneurysm formation. *J Vasc Surg* 1993; 17(2): 371-81.
- ³² Yin Y, Yan Y, Jiang X, et al. (2009) Inflammasomes are differentially expressed in cardiovascular and other tissues. *Int J Immunopathol Pharmacol* 22: 311-322.
- ³³ Duewell P, Kono H, Rayner KJ, et al. (2010) NLRP3 inflammasomes are required for atherogenesis and activated by cholesterol crystals. *Nature* 464: 1357-1361
- ³⁴ Singh K, Bonna KH, Jacobsen BK, Bjork L, Solberg S. Prevalence of and risk factors for abdominal aortic aneurysms in a population-based study: The Tromso Study. *Am J Epidemiol* 2001; 154(3): 236-44.
- ³⁵ LaRoy LL, Cormier PJ, Matalon TAS, Patel SK, Turner DA, Silver B. Imaging of abdominal aortic aneurysms. *AJR Am J Roentgenol* 1989;152:785-792.
- ³⁶ Ellis M, Powell JT, Place J, et al. The limitation of ultrasound in surveillance of small abdominal aortic aneurysms. In: Greenhalgh RM, Mannick JA, Powell JT, eds. *The cause and management of aneurysms*. London: W.B. Saunders, 1990:117-21.
- ³⁷ Todd GJ, Nowygrod R, Benvenisty A, Buda J, Reemtsma K. The accuracy of CT scanning in the diagnosis of abdominal and thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 1991;13:302-310
- ³⁸ Gomes MN, Choyke PL. Improved identification of renal arteries in patients with aortic aneurysms by means of high-resolution computed tomography. *J Vasc Surg* 1987;6:262-268.
- ³⁹ Ruff SJ, Watson MR. Magnetic resonance imaging versus angiography in the preoperative assessment of abdominal aortic aneurysms. *Am J Surg* 1988;155:651-654

-
- ⁴⁰ Amparo EG, Hoddick WK, Hricak H, et al. Comparison of magnetic resonance imaging and ultrasonography in the evaluation of abdominal aortic aneurysms. *Radiology* 1985;154:451-456
- ⁴¹ Campbell JJ, Bell DD, Gaspar MR. Selective use of arteriography in the assessment of aortic aneurysm repair. *Ann Vasc Surg* 1990;4:419-423.
- ⁴² Baur GM, Porter JM, Eidemiller LR, Rosch J, Keller F. The role of arteriography in abdominal aortic aneurysm. *Am J Surg* 1978;136:184-189
- ⁴³ Allen PIM, Gourevitch D, McKinley J, Tudway D, Goldman M. Population screening for aortic aneurysms. *Lancet* 1987;2:736-736
- ⁴⁴ Bengtsson H, Bergqvist D, Jendteg S, Lindgren B, Persson U. Ultrasonographic screening for abdominal aortic aneurysm: analysis of surgical decisions for cost-effectiveness. *World J Surg* 1989;13:266-271.
- ⁴⁵ Quill DS, Colgan MP, Sumner DS. Ultrasonic screening for the detection of abdominal aortic aneurysms. *Surg Clin North Am* 1989;69:713-720
- ⁴⁶ Webster MW, Ferrell RE, St Jean PL, Majumder PP, Fogel SR, Steed DL. Ultrasound screening of first-degree relatives of patients with an abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg* 1991;13:9-14
- ⁴⁷ Berridge DC, Griffith CD, Amar SS, Hopkinson BR, Makin GS. Screening for clinically unsuspected abdominal aortic aneurysms in patients with peripheral vascular disease. *Eur J Vasc Surg* 1989;3:421-422
- ⁴⁸ Delin A, Ohlsen H, Swedenborg J. Growth rate of abdominal aortic aneurysms as measured by computed tomography. *Br J Surg* 1985;72:530-532
- ⁴⁹ Cronenwett JL, Murphy TF, Zelenock GB, et al. Actuarial analysis of variables associated with rupture of small abdominal aortic aneurysms. *Surgery* 1985;98:472-483
- ⁵⁰ Brown PM, Pattenden R, Gutelius JR. The selective management of small abdominal aortic aneurysms: the Kingston Study. *J Vasc Surg* 1992;15:21-27
- ⁵¹ Johansson G, Nydahl S, Olofsson P, Swedenborg J. Survival of patients with abdominal aortic aneurysms: comparison between operative and nonoperative management. *Eur J Vasc Surg* 1990;4:497-502
- ⁵² Glimaker H, Holmberg L, Elvin A, et al. Natural history of patients with abdominal aortic aneurysm. *Eur J Vasc Surg* 1991;5:125-130
- ⁵³ Cronenwett JL, Sargent SK, Wall MH, et al. Variables that affect the expansion rate and outcome of small abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 1990;11:260-268.

-
- ⁵⁴ Collin J, Araujo L, Walton J. How fast do very small abdominal aortic aneurysms grow? *Eur J Vasc Surg* 1989;3:15-17
- ⁵⁵ Bernstein EF, Chan EL. Abdominal aortic aneurysm in high-risk patients: outcome of selective management based on size and expansion rate. *Ann Surg* 1984;200:255-263
- ⁵⁶ Impact of hospital market competition on endovascular aneurysm repair adoption and outcomes. PMID 23684424.
- ⁵⁷ Robbins M, Kritpracha B, Beebe HG, Criado FJ, Daoud Y, Comerota AJ. Suprarenal endograft fixation avoids adverse outcomes associated with aortic neck angulation. *Ann Vasc Surg* 2005; 19:172–177.
- ⁵⁸ Alric P, Hinchliffe RJ, Picot MC, et al. Long-term renal function following endovascular aneurysm repair with infrarenal and suprarenal aortic stentgrafts. *J Endovasc Ther* 2003; 10:397–405.
- ⁵⁹ Lobato AC, Quick RC, Vaughn PL, Rodriguez-Lopez J, Douglas M, Diethrich EB. Transrenal fixation of aortic endografts: intermediate follow-up of a single-center experience. *J Endovasc Ther* 2000; 7:273–278.
- ⁶⁰ Malina M, Veith F, Ivancev K, Sonesson B. Balloon occlusion of the aorta during endovascular repair of ruptured abdominal aortic aneurysm. *J Endovasc Ther* 2005; 12:556 – 559.
- ⁶¹ Marin ML, Parsons RE, Hollier LH, et al. Impact of transrenal aortic endograft placement on endovascular graft repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 1998; 28:638–646.
- ⁶² Cayne NS, Rhee SJ, Veith FJ, et al. Does transrenal fixation of aortic endografts impair renal function? *J Vasc Surg* 2003; 38:639–644.
- ⁶³ Kramer SC, Seifarth H, Pamler R, et al. Renal infarction following endovascular aortic aneurysm repair: incidence and clinical consequences. *J Endovasc Ther* 2002; 9:98 –102.
- ⁶⁴ Lau LL, Hakaim AG, Oldenburg WA, et al. Effect of suprarenal versus infrarenal aortic endograft fixation on renal function and renal artery patency: a comparative study with intermediate follow-up. *J Vasc Surg* 2003; 37:1162–1168.
- ⁶⁵ Golzarian J, Valenti D. Endoleakage after endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms: diagnosis, significance and treatment. *Eur Radiol* 2006; 16:2849 –2857
- ⁶⁶ Veith FJ, Baum RA, Ohki T, et al. Nature and significance of endoleaks and endotension: summary of opinions expressed at an international conference. *J Vasc Surg* 2002; 35:1029–1035.

-
- ⁶⁷ Golzarian J, Valenti D. Endoleakage after endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms: diagnosis, significance and treatment. *Eur Radiol* 2006; 16:2849–2857.
- ⁶⁸ Veith FJ, Baum RA, Ohki T, et al. Nature and significance of endoleaks and endotension: summary of opinions expressed at an international conference. *J Vasc Surg* 2002; 35:1029–1035.
- ⁶⁹ Stavropoulos SW, Charagundla SR. Imaging techniques for detection and management of endoleaks after endovascular aortic aneurysm repair. *Radiology*. 2007;243 (3): 641-55. doi:10.1148/radiol.2433051649 - Pubmed citation.
- ⁷⁰ Veith FJ, Baum RA, Ohki T, et al. Nature and significance of endoleaks and endotension: summary of opinions expressed at an international conference. *J Vasc Surg* 2002; 35:1029–1035.
- ⁷¹ Gilling-Smith G, Brennan J, Harris P, Bakran A, Gould D, McWilliams R. Endotension after endovascular aneurysm repair: definition, classification, and strategies for surveillance and intervention. *J Endovasc Surg* 1999; 6: 305–307.
- ⁷² van Sambeek MR, Hendriks JM, Tseng L, van Dijk LC, van Urk H. Sac enlargement without endoleak: when and how to convert and technical considerations. *Semin Vasc Surg* 2004; 17:284–287.
- ⁷³ Peterson BG, Matsumura JS, Brewster DC, Makaroun MS; Excluder Bifurcated Endoprosthesis Investigators. Five-year report of a multicenter controlled clinical trial of open versus endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2007; 45:885–890.
- ⁷⁴ Cho JS, Dillavou ED, Rhee RY, Makaroun MS. Late abdominal aortic aneurysm enlargement after endovascular repair with the excluder device. *J Vasc Surg* 2004; 39:1236–1241
- ⁷⁵ Hertzner NR, Mascha EJ, Karafa MT, O'Hara PJ, Krajewski LP, Beven EG. Open infrarenal abdominal aortic aneurysm repair: The Cleveland Clinic experience from 1989 to 1998. *J Vasc Surg* 2002; 35:1145–1154. 36.
- ⁷⁶ Tang T, Walsh SR, Fanshawe TR, et al. Estimation of physiologic ability and surgical stress (E-PASS) as a predictor of immediate outcome after elective abdominal aortic aneurysm surgery. *Am J Surg* 2007; 194:176–182.
- ⁷⁷ Lederle FA, Powell JT, Greenhalgh RM. Repair of small abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2006 6; 354:1537–1538. 39.

-
- ⁷⁸ Powell JT, Brown LC, Forbes JF, et al. Final 12-year follow-up of surgery versus surveillance in the UK Small Aneurysm Trial. *Br J Surg* 2007; 94:702–708. 40.
- ⁷⁹ Powell JT, Greenhalgh RM. Clinical practice. small abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2003; 348:1895-1901.
- ⁸⁰ Woodburn KR, Chant H, Davies JN, Blanshard KS, Travis SJ. Suitability for endovascular aneurysm repair in an unselected population. *Br J Surg* 2001; 88:77– 81. 43.
- ⁸¹ Slater BJ, Harris EJ, Lee JT. Anatomic suitability of ruptured abdominal aortic aneurysms for endovascular repair. *Ann Vasc Surg* 2008; 22:716– 722. 44.
- ⁸² Yau FS, Rosero EB, Clagett GP, et al. Surveillance of small aortic aneurysms does not alter anatomic suitability for endovascular repair. *J Vasc Surg* 2007; 45:96 –100. 45.
- ⁸³ Elkouri S, Martelli E, Gloviczki P, et al. Most patients with abdominal aortic aneurysm are not suitable for endovascular repair using currently approved bifurcated stent-grafts. *Vasc Endovascular Surg* 2004; 38:401–412.
- ⁸⁴ Anderson PL, Arons RR, Moskowitz AJ, et al. A statewide experience with endovascular abdominal aortic aneurysm repair: rapid diffusion with excellent early results. *J Vasc Surg* 2004; 39:10 –19. 48.
- ⁸⁵ Schermerhorn ML, O'Malley AJ, Jhaveri A, Cotterill P, Pomposelli F, Landon BE. Endovascular vs. open repair of abdominal aortic aneurysms in the medicare population. *N Engl J Med* 2008; 358:464–474..
- ⁸⁶ Prinssen M, Verhoeven EL, Buth J, et al. A randomized trial comparing conventional and endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2004; 351:1607–1618.
- ⁸⁷ Park B, Mavanur A, Drezner AD, Gallagher J, Menzoian JO. Clinical impact of chronic renal insufficiency on endovascular aneurysm repair. *Vasc Endovasc Surg* 2007; 40:437–445. 51.
- ⁸⁸ Bown MJ, Norwood MG, Sayers RD. The management of abdominal aortic aneurysms in patients with concurrent renal impairment. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005; 30:1–11.
- ⁸⁹ Ouriel K, Clair DG, Kent KC, Zarins CK; Positive Impact of Endovascular Options for treating Aneurysms Early (PIVOTAL) Investigators. Endovascular repair compared with surveillance for patients with small abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2010; 51:1081–1087.
- ⁹⁰ Leurs LJ, Laheij RJ, Buth J; EUROSTAR Collaborators. Influence of diabetes mellitus on the endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms. *J Endovasc Ther* 2005; 12:288–296.

-
- ⁹¹ Bockler D, Mansmann U, Krauss M, Schunn C, Tengg-Kobligk H, Raithel D. Midterm results after endovascular aortic aneurysm repair in the elderly. *Zentralbl Chir* 2007; 132:198– 204.
- ⁹² Henebiens M, Vahl A, Koelemay MJ. Elective surgery of abdominal aortic aneurysms in octogenarians: a systematic review. *J Vasc Surg* 2008; 47: 676–681
- ⁹³ Winterborn RJ, Amin I, Lyratzopoulos G, Walker N, Varty K, Campbell WB. Preferences for endovascular (EVAR) or open surgical repair among patients with abdominal aortic aneurysms under surveillance. *J Vasc Surg* 2009; 49:576 –581.e3.
- ⁹⁴ Greenhalgh RM, Brown LC, KwongGP, Powell JT, Thompson SG; EVARtrial participants. Comparison of endovascularaneurysm repair with open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1), 30-day operative mortality results: randomised controlled trial. *Lancet* 2004; 364:843– 848.
- ⁹⁵ Blankensteijn JD, de Jong SE, Prinssen M, et al. Two-year outcomes after conventional or endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2005; 352:2398 –2405.
- ⁹⁶ EVAR Trial Participants. Endovascular aneurysm repair versus open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1): randomisedcontrolled trial. *Lancet* 2005; 365:2179–2186.
- ⁹⁷ Rockman C. Reducing complications by better case selection: anatomic considerations. *Semin Vasc Surg* 2004; 17:298 –306. 58.
- ⁹⁸ Tefera G, Carr SC, Turnipseed WD. Endovascular aortic repair or minimal incision aortic surgery: Which procedure to choose for treatment of highrisk aneurysms? *Surgery* 2004; 136: 748–753.