

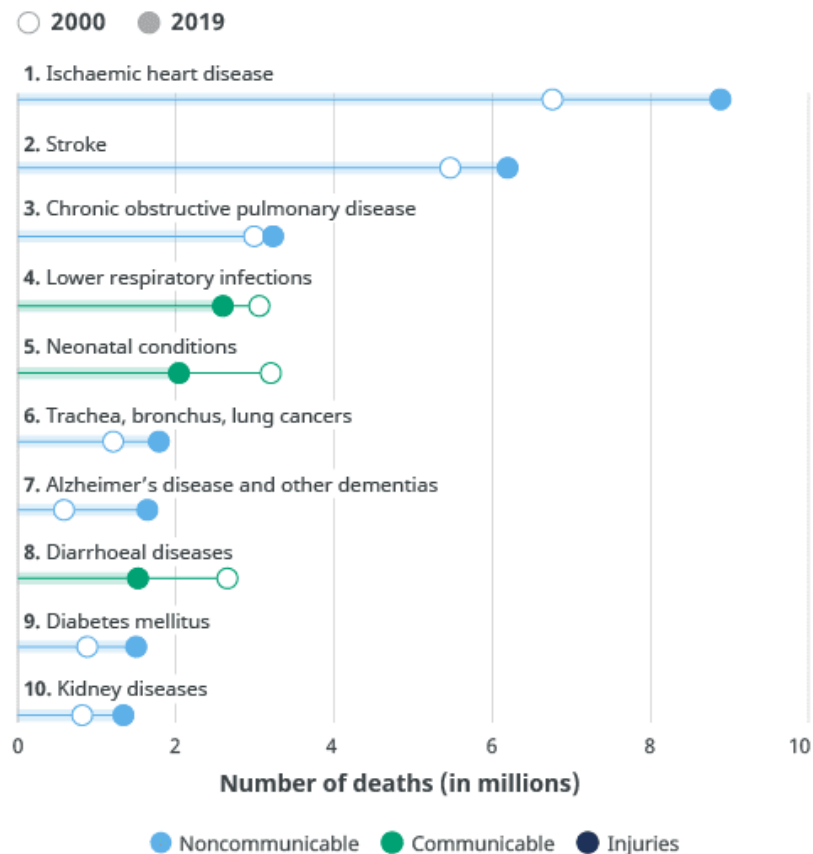


Динамическое наблюдение малых церебральных асимптомных аневризм для уточнения критерия риска их разрыв

Куянова Ю.О., Тихвинский Д.В., Бервицкий А.В., Станкевич Ю.А., Паршин Д.В.
Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
& Клинические партнеры

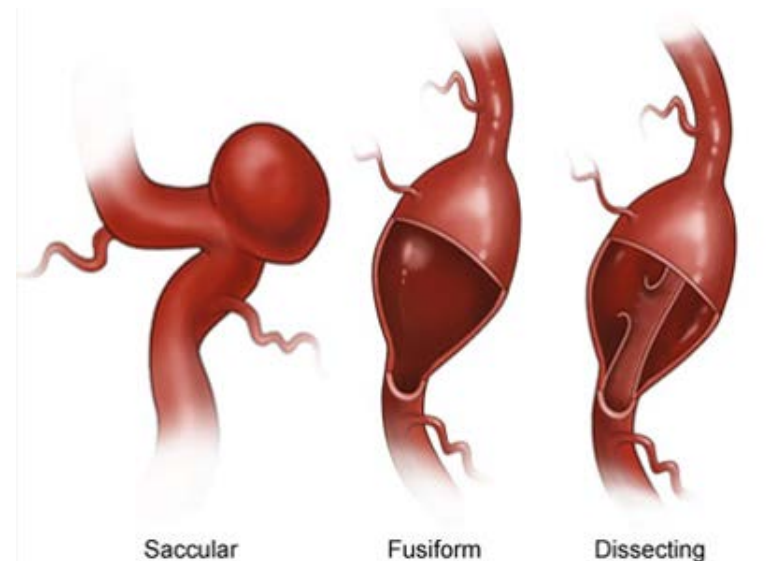
**Четырнадцатая конференция по математическим моделям
и численным методам в биологии и медицине**

Введение. О проблеме



© WHO

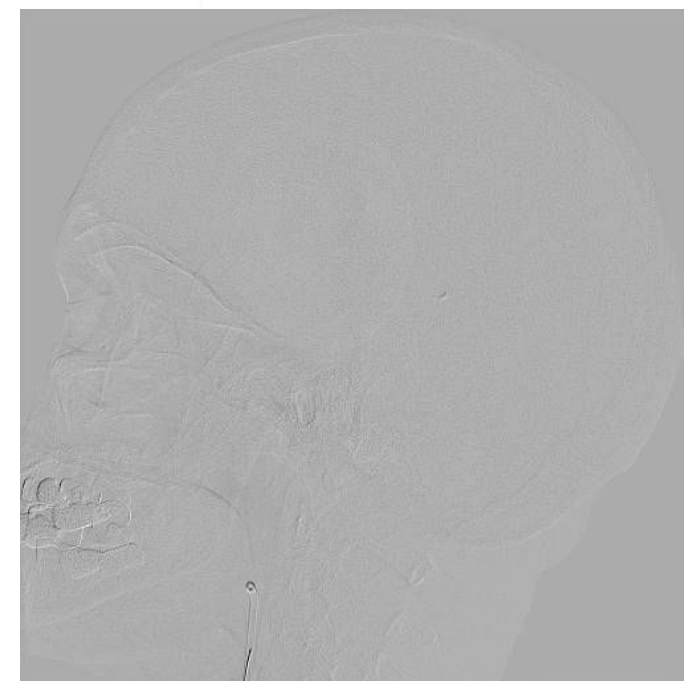
По данным ВОЗ аневризмы ассоциированы с рядом заболеваний, являющихся наиболее частыми причинами смертей.



© Mayo Clinic

Типы аневризм:

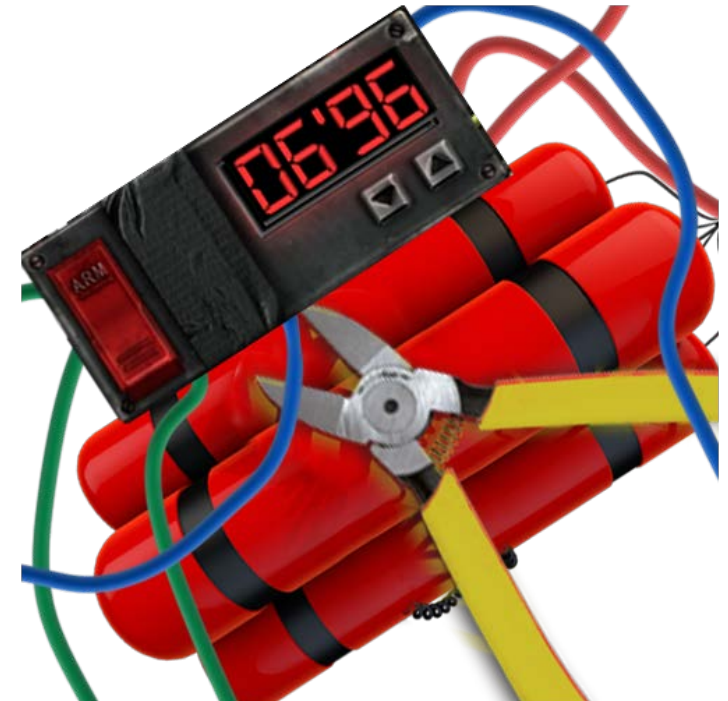
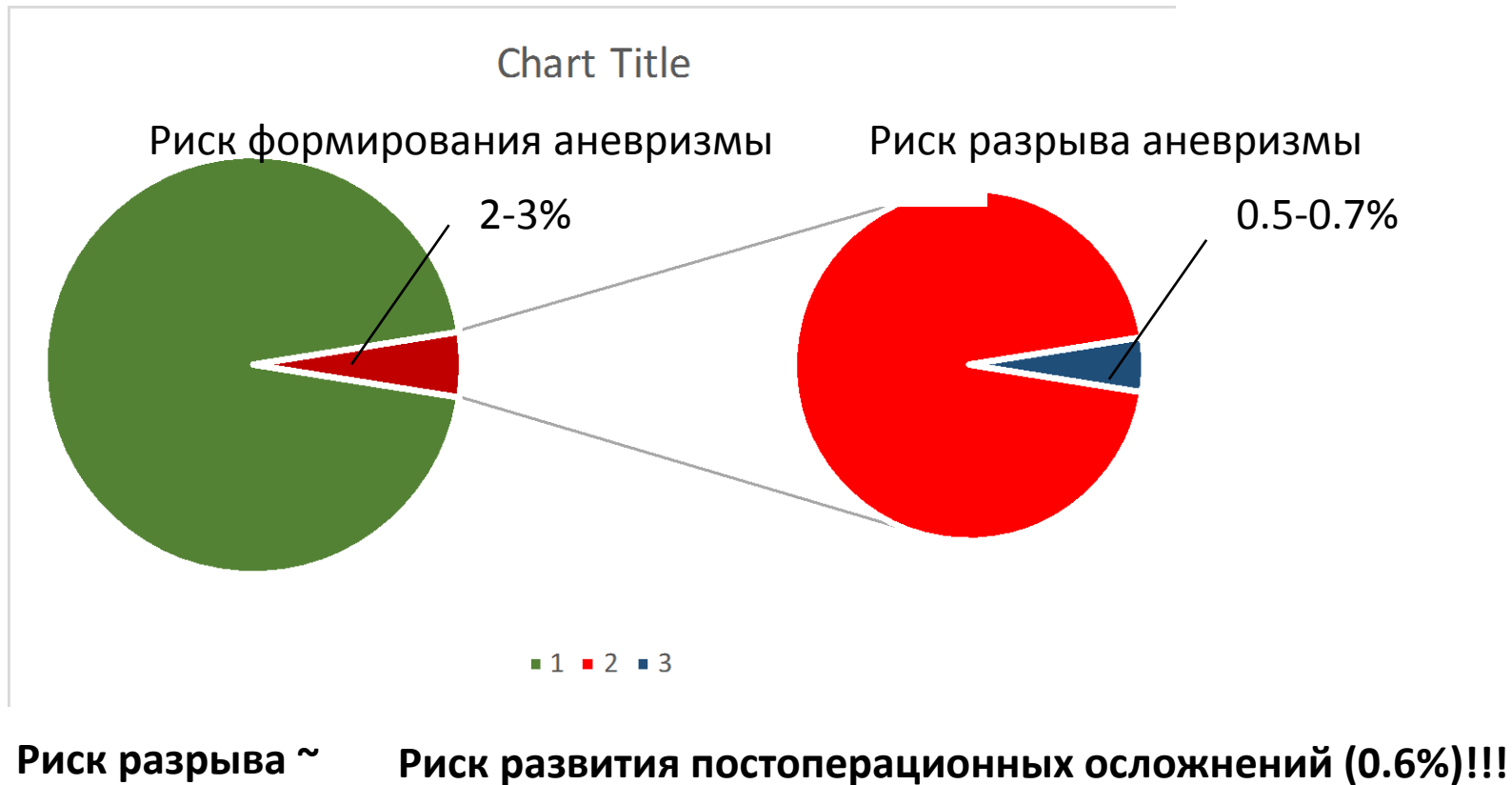
- Мешотчатая,
- Фузиформная,
- Ложная;





Введение. О проблеме

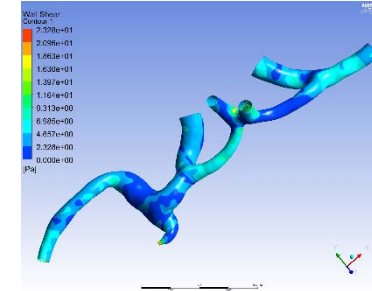
Нужна ли хирургия?



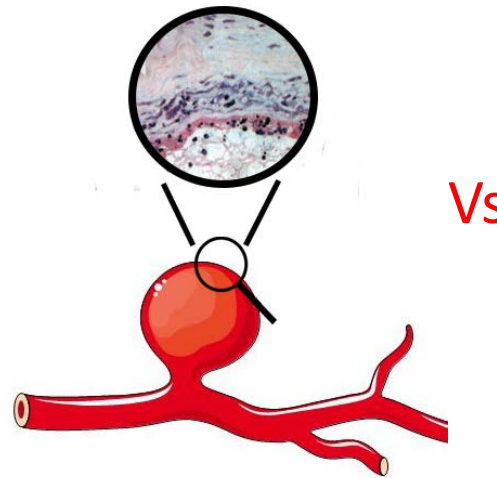
Какую аневризму следует лечить?

Какие факторы влияют на развитие и разрыв аневризмы?

Гемодинамические факторы



Факторы развития воспаления и дегенерация ткани сосуда



По сравнению со здоровым сосудом стенка аневризмы имеет более сложную структуру.

Tobe et al, Investigation of wall thinning mechanisms in human cerebral aneurysms by pathological engineering analysis of smooth muscle cells and hemodynamics 10.1299/jsmebio.2017.29.2 C42,

Анализ риска разрыва. Модель Neyazi et al (2020)

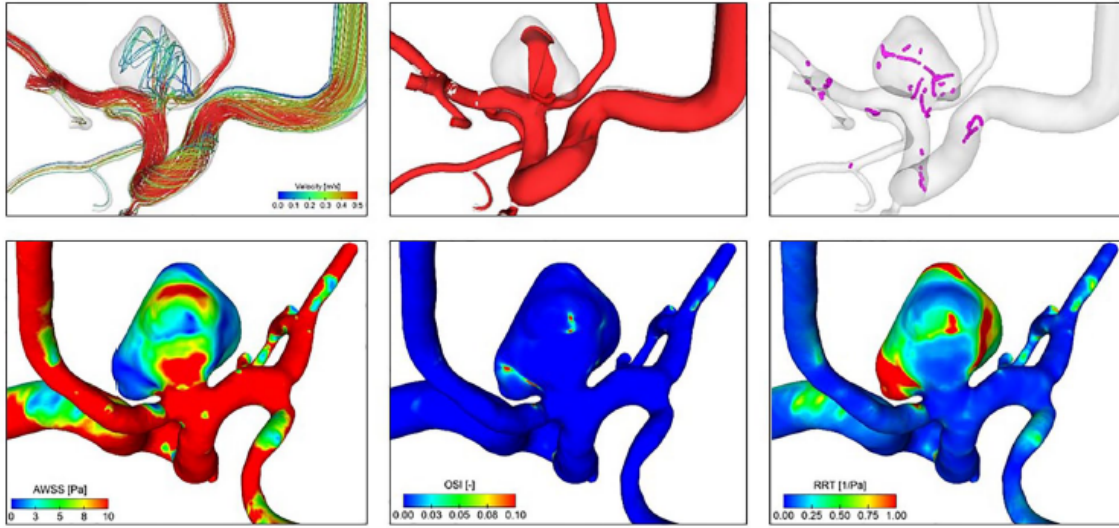


Figure 2. Exemplary illustration of relevant hemodynamic parameters. Upper row (flow visualization) from left to right: cycle-averaged streamlines color-coding the velocity magnitude; mean isosurface velocity highlighting occurring flow structures; vortex core lines revealing complex flow and the presence of interacting vortices. Lower row (hemodynamic surface forces) from left to right: cycle-averaged wall shear stress (AWSS); oscillatory shear index (OSI); relative residence time (RRT).

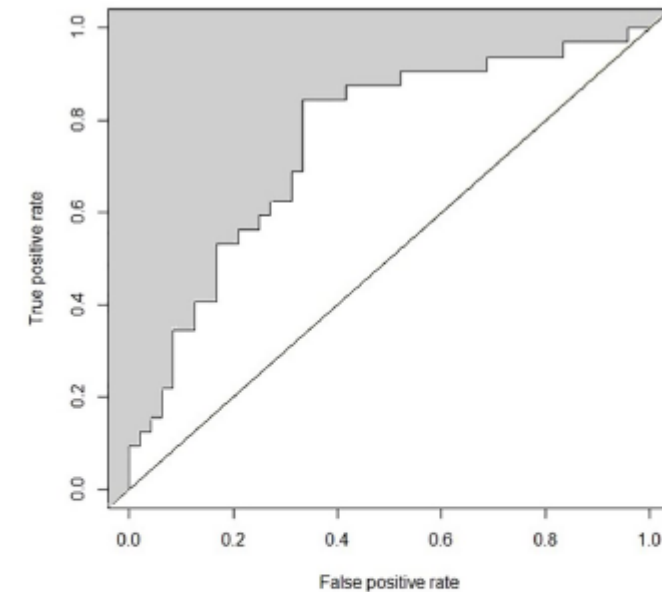
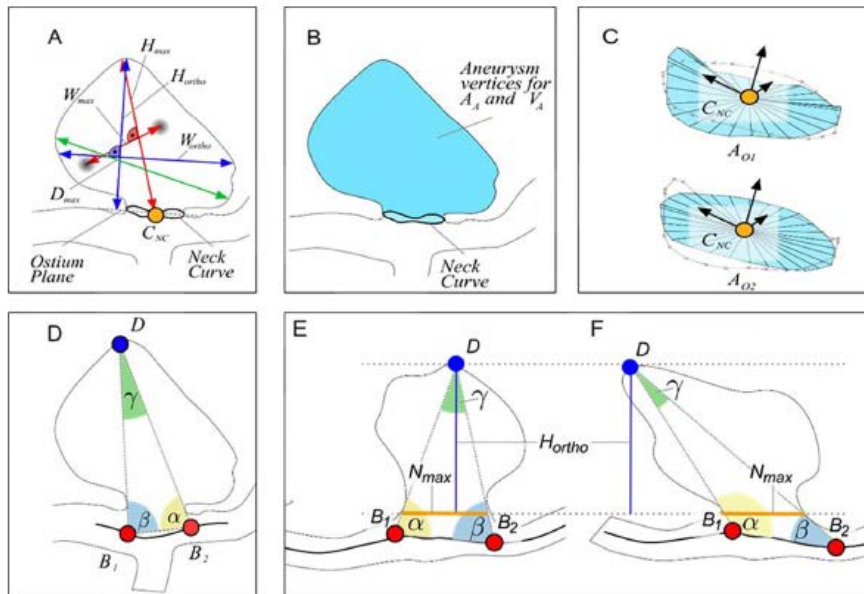


Figure 3. Presentation of the AUC (0.75) of the final model. AR1 and Aneurysm_RRT_max were the only parameters leading to the models' prediction quality regarding aneurysm rupture status. They account for 13% of the variance in the aneurysm rupture status. Aneurysm_RRT_max, aneurysm maximal relative residence time; AR1, aspect ratio 1; AUC, area under the curve.

Анализ риска разрыва. Шкала PHASES

Phases – population

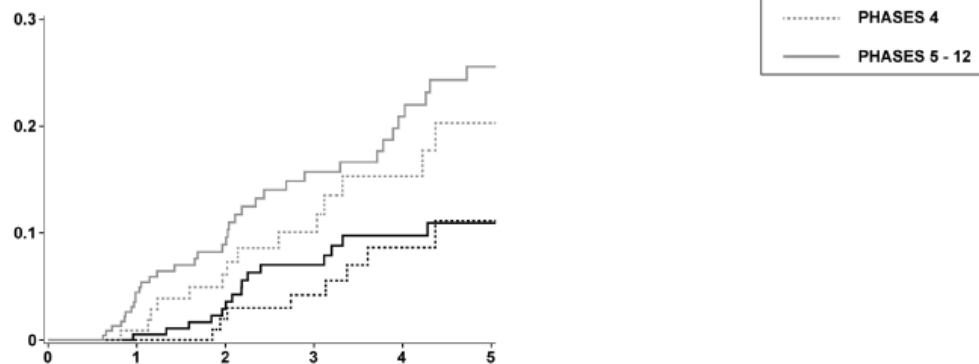
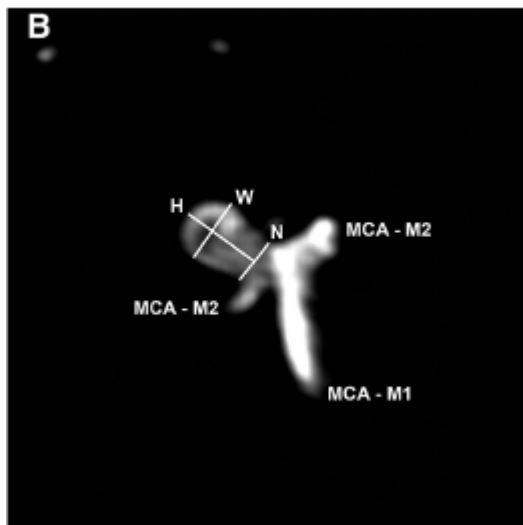
hypertension

age

size

earlier SAH from other IA
site

Общепринятая мировым сообществом методика расчета риска разрыва ЦА



Bakes et al. 2015

[10.1161/STROKEAHA.114.008198](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.008198)

Анализ риска разрыва. Шкала PHASES

PHASES aneurysm risk score	Points
(P) Population	
North American, European (other than Finnish)	0
Japanese	3
Finnish	5
(H) Hypertension	
No	0
Yes	1
(A) Age	
<70 years	0
≥70 years	1
(S) Size of aneurysm	
<7.0 mm	0
7.0–9.9 mm	3
10.0–19.9 mm	6
≥20 mm	10
(E) Earlier SAH from another aneurysm	
No	0
Yes	1
(S) Site of aneurysm	
ICA	0
MCA	2
ACA/Pcom/posterior	4

To calculate the PHASES risk score for an individual, the number of points associated with each indicator can be added up to obtain the total risk score. For example, a 55-year-old North American man with no hypertension, no previous SAH, and a medium-sized (8 mm) posterior circulation aneurysm will have a risk score of 0+0+0+3+0+4=7 points. According to figure 3, this score corresponds to a 5-year risk of rupture of 2.4%. SAH=subarachnoid haemorrhage. ICA=internal carotid artery. MCA=middle cerebral artery. ACA=anterior cerebral arteries (including the anterior cerebral artery, anterior communicating artery, and pericallosal artery). Pcom=posterior communicating artery. posterior=posterior circulation (including the vertebral artery, basilar artery, cerebellar arteries, and posterior cerebral artery).

Table 4: Predictors composing the PHASES aneurysm rupture risk score

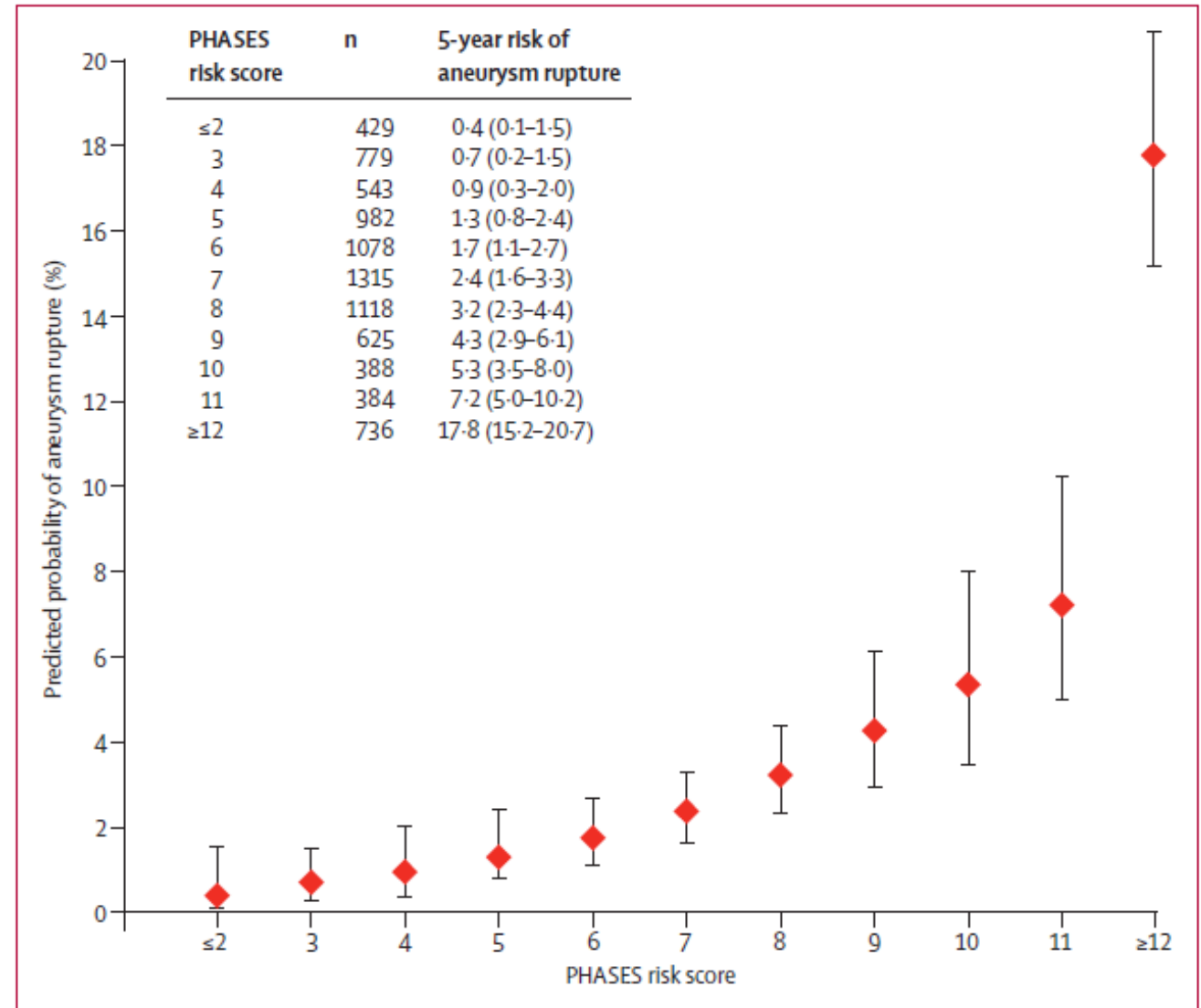


Figure 3: Predicted 5-year risk of aneurysm rupture according to PHASES score

Выборка

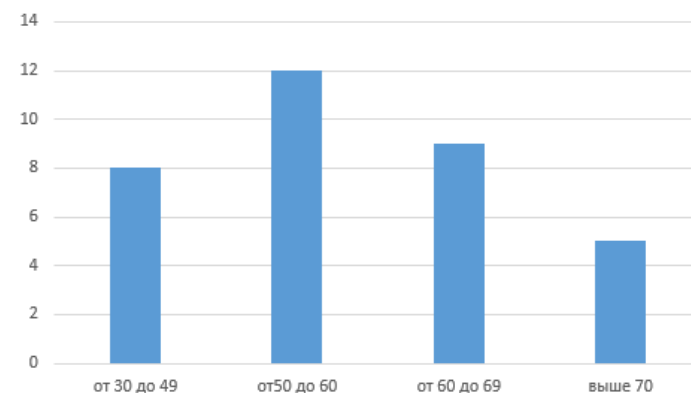
М- 8
Ж-27

35 Пациентов с малыми
асимптомными аневризмами



18 пациентов прошли
контроль

Возрастное распределение



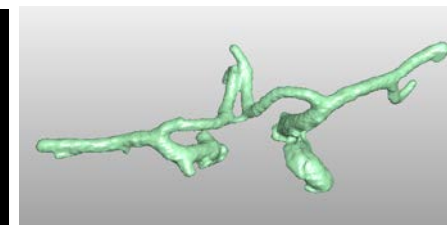
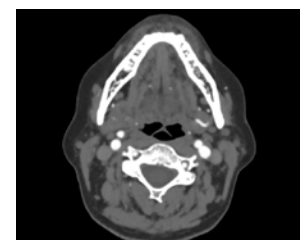
Для **7** пациентов рассчитана
гидродинамика и выполнены
измерения

Дорожная карта работы

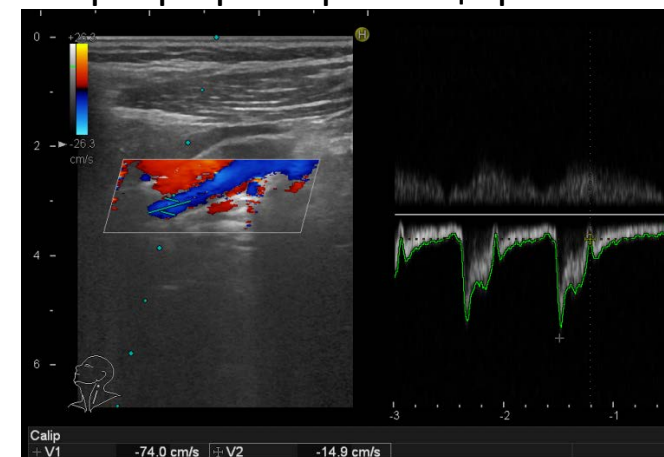
1. Обзвон



2. КТ- головы и брахецефальных артерий

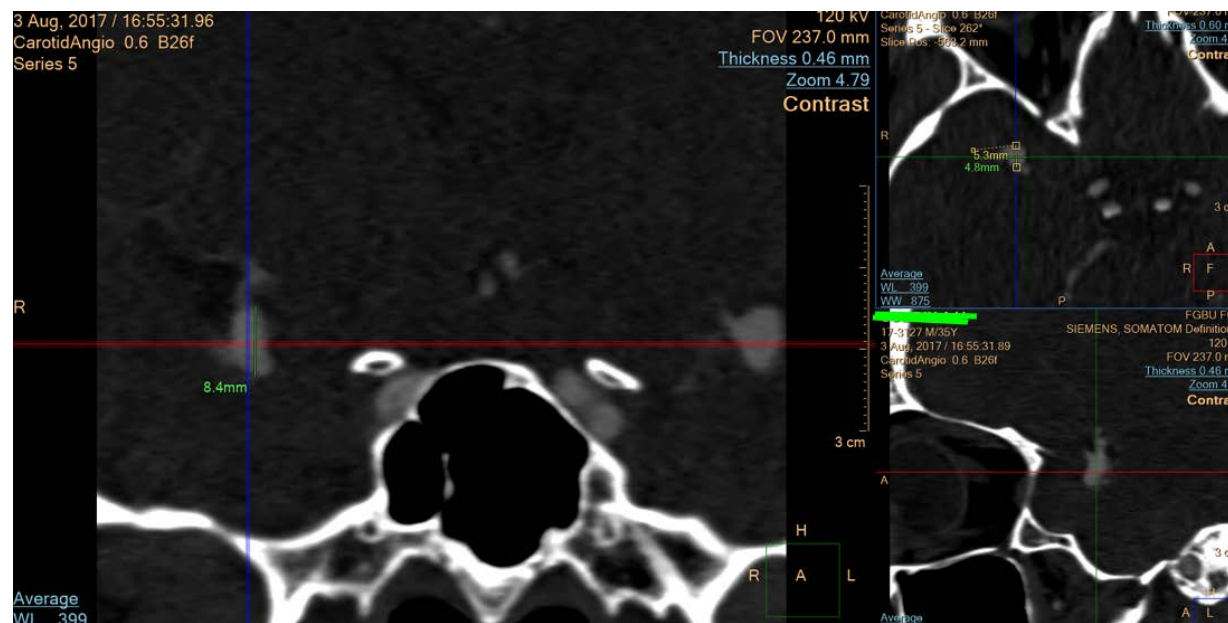


3. УЗИ доплерография брахецефальных артерий



Случай с осложнениями (Пациент С,М-35)

2017

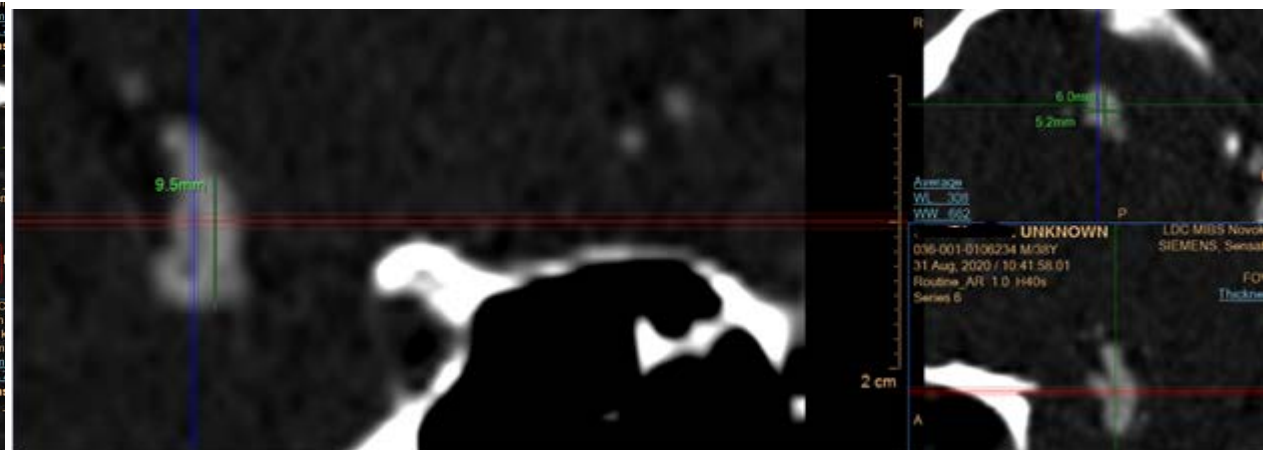


8.4mm

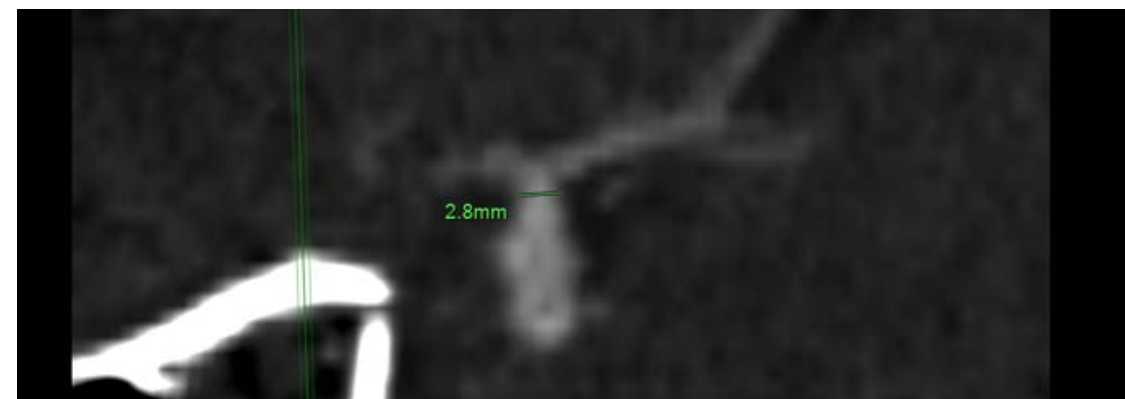


2.4mm

2020



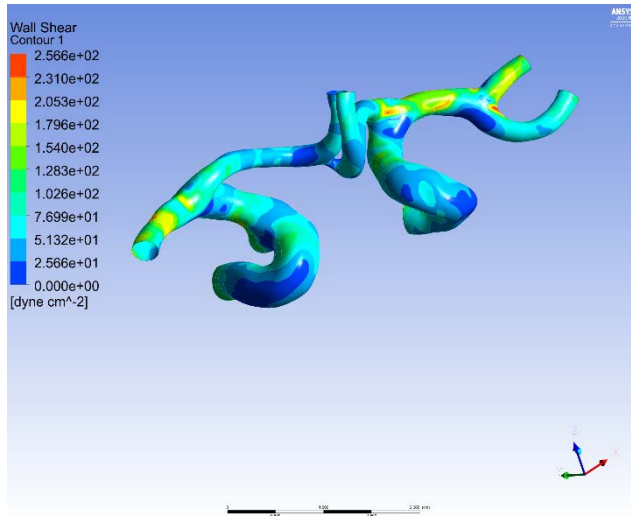
9.5mm



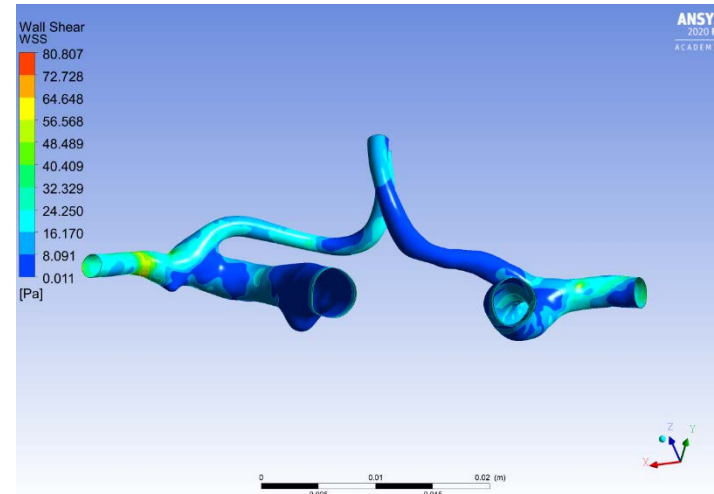
2.8 mm

Рассмотренные случаи – 1 (Пациент К1,Ж-60)

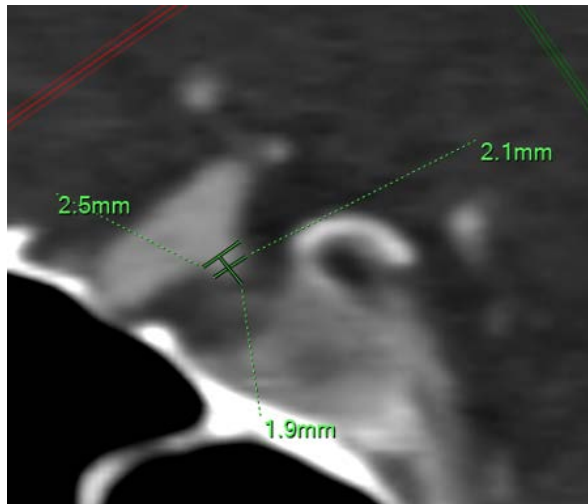
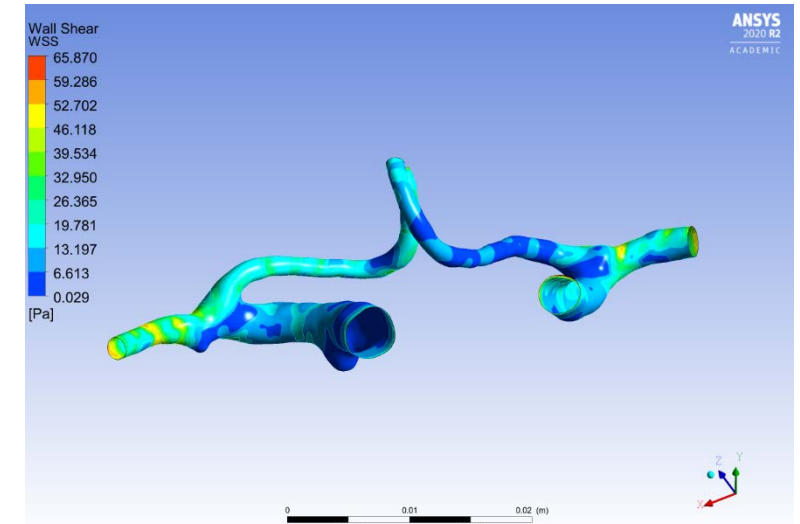
2016-2018



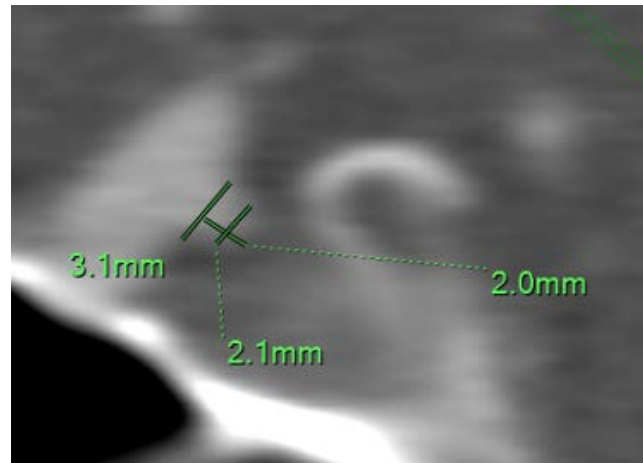
2019-2020



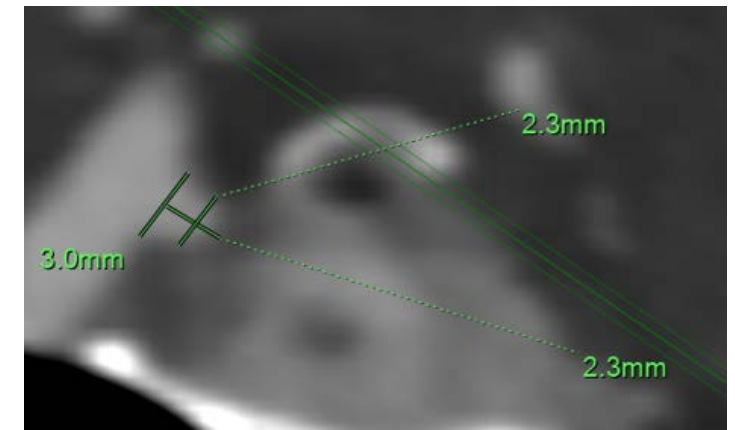
2020-2022



1,9*2,1*2,5



2*2,1*3,1

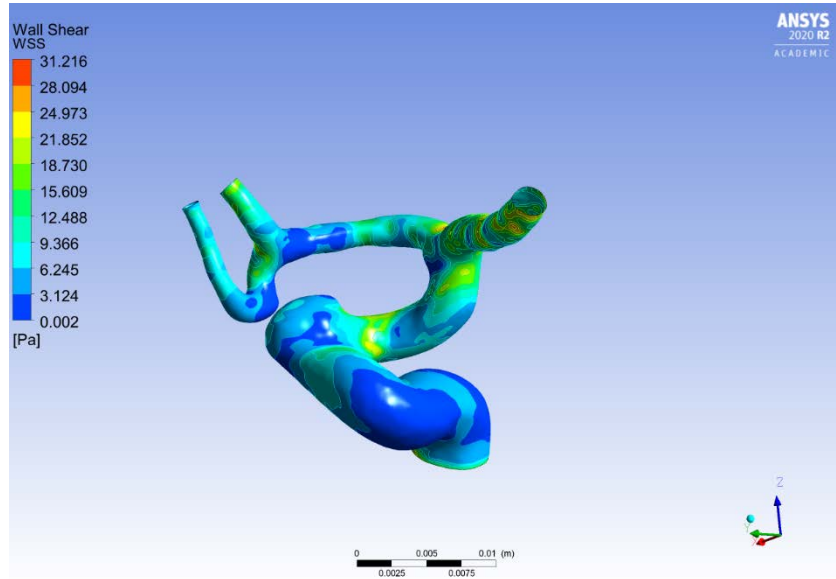


2,3*2,3*3

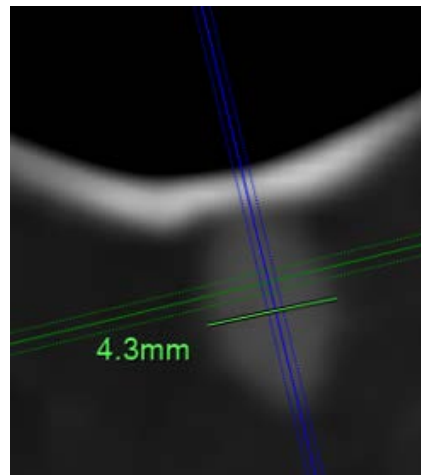
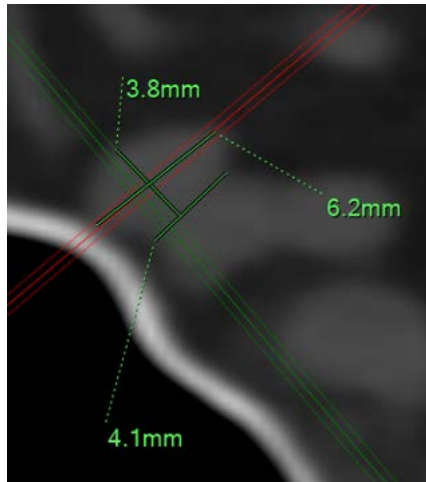
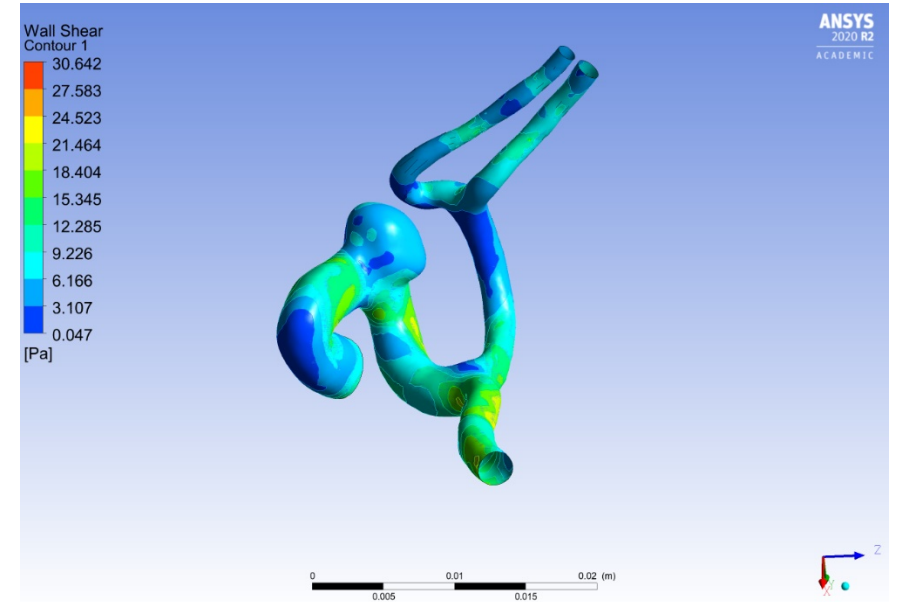
10 / 18

Рассмотренные случаи – 2 (Пациент К2,Ж-42)

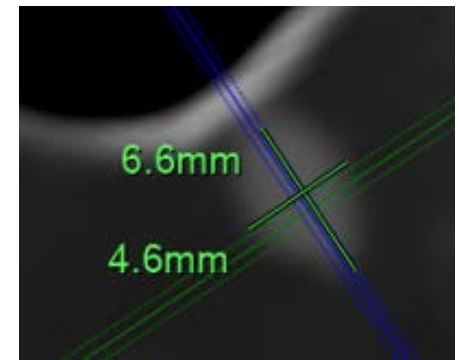
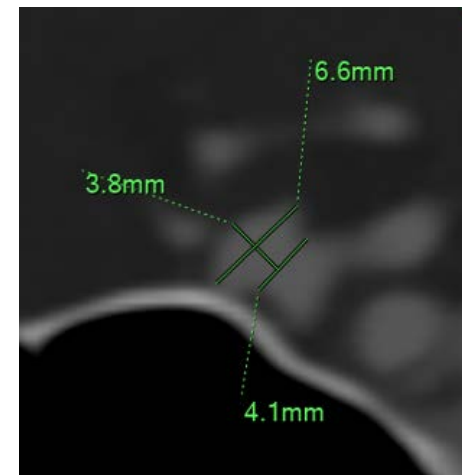
2016-2018



2020-2022



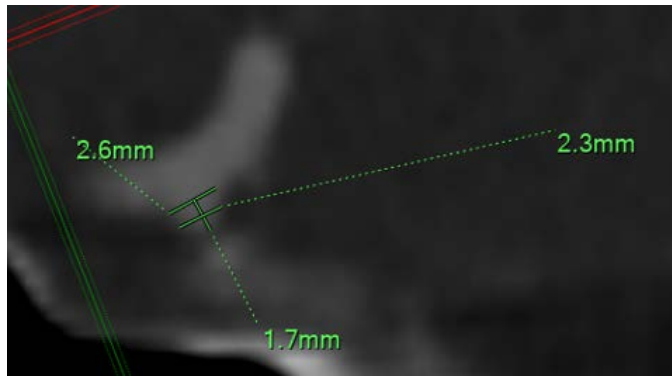
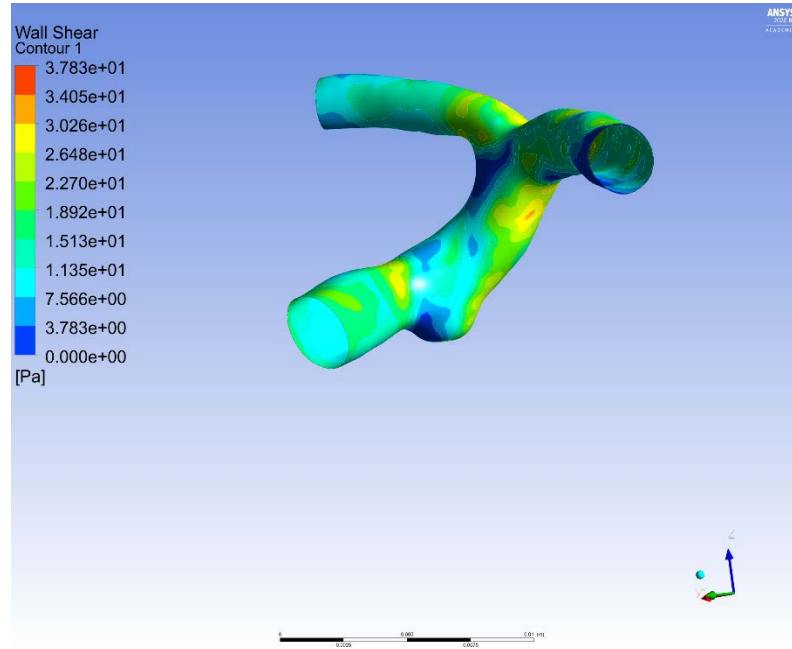
$$3,8*(6,2*4,3)*4,1$$



$$3,8*(6,6*4,6)*4,1 \quad 11 / 18$$

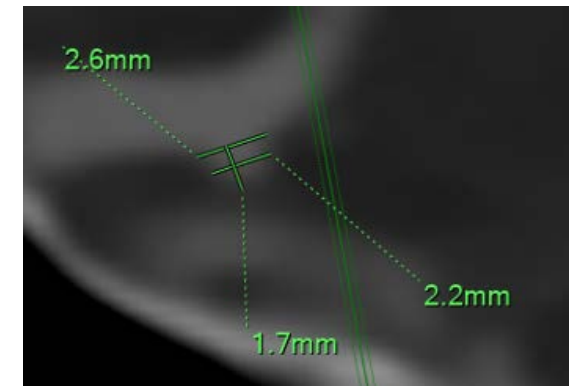
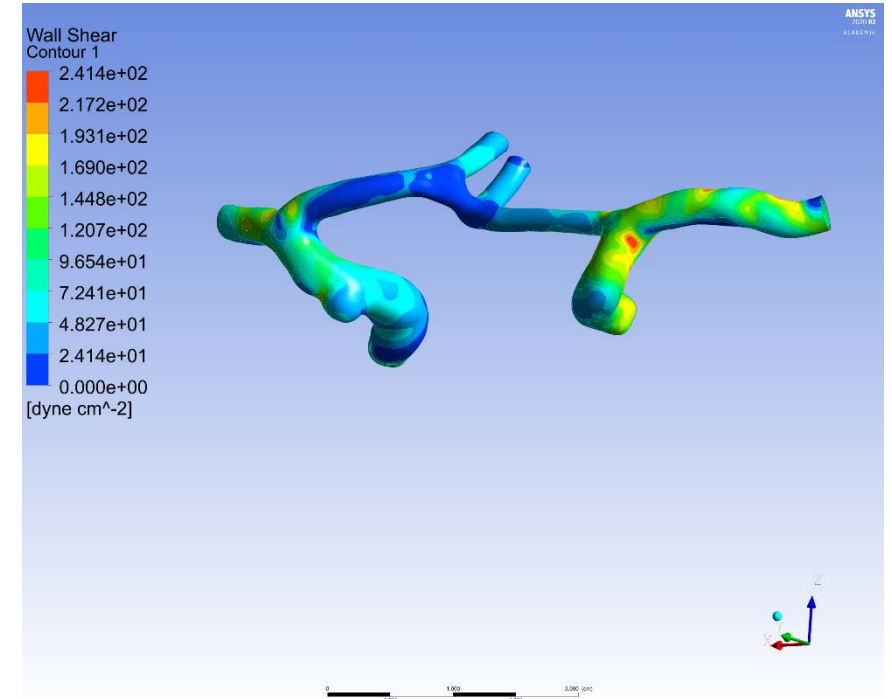
Рассмотренные случаи – 3 (Пациент КЗ,Ж-39)

2016-2018



1,7*2,3*2,6

2020-2022



1,7*2,2*2,6

Гемодинамические характеристики рассмотренных пациентов

Максимальная скорость кровотока в конфигурации, м/с

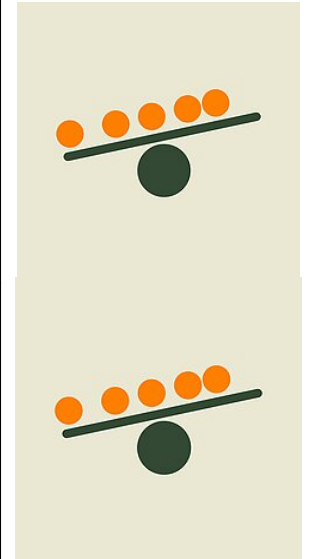
Пациенты\Годы процедуры	2016-2018	2019-2020	2021-2022
K1	1	1,65 	1,81 
K2	-	1,05	1,10 
K3	1,12	-	0,99 

Максимальные значения WSS в конфигурации, Па

Пациенты\Годы процедуры	2016-2018	2019-2020	2021-2022
K1	25,66	80,81 	65,87 
K2	-	31,22	30,64 
K3	37,83	-	24,14 

Морфологические характеристики Рассмотренных пациентов (Н-высота, W-ширина, N-шейка), мм

		2016-2018			2019-2020			2021-2022		
Пациент	Локализация аневризмы	H	W	N	H	W	N	H	W	N
K2	C6 (офтальмический сегмент) левой ВСА				3,8	6,2 x 4,3	4,1	3,8	6,6x4,6	4,1
K1	C6 (офтальмический сегмент) правой ВСА	1,9	2,1	2,5	2	2,1	3	2,3	2,3	3
K3	C7, коммуникантного сегмента левой ВСА	1,7	2,3	2,6				1,7	2,2	2,6

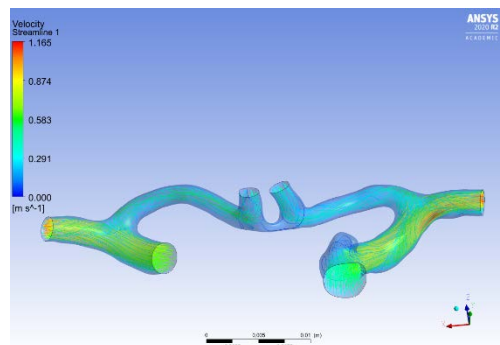
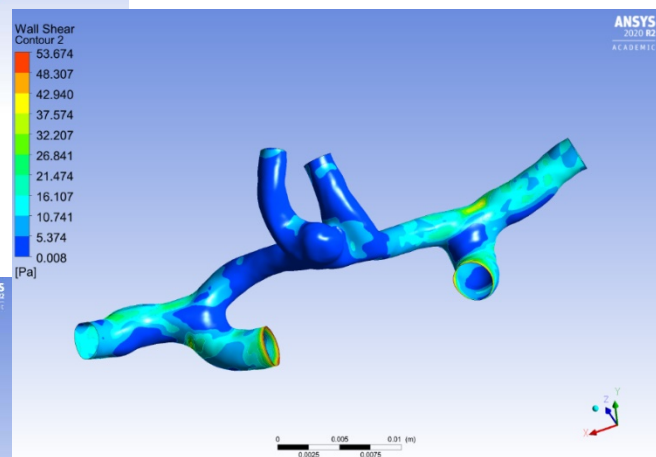
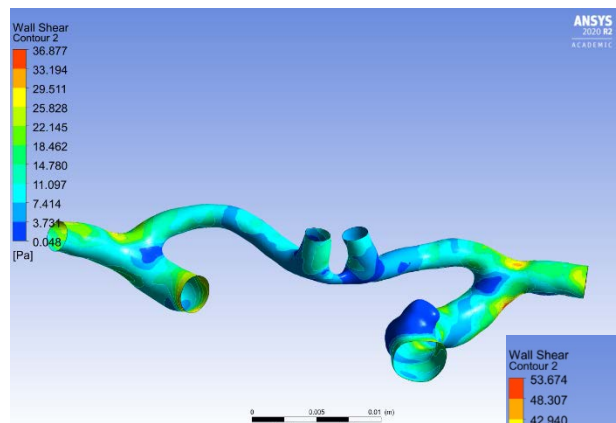


© CanStockPhoto.com

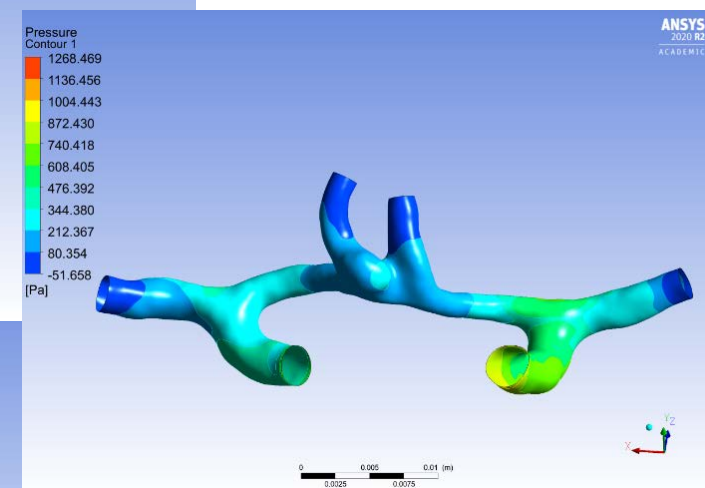
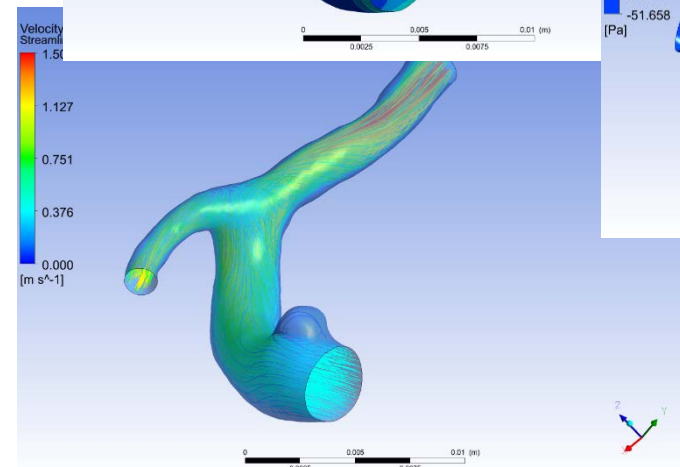
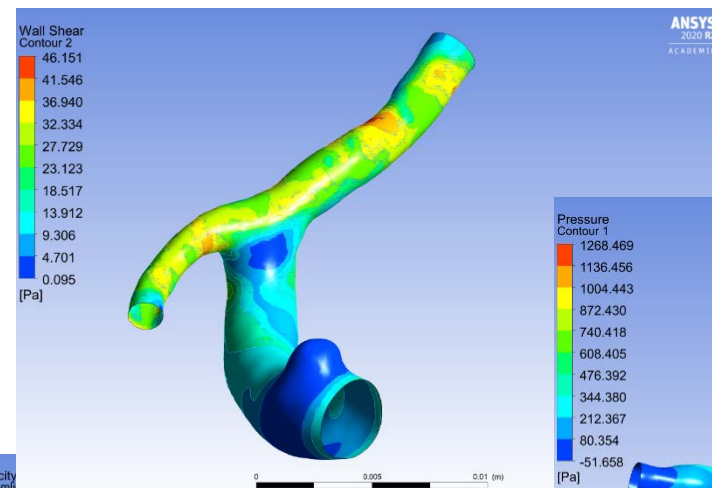


Рассмотренные случаи

2018



2022



Расчёт PHASES для рассмотренных пациентов

PHASES aneurysm risk score	Points
(P) Population	
North American, European (other than Finnish)	0
Japanese	3
Finnish	5
(H) Hypertension	
No	0
Yes	1
(A) Age	
<70 years	0
≥70 years	1
(S) Size of aneurysm	
<7.0 mm	0
7.0–9.9 mm	3
10.0–19.9 mm	6
≥20 mm	10
(E) Earlier SAH from another aneurysm	
No	0
Yes	1
(S) Site of aneurysm	
ICA	0
MCA	2
ACA/Pcom/posterior	4

To calculate the PHASES risk score for an individual, the number of points associated with each indicator can be added up to obtain the total risk score. For example, a 55-year-old North American man with no hypertension, no previous SAH, and a medium-sized (8 mm) posterior circulation aneurysm will have a risk score of 0+0+0+3+0+4=7 points. According to figure 3, this score corresponds to a 5-year risk of rupture of 2.4%. SAH=subarachnoid haemorrhage. ICA=internal carotid artery. MCA=middle cerebral artery. ACA=anterior cerebral arteries (including the anterior cerebral artery, anterior communicating artery, and pericallosal artery). Pcom=posterior communicating artery. posterior=posterior circulation (including the vertebral artery, basilar artery, cerebellar arteries, and posterior cerebral artery).

Table 4: Predictors composing the PHASES aneurysm rupture risk score

Пациент \ Рисквая оценка за год	2016-2018	2019-2020	2021-2022
K1	0	0	0
K3		0	0
K3	0		0

Скончавшийся пациент, давший толчок к развитию проекта

Пациент	Population	Hypertension	Age	Size, mm	Earlier SAH	Site
C	Rus	Yes	35	8,5	No	MCA
PHASES	0	1	0	3	0	2

Сумма очков по шкале PHASES = 6

Выводы

Рисковые критерии для малых аневризм в настоящее время не разработаны или не одобрены медицинским сообществом, при этом основная доля разорвавшихся аневризм – **МАЛЫЕ!**

Анализ количественных характеристик показывает, что наибольший рост рассмотренных аневризм происходит в направлении увеличения объема купола и при этом наибольшее влияние на этот рост оказывает рост средних скоростей, нежели рост величины касательных напряжений. Из этого можно сделать вывод, что трехмерная структура церебральных сосудов двух пациентов претерпела изменения таким образом, что гемодинамически провоцирует рост имеющихся аневризм.

Спасибо за внимание!