



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2024

Thèse N° 037

Apport de l'angioscanner cérébral dans l'étude des variations anatomiques de l'artère carotide interne intracrânienne

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 28 /02/2024

PAR

Mlle. **OUMAYMA TIJANI MODAR**

Née Le 17 Décembre 1997 à Marrakech

Médecin interne du CHU Mohammed VI de Marrakech

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS

Artère carotide interne – Variations anatomiques _ Angioscanner _ Implications
chirurgicales

JURY

Mr.	A.ABOUCHADI Professeur de Chirurgie Maxillo Faciale	PRESIDENT
Mr.	Y. DAROUASSI Professeur d'Oto-rhino-laryngologie	RAPPORTEUR
Mr.	H.BELFQUIH Professeur de Neurochirurgie	} JUGES
Mr.	N.HAMOUNE Professeur de Radiologie	
Mr.	M.D.ELAMRANI Professeur d'anatomie et de chirurgie plastique	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي
أنعمت عليّ وعلى والديّ وأن أعمل
صالحاً ترضاه وأصلح لي في ذريّتي إني
تبت إليك وإني من المسلمين"



Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.

*Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité.
La santé de mes malades sera mon premier but.*

*Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.
Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*

Les médecins seront mes frères.

Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.

Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration Genève, 1948





*LISTE DES
PROFESSEURS*



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

Doyens Honoraires

: Pr. Badie Azzaman MEHADJI
: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI

ADMINISTRATION

Doyen

: Pr. Mohammed BOUSKRAOUI

Vice doyenne à la Recherche et la Coopération

: Pr. Hanane RAISS

Vice doyenne aux Affaires Pédagogiques

: Pr. Ghizlane DRAISS

Vice doyen chargé de la Pharmacie

: Pr. Said ZOUHAIR

Secrétaire Générale

: Mr. Azzeddine EL HOUDAIGUI

LISTE NOMINATIVE DU PERSONNEL ENSEIGNANTS CHERCHEURS PERMANANT

N°	Nom et Prénom	Cadre	Spécialité
01	BOUSKRAOUI Mohammed (Doyen)	P.E.S	Pédiatrie
02	CHOULLI Mohamed Khaled	P.E.S	Neuro pharmacologie
03	KHATOURI Ali	P.E.S	Cardiologie
04	NIAMANE Radouane	P.E.S	Rhumatologie
05	AIT BENALI Said	P.E.S	Neurochirurgie
06	KRATI Khadija	P.E.S	Gastro-entérologie
07	SOUMMANI Abderraouf	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
08	RAJI Abdelaziz	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
09	KISSANI Najib	P.E.S	Neurologie
10	SARF Ismail	P.E.S	Urologie
11	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	P.E.S	Ophtalmologie
12	AMAL Said	P.E.S	Dermatologie
13	ESSAADOUNI Lamiaa	P.E.S	Médecine interne
14	MANSOURI Nadia	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
15	MOUTAJ Redouane	P.E.S	Parasitologie

16	AMMAR Haddou	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
17	ZOUHAIR Said	P.E.S	Microbiologie
18	CHAKOUR Mohammed	P.E.S	Hématologie biologique
19	EL FEZZAZI Redouane	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
20	YOUNOUS Said	P.E.S	Anesthésie-réanimation
21	BENELKHAÏAT BENOMAR Ridouan	P.E.S	Chirurgie générale
22	ASMOUKI Hamid	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
23	BOUMZEBRA Drissi	P.E.S	Chirurgie Cardio-vasculaire
24	CHELLAK Saliha	P.E.S	Biochimie-chimie
25	LOUZI Abdelouahed	P.E.S	Chirurgie-générale
26	AIT-SAB Imane	P.E.S	Pédiatrie
27	GHANNANE Houssine	P.E.S	Neurochirurgie
28	ABOULFALAH Abderrahim	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
29	OULAD SAIAD Mohamed	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
30	DAHAMI Zakaria	P.E.S	Urologie
31	EL HATTAOUI Mustapha	P.E.S	Cardiologie
32	ELFIKRI Abdelghani	P.E.S	Radiologie
33	KAMILI El Ouafi El Aouni	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
34	MAOULAININE Fadl mrabih rabou	P.E.S	Pédiatrie (Néonatalogie)
35	MATRANE Aboubakr	P.E.S	Médecine nucléaire
36	AIT AMEUR Mustapha	P.E.S	Hématologie biologique
37	AMINE Mohamed	P.E.S	Epidémiologie clinique
38	EL ADIB Ahmed Rhassane	P.E.S	Anesthésie-réanimation
39	ADMOU Brahim	P.E.S	Immunologie
40	CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	P.E.S	Radiologie
41	TASSI Noura	P.E.S	Maladies infectieuses
42	MANOUDI Fatiha	P.E.S	Psychiatrie

43	BOURROUS Monir	P.E.S	Pédiatrie
44	NEJMI Hicham	P.E.S	Anesthésie-réanimation
45	LAOUAD Inass	P.E.S	Néphrologie
46	EL HOUDZI Jamila	P.E.S	Pédiatrie
47	FOURAJI Karima	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
48	ARSALANE Lamiae	P.E.S	Microbiologie-virologie
49	BOUKHIRA Abderrahman	P.E.S	Biochimie-chimie
50	KHALLOUKI Mohammed	P.E.S	Anesthésie-réanimation
51	BSISS Mohammed Aziz	P.E.S	Biophysique
52	EL OMRANI Abdelhamid	P.E.S	Radiothérapie
53	SORAA Nabila	P.E.S	Microbiologie-virologie
54	KHOUCHANI Mouna	P.E.S	Radiothérapie
55	JALAL Hicham	P.E.S	Radiologie
56	OUALI IDRISSE Mariem	P.E.S	Radiologie
57	ZAHLANE Mouna	P.E.S	Médecine interne
58	BENJILALI Laila	P.E.S	Médecine interne
59	NARJIS Youssef	P.E.S	Chirurgie générale
60	RABBANI Khalid	P.E.S	Chirurgie générale
61	HAJJI Ibtissam	P.E.S	Ophtalmologie
62	EL ANSARI Nawal	P.E.S	Endocrinologie et maladies métabolique
63	ABOU EL HASSAN Taoufik	P.E.S	Anesthésie-réanimation
64	SAMLANI Zouhour	P.E.S	Gastro-entérologie
65	LAGHMARI Mehdi	P.E.S	Neurochirurgie
66	ABOUSSAIR Nisrine	P.E.S	Génétique
67	BENCHAMKHA Yassine	P.E.S	Chirurgie réparatrice et plastique
68	CHAFIK Rachid	P.E.S	Traumato-orthopédie

69	MADHAR Si Mohamed	P.E.S	Traumato-orthopédie
70	EL HAOURY Hanane	P.E.S	Traumato-orthopédie
71	ABKARI Imad	P.E.S	Traumato-orthopédie
72	EL BOUIHI Mohamed	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
73	LAKMICHI Mohamed Amine	P.E.S	Urologie
74	AGHOUTANE El Mouhtadi	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
75	HOCAR Ouafa	P.E.S	Dermatologie
76	EL KARIMI Saloua	P.E.S	Cardiologie
77	EL BOUCHTI Imane	P.E.S	Rhumatologie
78	AMRO Lamyae	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
79	ZYANI Mohammad	P.E.S	Médecine interne
80	GHOUNDALE Omar	P.E.S	Urologie
81	QACIF Hassan	P.E.S	Médecine interne
82	BEN DRISS Laila	P.E.S	Cardiologie
83	MOUFID Kamal	P.E.S	Urologie
84	QAMOUSS Youssef	P.E.S	Anesthésie réanimation
85	EL BARNI Rachid	P.E.S	Chirurgie générale
86	KRIET Mohamed	P.E.S	Ophtalmologie
87	BOUCHENTOUF Rachid	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
88	ABOUCHADI Abdeljalil	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
89	BASRAOUI Dounia	P.E.S	Radiologie
90	RAIS Hanane	P.E.S	Anatomie Pathologique
91	BELKHOU Ahlam	P.E.S	Rhumatologie
92	ZAOUI Sanaa	P.E.S	Pharmacologie
93	MSOUGAR Yassine	P.E.S	Chirurgie thoracique
94	EL MGHARI TABIB Ghizlane	P.E.S	Endocrinologie et maladies métaboliques

95	DRAISS Ghizlane	P.E.S	Pédiatrie
96	EL IDRISSE SLITINE Nadia	P.E.S	Pédiatrie
97	RADA Noureddine	P.E.S	Pédiatrie
98	BOURRAHOUE Aïcha	P.E.S	Pédiatrie
99	MOUAFFAK Youssef	P.E.S	Anesthésie-réanimation
100	ZIADI Amra	P.E.S	Anesthésie-réanimation
101	ANIBA Khalid	P.E.S	Neurochirurgie
102	TAZI Mohamed Illias	P.E.S	Hématologie clinique
103	ROCHDI Youssef	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
104	FADILI Wafaa	P.E.S	Néphrologie
105	ADALI Imane	P.E.S	Psychiatrie
106	ZAHLANE Kawtar	P.E.S	Microbiologie- virologie
107	LOUHAB Nisrine	P.E.S	Neurologie
108	HAROU Karam	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
109	BASSIR Ahlam	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
110	BOUKHANNI Lahcen	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
111	FAKHIR Bouchra	P.E.S	Gynécologie-obstétrique
112	BENHIMA Mohamed Amine	P.E.S	Traumatologie-orthopédie
113	HACHIMI Abdelhamid	P.E.S	Réanimation médicale
114	EL KHAYARI Mina	P.E.S	Réanimation médicale
115	AISSAOUI Younes	P.E.S	Anesthésie-réanimation
116	BAIZRI Hicham	P.E.S	Endocrinologie et maladies métaboliques
117	ATMANE El Mehdi	P.E.S	Radiologie
118	EL AMRANI Moulay Driss	P.E.S	Anatomie
119	BELBARAKA Rhizlane	P.E.S	Oncologie médicale
120	ALJ Soumaya	P.E.S	Radiologie

121	OUBAHA Sofia	P.E.S	Physiologie
122	EL HAOUATI Rachid	P.E.S	Chirurgie Cardio-vasculaire
123	BENALI Abdeslam	P.E.S	Psychiatrie
124	MLIHA TOUATI Mohammed	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
125	MARGAD Omar	P.E.S	Traumatologie-orthopédie
126	KADDOURI Said	P.E.S	Médecine interne
127	ZEMRAOUI Nadir	P.E.S	Néphrologie
128	EL KHADER Ahmed	P.E.S	Chirurgie générale
129	LAKOUICHMI Mohammed	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
130	DAROUASSI Youssef	P.E.S	Oto-rhino-laryngologie
131	BENJELLOUN HARZIMI Amine	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
132	FAKHRI Anass	P.E.S	Histologie-embryologie cytogénétique
133	SALAMA Tarik	P.E.S	Chirurgie pédiatrique
134	CHRAA Mohamed	P.E.S	Physiologie
135	ZARROUKI Youssef	P.E.S	Anesthésie-réanimation
136	AIT BATAHAR Salma	P.E.S	Pneumo-phtisiologie
137	ADARMOUCH Latifa	P.E.S	Médecine communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)
138	BELBACHIR Anass	P.E.S	Anatomie pathologique
139	HAZMIRI Fatima Ezzahra	P.E.S	Histologie-embryologie cytogénétique
140	EL KAMOUNI Youssef	P.E.S	Microbiologie-virologie
141	SERGHINI Issam	P.E.S	Anesthésie-réanimation
142	EL MEZOUARI El Mostafa	P.E.S	Parasitologie mycologie
143	ABIR Badreddine	P.E.S	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
144	GHAZI Mirieme	P.E.S	Rhumatologie
145	ZIDANE Moulay Abdelfettah	P.E.S	Chirurgie thoracique

146	LAHKIM Mohammed	P.E.S	Chirurgie générale
147	MOUHSINE Abdelilah	P.E.S	Radiologie
148	TOURABI Khalid	P.E.S	Chirurgie réparatrice et plastique
149	BELHADJ Ayoub	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
150	BOUZERDA Abdelmajid	Pr Ag	Cardiologie
151	ARABI Hafid	Pr Ag	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle
152	ARSALANE Adil	Pr Ag	Chirurgie thoracique
153	NADER Youssef	Pr Ag	Traumatologie-orthopédie
154	SEDDIKI Rachid	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
155	ABDELFETTAH Youness	Pr Ag	Rééducation et réhabilitation fonctionnelle
156	REBAHI Houssam	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
157	BENNAOUI Fatiha	Pr Ag	Pédiatrie
158	ZOUIZRA Zahira	Pr Ag	Chirurgie Cardio-vasculaire
159	SEBBANI Majda	Pr Ag	Médecine Communautaire (Médecine préventive, santé publique et hygiène)
160	ABDOU Abdessamad	Pr Ag	Chirurgie Cardio-vasculaire
161	HAMMOUNE Nabil	Pr Ag	Radiologie
162	ESSADI Ismail	Pr Ag	Oncologie médicale
163	MESSAOUDI Redouane	Pr Ag	Ophthalmologie
164	ALJALIL Abdelfattah	Pr Ag	Oto-rhino-laryngologie
165	LAFFINTI Mahmoud Amine	Pr Ag	Psychiatrie
166	RHARRASSI Issam	Pr Ag	Anatomie-patologique
167	ASSERRAJI Mohammed	Pr Ag	Néphrologie
168	JANAH Hicham	Pr Ag	Pneumo-phtisiologie
169	NASSIM SABAH Taoufik	Pr Ag	Chirurgie réparatrice et plastique
170	ELBAZ Meriem	Pr Ag	Pédiatrie

171	BELGHMAIDI Sarah	Pr Ag	Ophtalmologie
172	FENANE Hicham	Pr Ag	Chirurgie thoracique
173	GEBRATI Lhoucine	Pr Hab	Chimie
174	FDIL Naima	Pr Hab	Chimie de coordination bio-organique
175	LOQMAN Souad	Pr Hab	Microbiologie et toxicologie environnementale
176	BAALLAL Hassan	Pr Ag	Neurochirurgie
177	BELFQUIH Hatim	Pr Ag	Neurochirurgie
178	MILOUDI Mouhcine	Pr Ag	Microbiologie-virologie
179	AKKA Rachid	Pr Ag	Gastro-entérologie
180	BABA Hicham	Pr Ag	Chirurgie générale
181	MAOUJOURD Omar	Pr Ag	Néphrologie
182	SIRBOU Rachid	Pr Ag	Médecine d'urgence et de catastrophe
183	EL FILALI Oualid	Pr Ag	Chirurgie Vasculaire périphérique
184	EL- AKHIRI Mohammed	Pr Ag	Oto-rhino-laryngologie
185	HAJJI Fouad	Pr Ag	Urologie
186	OUMERZOUK Jawad	Pr Ag	Neurologie
187	JALLAL Hamid	Pr Ag	Cardiologie
188	ZBITOU Mohamed Anas	Pr Ag	Cardiologie
189	RAISSI Abderrahim	Pr Ag	Hématologie clinique
190	BELLASRI Salah	Pr Ag	Radiologie
191	DAMI Abdallah	Pr Ag	Médecine Légale
192	AZIZ Zakaria	Pr Ag	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
193	ELOUARDI Youssef	Pr Ag	Anesthésie-réanimation
194	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Pr Ag	Hématologie clinique
195	EL FAKIRI Karima	Pr Ag	Pédiatrie
196	NASSIH Houda	Pr Ag	Pédiatrie

197	LAHMINE Widad	Pr Ag	Pédiatrie
198	BENANTAR Lamia	Pr Ag	Neurochirurgie
199	EL FADLI Mohammed	Pr Ag	Oncologie médicale
200	AIT ERRAMI Adil	Pr Ag	Gastro-entérologie
201	CHETTATI Mariam	Pr Ag	Néphrologie
202	SAYAGH Sanae	Pr Ag	Hématologie
203	BOUTAKIOUTE Badr	Pr Ag	Radiologie
204	CHAHBI Zakaria	Pr Ass	Maladies infectieuses
205	ACHKOUN Abdessalam	Pr Ass	Anatomie
206	DARFAOUI Mouna	Pr Ass	Radiothérapie
207	EL-QADIRY Raby	Pr Ass	Pédiatrie
208	ELJAMILI Mohammed	Pr Ass	Cardiologie
209	HAMRI Asma	Pr Ass	Chirurgie Générale
210	EL HAKKOUNI Awatif	Pr Ass	Parasitologie mycologie
211	ELATIQUI Oumkeltoum	Pr Ass	Chirurgie réparatrice et plastique
212	BENZALIM Meriam	Pr Ass	Radiologie
213	ABOULMAKARIM Siham	Pr Ass	Biochimie
214	LAMRANI HANCHI Asmae	Pr Ass	Microbiologie-virologie
215	HAJHOUI Farouk	Pr Ass	Neurochirurgie
216	EL KHASSOUI Amine	Pr Ass	Chirurgie pédiatrique
217	MEFTAH Azzelarab	Pr Ass	Endocrinologie et maladies métaboliques
218	DOUIREK Fouzia	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
219	BELARBI Marouane	Pr Ass	Néphrologie
220	AMINE Abdellah	Pr Ass	Cardiologie
221	CHETOUI Abdelkhalek	Pr Ass	Cardiologie
222	WARDA Karima	Pr Ass	Microbiologie

223	EL AMIRI My Ahmed	Pr Ass	Chimie de Coordination bio-organique
224	ROUKHSI Redouane	Pr Ass	Radiologie
225	EL GAMRANI Younes	Pr Ass	Gastro-entérologie
226	ARROB Adil	Pr Ass	Chirurgie réparatrice et plastique
227	SALLAHI Hicham	Pr Ass	Traumatologie-orthopédie
228	SBAAI Mohammed	Pr Ass	Parasitologie-mycologie
229	FASSI Fihri Mohamed jawad	Pr Ass	Chirurgie générale
230	BENCHAFAI Ilias	Pr Ass	Oto-rhino-laryngologie
231	EL JADI Hamza	Pr Ass	Endocrinologie et maladies métaboliques
232	SLIOUI Badr	Pr Ass	Radiologie
233	AZAMI Mohamed Amine	Pr Ass	Anatomie pathologique
234	YAHYAOUI Hicham	Pr Ass	Hématologie
235	ABALLA Najoua	Pr Ass	Chirurgie pédiatrique
236	MOUGUI Ahmed	Pr Ass	Rhumatologie
237	SAHRAOUI Houssam Eddine	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
238	AABBASSI Bouchra	Pr Ass	Pédopsychiatrie
239	SBAI Asma	Pr Ass	Informatique
240	HAZIME Raja	Pr Ass	Immunologie
241	CHEGGOUR Mouna	Pr Ass	Biochimie
242	RHEZALI Manal	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
243	ZOUITA Btissam	Pr Ass	Radiologie
244	MOULINE Souhail	Pr Ass	Microbiologie-virologie
245	AZIZI Mounia	Pr Ass	Néphrologie
246	BENYASS Youssef	Pr Ass	Traumato-orthopédie
247	BOUHAMIDI Ahmed	Pr Ass	Dermatologie
248	YANISSE Siham	Pr Ass	Pharmacie galénique

249	DOULHOUSNE Hassan	Pr Ass	Radiologie
250	KHALLIKANE Said	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
251	BENAMEUR Yassir	Pr Ass	Médecine nucléaire
252	ZIRAOUI Oualid	Pr Ass	Chimie thérapeutique
253	IDALENE Malika	Pr Ass	Maladies infectieuses
254	LACHHAB Zineb	Pr Ass	Pharmacognosie
255	ABOUDOURIB Maryem	Pr Ass	Dermatologie
256	AHBALA Tariq	Pr Ass	Chirurgie générale
257	LALAOUI Abdessamad	Pr Ass	Pédiatrie
258	ESSAFTI Meryem	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
259	RACHIDI Hind	Pr Ass	Anatomie pathologique
260	FIKRI Oussama	Pr Ass	Pneumo-phtisiologie
261	EL HAMDAOUI Omar	Pr Ass	Toxicologie
262	EL HAJJAMI Ayoub	Pr Ass	Radiologie
263	BOUMEDIANE El Mehdi	Pr Ass	Traumato-orthopédie
264	RAFI Sana	Pr Ass	Endocrinologie et maladies métaboliques
265	JEBRANE Ilham	Pr Ass	Pharmacologie
266	LAKHDAR Youssef	Pr Ass	Oto-rhino-laryngologie
267	LGHABI Majida	Pr Ass	Médecine du Travail
268	AIT LHAJ El Houssaine	Pr Ass	Ophtalmologie
269	RAMRAOUI Mohammed-Es-said	Pr Ass	Chirurgie générale
270	EL MOUHAFID Faisal	Pr Ass	Chirurgie générale
271	AHMANNA Hussein-choukri	Pr Ass	Radiologie
272	AIT M'BAREK Yassine	Pr Ass	Neurochirurgie
273	ELMASRIOUI Joumana	Pr Ass	Physiologie
274	FOURA Salma	Pr Ass	Chirurgie pédiatrique

275	LASRI Najat	Pr Ass	Hématologie clinique
276	BOUKTIB Youssef	Pr Ass	Radiologie
277	MOUROUTH Hanane	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
278	BOUZID Fatima zahrae	Pr Ass	Génétique
279	MRHAR Soumia	Pr Ass	Pédiatrie
280	QUIDDI Wafa	Pr Ass	Hématologie
281	BEN HOUMICH Taoufik	Pr Ass	Microbiologie-virologie
282	FETOUI Imane	Pr Ass	Pédiatrie
283	FATH EL KHIR Yassine	Pr Ass	Traumato-orthopédie
284	NASSIRI Mohamed	Pr Ass	Traumato-orthopédie
285	AIT-DRISS Wiam	Pr Ass	Maladies infectieuses
286	AIT YAHYA Abdelkarim	Pr Ass	Cardiologie
287	DIANI Abdelwahed	Pr Ass	Radiologie
288	AIT BELAID Wafae	Pr Ass	Chirurgie générale
289	ZTATI Mohamed	Pr Ass	Cardiologie
290	HAMOUCHE Nabil	Pr Ass	Néphrologie
291	ELMARDOULI Mouhcine	Pr Ass	Chirurgie Cardio-vasculaire
292	BENNIS Lamiae	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
293	BENDAOUZ Layla	Pr Ass	Dermatologie
294	HABBAB Adil	Pr Ass	Chirurgie générale
295	CHATAR Achraf	Pr Ass	Urologie
296	OUMGHAR Nezha	Pr Ass	Biophysique
297	HOUMAID Hanane	Pr Ass	Gynécologie-obstétrique
298	YOUSFI Jaouad	Pr Ass	Gériatrie
299	NACIR Oussama	Pr Ass	Gastro-entérologie
300	BABACHEIKH Safia	Pr Ass	Gynécologie-obstétrique

301	ABDOURAFIQ Hasna	Pr Ass	Anatomie
302	TAMOUR Hicham	Pr Ass	Anatomie
303	IRAQI HOUSSAINI Kawtar	Pr Ass	Gynécologie–obstétrique
304	EL FAHIRI Fatima Zahrae	Pr Ass	Psychiatrie
305	BOUKIND Samira	Pr Ass	Anatomie
306	LOUKHNATI Mehdi	Pr Ass	Hématologie clinique
307	ZAHROU Farid	Pr Ass	Neurochirurgie
308	MAAROUFI Fathillah Elkarim	Pr Ass	Chirurgie générale
309	EL MOUSSAOUI Soufiane	Pr Ass	Pédiatrie
310	BARKICHE Samir	Pr Ass	Radiothérapie
311	ABI EL AALA Khalid	Pr Ass	Pédiatrie
312	AFANI Leila	Pr Ass	Oncologie médicale
313	EL MOULOUA Ahmed	Pr Ass	Chirurgie pédiatrique
314	LAGRINE Mariam	Pr Ass	Pédiatrie
315	OULGHOUL Omar	Pr Ass	Oto–rhino–laryngologie
316	AMOCH Abdelaziz	Pr Ass	Urologie
317	ZAHLAN Safaa	Pr Ass	Neurologie
318	EL MAHFOUDI Aziz	Pr Ass	Gynécologie–obstétrique
319	CHEHBOUNI Mohamed	Pr Ass	Oto–rhino–laryngologie
320	LAIRANI Fatima ezzahra	Pr Ass	Gastro–entérologie
321	SAADI Khadija	Pr Ass	Pédiatrie
322	DAFIR Kenza	Pr Ass	Génétique
323	CHERKAOUI RHAZOUANI Oussama	Pr Ass	Neurologie
324	ABAINOU Lahoussaine	Pr Ass	Endocrinologie et maladies métaboliques
325	BENCHANNA Rachid	Pr Ass	Pneumo–phtisiologie
326	TITOU Hicham	Pr Ass	Dermatologie

327	EL GHOUL Naoufal	Pr Ass	Traumato-orthopédie
328	BAHI Mohammed	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
329	RAITEB Mohammed	Pr Ass	Maladies infectieuses
330	DREF Maria	Pr Ass	Anatomie pathologique
331	ENNACIRI Zainab	Pr Ass	Psychiatrie
332	BOUSSAIDANE Mohammed	Pr Ass	Traumato-orthopédie
333	JENDOUCI Omar	Pr Ass	Urologie
334	MANSOURI Maria	Pr Ass	Génétique
335	ERRIFAIY Hayate	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
336	BOUKOUB Naila	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
337	OUACHAOU Jamal	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
338	EL FARGANI Rania	Pr Ass	Maladies infectieuses
339	IJIM Mohamed	Pr Ass	Pneumo-phtisiologie
340	AKANOUR Adil	Pr Ass	Psychiatrie
341	ELHANAFI Fatima Ezzohra	Pr Ass	Pédiatrie
342	MERBOUH Manal	Pr Ass	Anesthésie-réanimation
343	BOUROUMANE Mohamed Rida	Pr Ass	Anatomie
344	IJDDA Sara	Pr Ass	Endocrinologie et maladies métaboliques

LISTE ARRETEE LE 09/01/2024



DEDICACES



A ma chère maman Samira Lahrizi :

Que dire au risque de me répéter. Une vie ne serait pas suffisante pour te remercier, et les plus beaux mots de la littérature ne pourraient exprimer à juste titre tout l'amour, le respect et l'admiration que j'ai pour toi. Tu es mon repère, ma force et mon ultime exemple. Tu es la droiture, tu es la générosité, tu es la femme à qui je dois absolument tout. Je te dédie ce travail qui, grâce à toi, a pu voir le jour. Je te dédie cet humble travail qui concrétise ton rêve le plus cher et qui n'est que le fruit de tes encouragements et de tes prières qui ont été pour moi un grand soutien tout au long de mes études. Je prendrais soin de toi jusqu'à mon dernier souffle et je t'aimerais toujours plus que tout au monde.

A mon cher papa Driss Tijani Modar :

A celui qui m'a aidé à découvrir le savoir, tu as su m'entourer d'attention, m'inculquer les valeurs nobles de la vie, m'apprendre le sens du travail, de l'honnêteté et de la responsabilité. Tu es mon père mais aussi mon repère. Tu es la voix de la sagesse qui me guide dans mes décisions. Je te dois entièrement ma réussite. Je t'offre ce travail, dans lequel tu as participé, en témoignage de mon respect, de mon admiration et de ma reconnaissance envers toi. En ce jour rien ne m'importe plus de voir la fierté dans tes yeux. Que Dieu te protège et t'accorde santé, bonheur et longue vie. Puisse Dieu me couvrir de ta bénédiction et me guider pour que je fasse honneur à ton nom.

A mon grand frère Abdelouadoud

Je t'écris ce message avec les larmes aux yeux tu m'as beaucoup manqué mon frère, mon pilier et mon grand homme. Je t'admire d'être résilient et d'affronter les difficultés avec ton sourire étampé sur le visage, d'être authentique, d'être protecteur avec ceux qui te tiennent à cœur, et surtout d'être mon frère qui m'as toujours tendu la main. Loin des yeux mais tellement proche du cœur, en dépit de la distance qui nous sépare, je te dédie ce travail en espérant te rendre fier. Je te souhaite tout le bonheur du monde. Je t'aime très fort.

A mon petit frère Mido :

Il m'est difficile de résumer en quelques lignes tout ce que je ressens pour toi. Je t'aime énormément et éternellement, je te souhaite un avenir brillant, et je te donne ma parole d'honneur d'être toujours là à tes côtés et de te soutenir en toutes circonstances.

Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver du mal, te combler de santé et de bonheur et te tracer le bon chemin.

A la mémoire de mes chers tata Naïma Lahrizi et oncle Hassan Lahrizi :

Le destin ne m'a pas laissé le temps pour jouir de ce bonheur avec vous, mais je sais que si vous étiez parmi nous, vous auriez été heureux et fier. Que dieu tout puissant vous accorde sa clémence et sa miséricorde.

A ma très chère amie et sœur Fatimaezzahra BZIZ :

Je te remercie d'être toujours présente à mes côtés, tu as toujours été pour moi l'amie, la sœur, la confidente et la conseillère sur qui je peux compter dans le meilleur comme dans le pire.

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour toi. Merci pour ta générosité, ta présence et tes conseils qui m'ont tellement aidé à parcourir tout ce chemin.

En témoignage de l'attachement qui nous unit, je te dédie ce travail. Puisse Dieu te préserver, te procurer le bonheur et la réussite, et t'aider à réaliser tes rêves.

A ma chère amie et sœur Fatima Zahraa Ben El haouare :

En hommage à tous nos bons moments passés ensemble, tellement de souvenir partagés avec toi d'encouragement et de motivation durant toutes mes années d'étude.

Merci d'être à mes cotées, par ta présence, ta droiture et ta sincérité. En témoignage de mon admiration, je te prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et mon sincère attachement. Je te souhaite le meilleur dans la vie.

A ma chère amie et sœur Khaoula Boutraïh :

La médecine m'a offert comme cadeau ta rencontre, je te remercie de m'avoir aidée à plusieurs reprises, et d'avoir partagé mes bonheurs et mes malheurs. A tous nos souvenirs, à tous nos éclats de rire, cette amitié qui nous rassemble est très précieuse et représente une belle histoire d'affection, de respect et de moments inoubliables.

Je te dédie ce travail en espérant que tu y trouveras le témoignage de mes profondes affections.

A mon amie d'enfance Houda Azour :

Tu es pour moi plus qu'une amie. Plus de 20 ans d'amitié, et encore tellement à venir.

Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager au fil des années passées. J'en suis très reconnaissante.

Avec toute mon affection et estime, je te souhaite beaucoup de réussite et de bonheur, autant dans ta vie professionnelle que privée.

A mes chers amis : Rita Tilsaghani, Khaoula Tougari, Mohamed Techa :

J'avais de la chance de vous avoir comme groupe de stage lors de nos passages d'externat.

Vous m'avez toujours soutenus et rassurés par vos encouragements, votre gentillesse et votre sens de l'humour.

Pour toute l'ambiance dont vous m'avez entouré, pour toute votre spontanéité et votre élan chaleureux, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de santé, de bonheur et de réussite.

A ma chère cousine, sœur et amie Nabila :

En hommage à tous les merveilleux moments qu'on a passé ensemble, et à nos bons souvenirs pleins de délires et de fous rires.

Je suis reconnaissante à Dieu de t'avoir mis sur mon chemin, te conférant le statut d'une sœur de cœur depuis mes premiers regards sur le monde. Cette thèse, je te la dédie en hommage de nos années exceptionnelles ensemble et à celles qui suivront inchaallah.

Je te souhaite plein de bonheur et de réussite dans ta vie personnelle et professionnelle.

A la mémoire de mes grands-parents maternels et paternels :

J'aurais aimé passer plus de temps avec vous mais le destin en a décidé autrement.

Je vous dédie ce modeste travail en témoignage de ma reconnaissance pour votre amour, votre éducation et les valeurs transmises de génération en génération.

Que Dieu le tout puissant vous accorde sa miséricorde et vous ouvre les portes de son paradis.

A mes oncles et tantes paternels et maternels, aux membres de toutes les familles : Lahrizi et Tijani Modar :

J'aurais aimé pouvoir citer chacun par son nom. Vous aviez toujours su rendre, les moments les plus difficiles, plus joyeux. J'ai une chance inestimable d'être née dans une famille si aimante et si généreuse.

Pour tous les moments de folies qu'on a passés ensemble, je vous dédie ma chère famille ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite. Sans vous, rien n'aurait été possible.

Merci pour les valeurs que vous m'avez transmises, vos encouragements, votre amour et votre soutien quotidien tout au long de ces années.

Merci de m'avoir toujours écouté, conseillé et d'avoir cru en moi.

A mes chers cousins : Zineb, Meryem, Ziad, Walid, Hajar, Mokhtar, Bouchra, Yassir, Soukayna, Raja, Aymen, kenza ... :

A ceux qu'ont comblé mon enfance de joie et de bonheur, je vous dédie ce travail en témoignage de mon affection et mon amour pour vous et en hommage à tous les bons moments que nous avons passé ensemble.

Je souhaite à chacun d'entre vous une vie pleine de bonheur et de succès.

Ces Belles Ames Que l'internat m'a permis de mieux connaître : Wissal SOUHAIL, Chaïma ABOULABROUD, Hajar BAALI, Hiba SAADAOUI, Fatima Ezzahra EL BADAOUI:

À peine 2 ans depuis notre première rencontre, pourtant j'ai l'impression de vous avoir toujours connu. Votre grain de folie crée le juste équilibre dans l'espace que nous occupons. Restez égal à vous-même et gardez votre rage de réussir. Que notre amitié reste éternelle.

A ma deuxième famille, la 21-ème promotion des médecins internes de Marrakech :

Ce fut un réel plaisir de partager l'expérience d'internat avec vous, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et ma fierté d'appartenir à cette famille. Nous avons vécu des moments inoubliables. Nous avons grandi ensemble. Nous avons partagé tout ce qu'une famille peut compatir avec toutes nos différences.

En hommage à tous ces bons moments partagés ensemble, nos innombrables gardes aux urgences, ces nuits blanches interminables, ces événements inoubliables... je vous remercie du fond du cœur pour tous les souvenirs précieux que nous avons créés ensemble. Je vous dédie ce travail comme témoignage de mon amour et ma reconnaissance.

Une dédicace spéciale a Docteur Houda El Madkouri :

*Je vous remercie énormément pour l'aide précieuse et incomparable que vous m'avez prodiguée pour la réalisation de ce travail.
Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

A tous ceux qui me sont chers et que j'ai involontairement omis de citer. A tous mes enseignants tout au long de mes études. A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. A tous ceux qui ont cette pénible tâche de soulager les gens et diminuer leurs souffrances.



REMERCIEMENT



*A notre maître et rapporteur de thèse Monsieur DAROUASSI Youssef
professeur d'enseignement supérieur et chef du service d'oto-rhino-laryngologie
de l'Hôpital Militaire Avicenne de Marrakech :*

*Permettez-moi de vous remercier pour la bienveillance et la gentillesse avec
lesquelles vous avez dirigé ce travail. Vous avez toujours été à l'écoute et d'une
disponibilité irréprochable.*

Travailler sous votre direction était un réel honneur.

*Vos qualités humaines, scientifiques et pédagogiques m'inspirent beaucoup
d'admiration et de respect.*

*Vous trouverez dans ce travail le témoignage de ma gratitude et ma
reconnaissance infinies.*

*A notre maître et président de jury Monsieur ABOUCHADI Abdeljalil
Professeur d'enseignement supérieur et chef de service de stomatologie et
chirurgie maxillo-faciale de l'Hôpital Militaire Avicenne de Marrakech :*

*Je suis infiniment reconnaissante de l'honneur que vous m'avez fait en
acceptant d'être président de thèse.*

*Votre engagement et votre expertise incontestable sont une source d'inspiration
pour nous tous.*

*Veillez trouver dans ce travail, cher maître, l'expression de mon estime et ma
considération.*

A notre maître et juge de thèse professeur BELFQUIH Hakim Professeur de Neurochirurgie à l'Hôpital Militaire Avicenne de Marrakech :

Je vous remercie vivement pour l'honneur que vous me faite en acceptant de siéger parmi notre jury, ainsi que pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail en acceptant de le juger. Cet honneur me touche énormément. Permettez-moi, chère maître, de vous présenter à travers ce travail le témoignage de mon grand respect et l'expression de ma profonde reconnaissance.

A notre maître et juge de thèse professeur HAMMOUNE Nabil professeur de Radiologie à l'Hôpital Militaire Avicenne de Marrakech :

Je vous remercie du grand honneur que vous m'avez fait en acceptant aimablement de faire part de ce jury. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour votre bienveillance et votre soutien ainsi que tout le personnel du service de radiologie. Veuillez trouver ici, chère Maître, le témoignage de ma grande estime et de ma sincère reconnaissance.

A notre maître et juge de thèse professeur EL AMRANI Moulay Driss professeur d'Anatomie et de Chirurgie Plastique et Esthétique au CHU MOHAMMED VI DE Marrakech :

Je vous remercie d'avoir répondu à mon souhait de vous voir siéger parmi nos membres de jury. En acceptant d'évaluer mon travail, vous m'accordez un très grand honneur. Veuillez accepter l'expression de mes considérations les plus distinguées.



ABBREVIATIONS



Liste des abréviations

- ACI** : artère carotide interne.
- TDM** : tomodensitométrie.
- IRM** : imagerie par résonance magnétique.
- PDC** : produit de contraste.
- AVC** : accident vasculaire cérébrale.
- IDM** : infarctus de myocarde.
- UH** : unité de Hounsfield.
- PTA** : artère trigéminale persistante.
- ACA** : artère cérébrale antérieure.
- ACM** : artère cérébrale moyenne.
- ACOM** : artère communicante antérieure.
- PCOM** : artère communicante postérieure



PLAN



INTRODUCTION	1
MATERIELS ET METHODES	4
I. Matériels :	5
1. Type d'étude :	5
2. Lieu et durée d'étude :	5
3. Critères d'inclusion :	5
4. Critères de non inclusion :	5
5. Critères d'exclusion :	6
6. Objectif de l'étude :	6
II. Méthodes :	6
1. Moyen de collecte de données :	6
2. Méthodes et machine utilisées :	6
3. Technique de réalisation :	7
4. Paramètres étudiés :	7
5. Recueil des données :	8
6. Considérations éthiques :	8
RESULTATS	9
I. Etude descriptive :	10
1. Age :	10
2. Sexe :	11
3. Motif de consultation :	12
II. Etude analytique :	13
1. Diamètre de l'artère carotide interne :	13
2. Longueur carotidienne :	14
3. Angles de l'artère carotide interne :	15
4. Classification de l'artère carotide interne :	16
5. Distance avec l'hypophyse :	17
6. Distance inter carotidienne :	18
7. Anastomoses carotido-basilaire :	19
8. Agénésie de l'artère carotide interne :	19
ICONOGRAPHIE	20
RAPPEL ANATOMIQUE	23
I. La base du crâne :	24
II. L'artère carotide interne :	28
1. Direction :	28
2. Rapports :	29
3. Terminaison :	31
4. Segmentation de l'artère carotide interne :	31
5. Parois :	47
III. Rappel embryologique :	48
IV. Anatomie radiologique :	48

DISCUSSION	51
I. L'intérêt de l'étude de l'anatomie d l'artère carotide interne :.....	52
1. Généralité :.....	52
2. Historique :.....	53
II. L'intérêt de l'étude des variations anatomique de l'artère carotide interne.....	54
III. Age moyen :.....	55
IV. Motif de consultation :.....	56
V. L'hémodynamique de l'artère carotide interne :.....	56
VI. L'apport de l'angioscanner dans l'étude des variations anatomique de l'artère carotide interne :.....	57
VII. Diamètre de l'artère carotide interne :.....	58
VIII. Les variations anatomiques de l'artère carotide interne dans les approches endoscopique endonasales :.....	61
IX. Les anastomoses carotido-vertébrobasilaires :.....	67
X. L'agénésie de l'artère carotide interne :.....	70
XI. Limites de l'étude :.....	72
 CONCLUSION	 73
 ANNEXES	 76
 RESUMES	 83
 BIBLIOGRAPHIE	 86



INTRODUCTION



L'anatomie de l'artère carotide interne (ACI) a fait l'objet de différents systèmes de nomenclature. Suite à l'introduction de la première classification par E. Fischer , les auteurs ont disséqué l'ACI en une nomenclature plus précise à des fins cliniques, de recherche et neuroanatomiques. De plus, avec l'avènement des techniques de neuroendoscopie pour traiter les pathologies complexes de la base du crâne, une attention particulière a été portée à la capacité à améliorer la performance opératoire, réduire les complications chirurgicales et faciliter la communication interdisciplinaire (2).

Les lésions de l'ACI sont parmi les complications les plus désastreuses qui peuvent survenir lors d'une chirurgie trans-sphénoïdale de la base du crâne. Une lésion de l'ACI peut entraîner le décès sur table, la formation d'un pseudo anévrisme ou d'un anévrisme mycotique postopératoire, un vasospasme, une occlusion vasculaire ou une fistule carotido-caverneuse. Le taux de lésion de l'ACI par des chirurgiens novices varie de 0,4 % à 1,4 %, mais des taux de lésion du segment para sellaire de l'ACI ont été signalés aussi élevés que 3,8 %. Pour éviter cette complication, une connaissance approfondie de l'anatomie de l'ACI est obligatoire (3).

Pour garantir la sécurité de ces approches chirurgicales et endoscopiques, il est essentiel de comprendre de manière fondamentale et pratique l'anatomie de l'ACI, à la fois normale et ses variations, cela permet d'optimiser l'étendue de la résection et la sécurité de l'approche chirurgicale.

Une étude minutieuse par l'imagerie préopératoire de l'anatomie de l'ACI ainsi que ses rapports avec les éléments de voisinage est impérative dans l'évaluation de toute lésion de la base du crâne à aborder chirurgicalement (4).

Au cours des dix dernières années, l'angi scanner est devenu un examen de première intention pour l'étude de la vascularisation artérielle cervicale et intracérébrale (5). Il fournit des images angiographiques de haute qualité ainsi que des informations sur les structures anatomiques environnantes. Il est également très utile pour la cartographie de l'arbre artériel dans le cas d'intervention endovasculaire ou chirurgicale de la base du crâne.

Les variations anatomiques de l'ACI intracrânienne sont des découvertes fortuites fréquentes dans le cadre du bilan préopératoire. Bien que la plupart de ces variations aient une importance clinique mineure, certaines peuvent jouer un rôle clinique et surtout interventionnel significatif et leur reconnaissance est importante pour la planification thérapeutique (6).

Nous avons entrepris cette étude dans le but d'évaluer la place de l'angioscanner cérébral dans l'étude des variations anatomiques de l'ACI intracrânienne et d'analyser ses implications chirurgicales.



MATERIELS
ET
METHODES



I. Matériels :

1. Type d'étude :

Il s'agit d'une étude clinique de type prospective, descriptive et analytique.

2. Lieu et durée d'étude :

Notre étude a été réalisée au sein de l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech, en collaboration entre le service d'ORL, de neurochirurgie et de radiologie.

La durée de l'étude s'est prolongée du 01 mai 2023 au 01 janvier 2024 sur une série de 10 cas avec un total de 20 imageries scanographiques de l'ACI.

Les dossiers étudiés ont été colligés au service de radiologie de l'hôpital Militaire Avicenne de Marrakech.

3. Critères d'inclusion :

Dans cette étude, nous avons inclus les patients ayant bénéficiés d'un angioscanner cérébral et des troncs supra aortique.

4. Critères de non inclusion :

Patients ayant une contre-indication à l'angioscanner et/ou à l'injection du produit de contraste (PDC) iodé :

- Femme enceinte.
- Patients allergiques au PDC.
- Insuffisance rénale évoluée.

5. Critères d'exclusion :

Patients ayant déjà subi une chirurgie de la région.

Patients dont les données radiologiques étaient incomplètes.

6. Objectif de l'étude :

- Evaluer l'apport de l'angioscanner dans l'étude des variations anatomiques de l'ACI et analyser ses implications chirurgicales.

II. Méthodes :

1. Moyens de collecte de données :

Les données ont été recueillies à partir d'une fiche d'exploitation (voir annexes).

2. Méthodes et machine utilisées :

Tous les patients ont bénéficié d'une tomodensitométrie. L'appareil utilisé était de la marque « SIEMENS »



Figure 1 : Tomodensitomètre de la marque "SIEMENS" du service de radiologie de l'hôpital militaire Avicenne.

3. Technique de réalisation :

- ❖ Paramètres: coupes millimétriques 1 mm (0.6à102mm) afin de favoriser la résolution spatiale indispensable à l'obtention de reconstructions multi planaire (MPR) de qualité.
- ❖ Produit de contraste : injection de 100ml de PDC 2cc/kg + bolus de sérum physiologique 30cc automatique avec un débit à débit de 3-5cc/s généralement 4ml/s.
- ❖ Technique d'acquisition : déclenchement automatique de l'acquisition : détection de bolus=bolus tracking ->logiciel de détection automatique du bolus -> region of interest « ROI » placé sur la crosse de l'aorte et réglé à 150UH.

4. Paramètres étudiés :

A travers cette étude nous avons traité un ensemble de paramètres concernant principalement l'aspect radiologique de l'ACI ainsi que ses rapports avec quelques structures anatomiques de voisinage.

Les variables étudiées étaient :

- ❖ L'Age.
- ❖ Le sexe.
- ❖ L'indication de l'angioscanner.
- ❖ Le diamètre de l'ACI droite et gauche.
- ❖ La longueur de l'ACI droite et gauche.
- ❖ Les angles qui forment les différents segments de l'ACI.
- ❖ La distance de l'ACI droite et gauche avec l'hypophyse.
- ❖ La distance inter carotidienne.
- ❖ Les anastomoses carotido-basilaires.
- ❖ L'agénésie éventuelle de l'ACI.

5. Recueil des données :

Tous les dossiers radiologiques ont été relus par des radiologues seniors afin de décrire l'anatomie radiologique de l'ACI ainsi que ses variations et ses rapports avec les structures anatomiques de voisinage.

La lecture des dossiers a été faite sur le logiciel Singovia et la saisie des données sur Microsoft Word et Excel 2021.

6. Considérations éthiques :

Le recueil des données a été effectué avec le respect de l'anonymat des patients et de la confidentialité des informations.



RESULTATS



I. Etude descriptive :

1. Age :

L'âge moyen de nos patients était de 67,8 ans avec un minimum de 38 ans et un maximum de 80 ans.

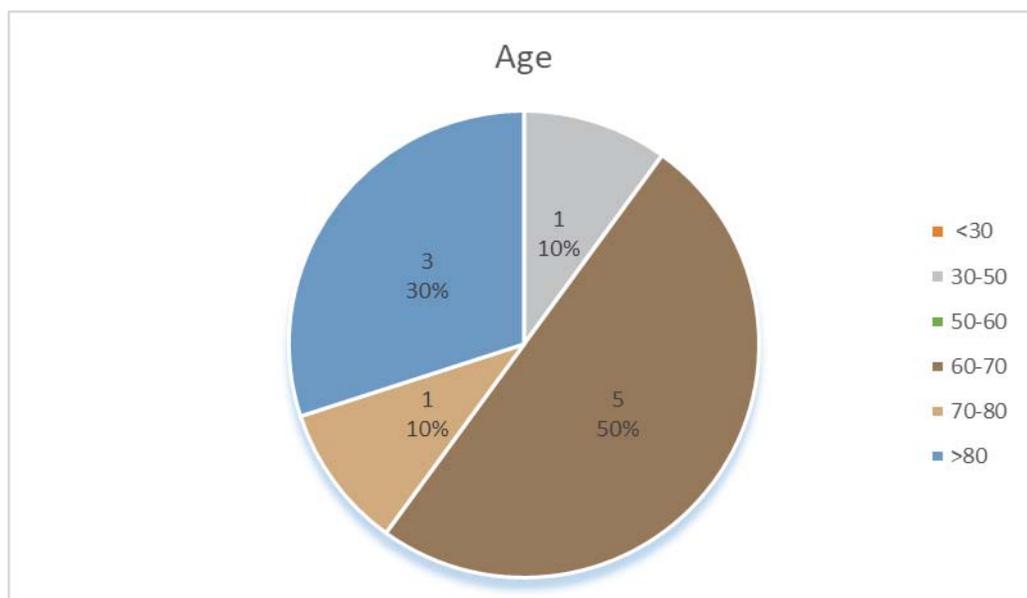


Figure 2: Répartition des patients selon l'âge.

2. Sexe

Le sexe masculin a prédominé avec un pourcentage de 80% soit 8 patients alors que le sexe féminin était de l'ordre de 20% soit 2 patientes.

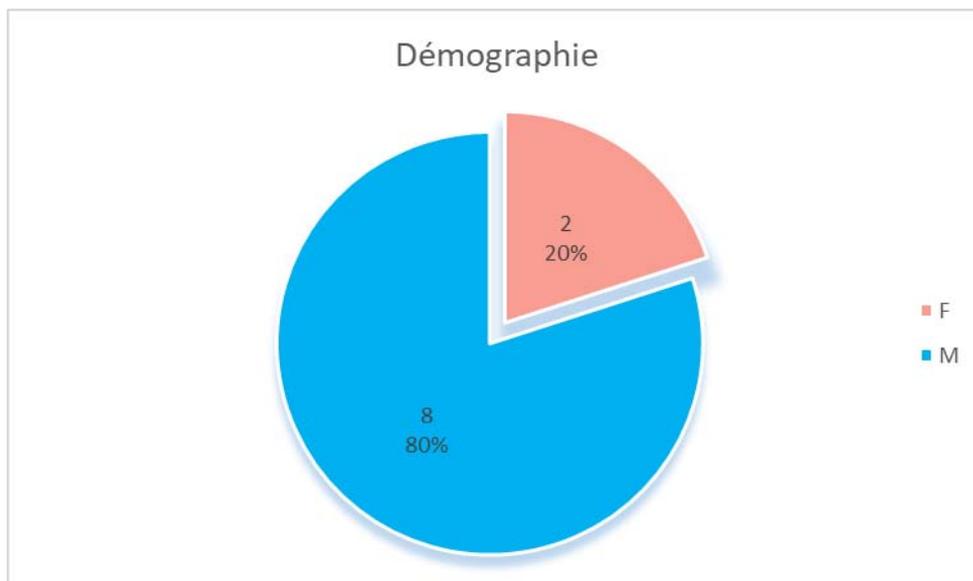


Figure 3: Répartition des patients selon le sexe.

3. Indication de l'imagerie :

L'indication la plus fréquente pour réaliser un angioscanner cérébral était l'accident vasculaire cérébrale ischémique (AVCI) avec un pourcentage de 40% soit 4 cas suivie de l'infarctus de myocarde (IDM) avec 20% des cas soit 2 cas.

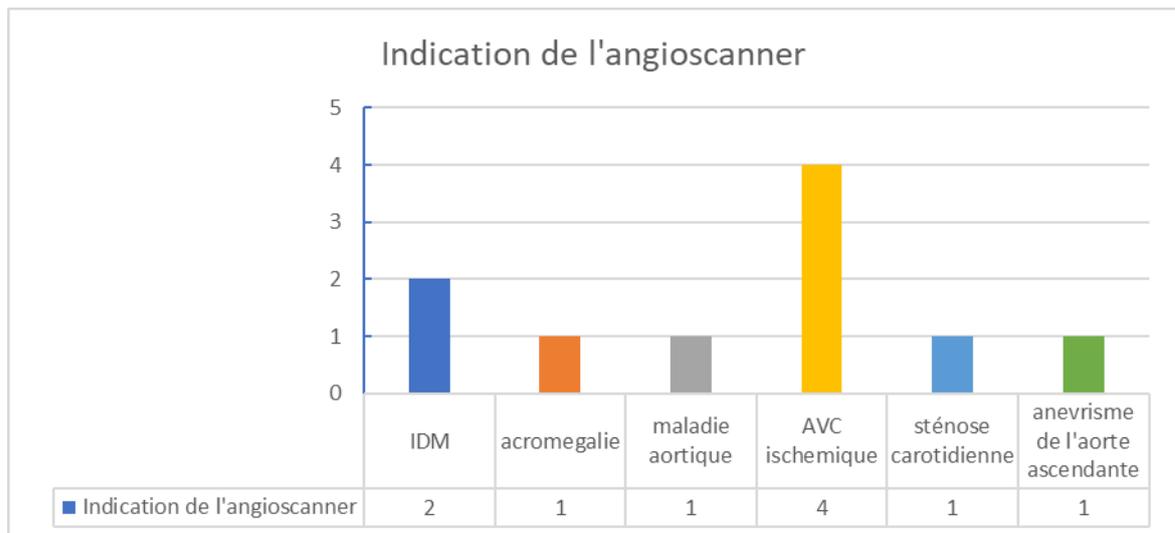


Figure 4: Répartition des patients selon l'indication de l'angioscanner.

II. Etude analytique :

1. Diamètre de l'artère carotide interne :

Dans notre étude, le diamètre cervical moyen de l'ACI droite et gauche était respectivement $4,96 \pm 0,82$ et $4,77 \pm 0,73$ ($p=0,22$), Au niveau intracrânien il était de $4,18 \pm 0,54$ et $4,06 \pm 0,54$ ($p=0,28$), finalement au niveau du segment communiquant il était de $3,25 \pm 0,44$ et $3,13 \pm 0,30$ ($p=0,22$). Nous n'avons pas trouvé de différence significative entre le diamètre de la carotide droite et gauche ($P>0.05$).

L'écart du diamètre entre l'ACI droite et gauche en moyenne était de $0.19\text{mm} \pm 0.7$.

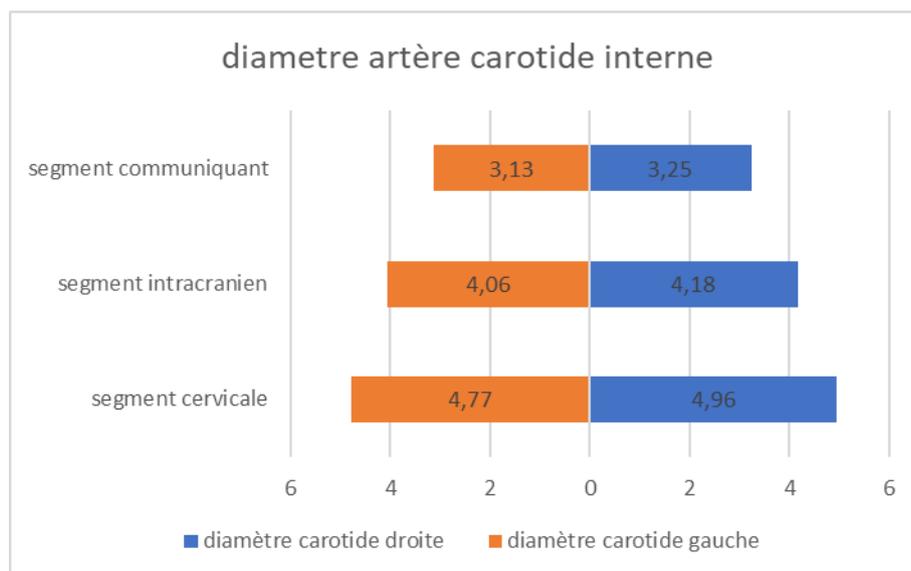


Figure 5: Diamètre moyen de chaque segment de l'ACI droite et gauche.

2. Longueur carotidienne :

La différence de longueur de l'ACI droite et gauche était statistiquement significative au niveau cervical qui était respectivement de $83,1\text{mm} \pm 6,53$ et de $77,2\text{mm} \pm 7,62$ ($p= 0.02$) alors qu'au niveau intracrânien elle était non significative avec une longueur droite et gauche respective de $57,44 \pm 18,3$ et $64,2 \pm 4,66$ ($p=0,12$).

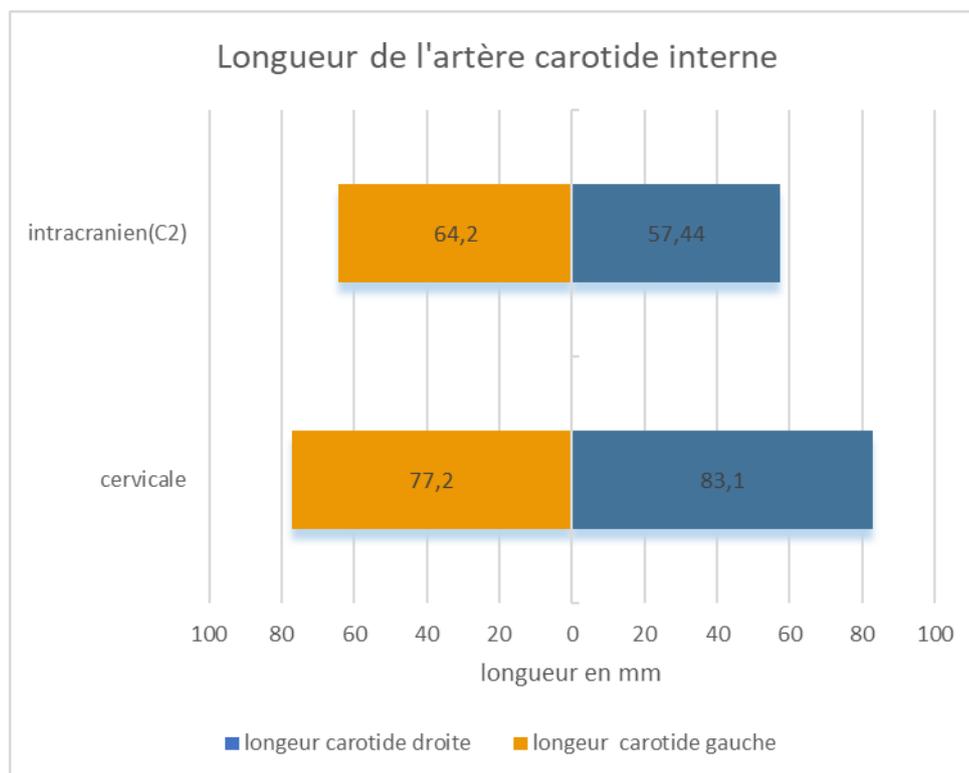


Figure 6: Longueur de chaque segment de l'ACI droite et gauche.

3. Angles de l'artère carotide interne :

L'analyse de l'angle moyen de chaque segment de l'ACI droite et gauche a montré un angle, statistiquement significative, plus aigüe à droite par rapport à la gauche au niveau des segments carotidiens C2–C3 avec un angle moyen de $66.4^{\circ} \pm 5,94$ à droite et de $73^{\circ} \pm 7,52$ à gauche ($P=0.01$).

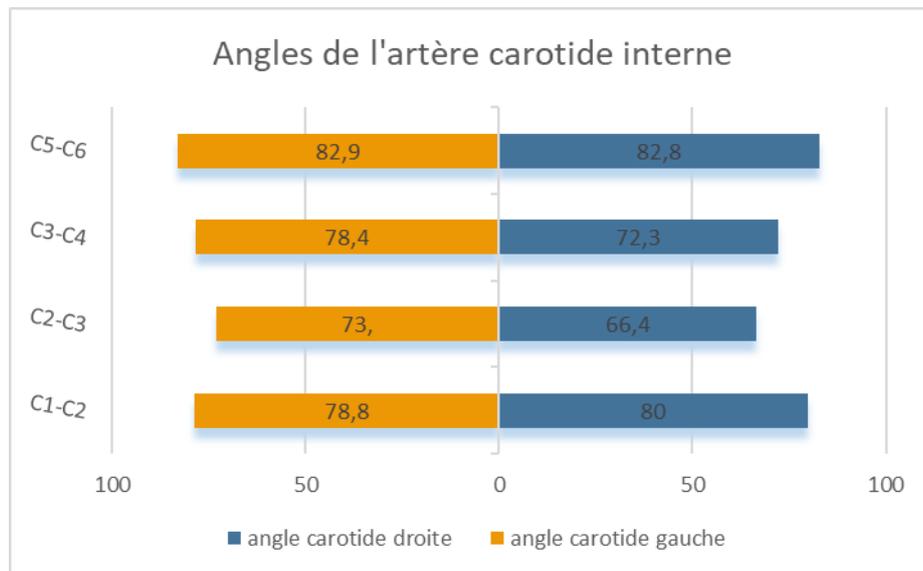


Figure 7: Angle moyen de chaque segment de l'ACI droite et gauche.

4. Classification de l'artère carotide interne :

Dans notre série, le type 2 et 4 ont prédominé avec un pourcentage de 40% chacun contrairement à 2 patients seulement qui présentaient une ACI de type 1 soit 20% de notre série d'étude. Alors que le type 3 n'a été retrouvé chez aucun patient de notre série.

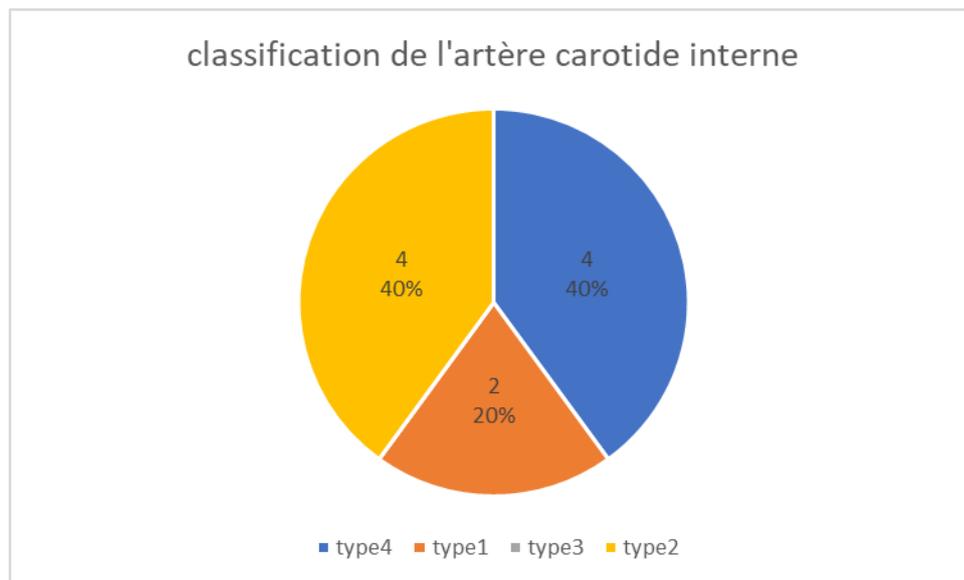


Figure 8: Classification de l'ACI.

5. Distance de l'hypophyse :

Dans notre série, la distance moyenne de l'ACI intracrânienne droite et gauche de l'hypophyse était respectivement de $4,96\text{mm} \pm 1.75$ et $5.15\text{mm} \pm 1.53$ ($p > 0.05$).

Nous n'avons constaté aucune différence statistiquement significative entre la distance de l'ACI droite et gauche avec l'hypophyse.

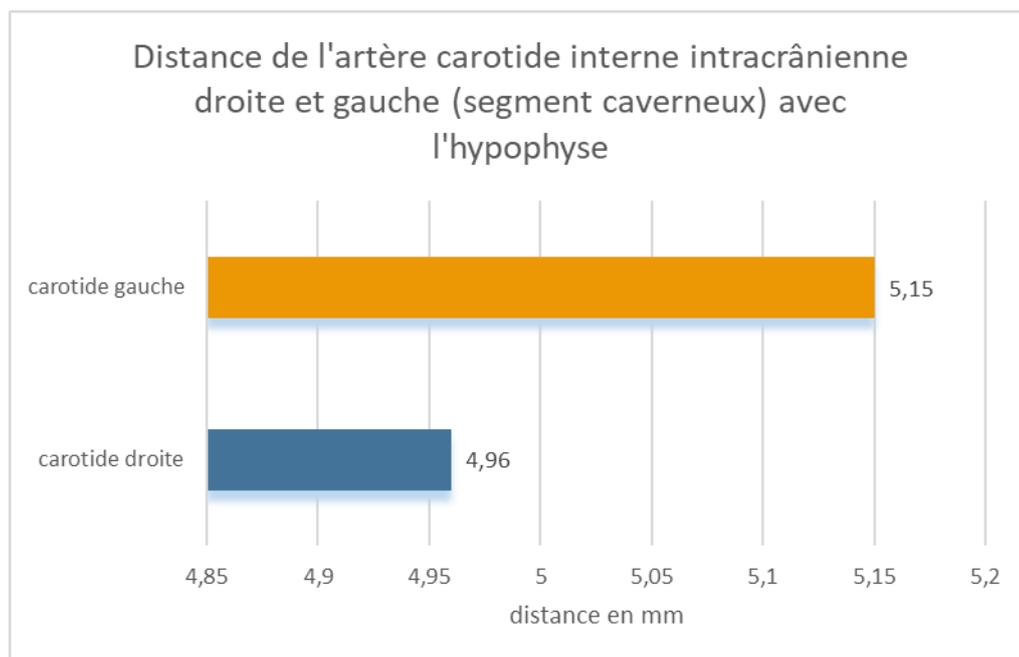


Figure 9: Distance de l'ACI dans sa portion caverneuse avec l'hypophyse.

6. Distance inter carotidienne :

Dans notre étude, la distance moyenne entre la carotide droite et gauche au niveau cervicale était de $42.6\text{mm} \pm 6.13$ et au niveau intracrânien était de 13.38 ± 2.12 .

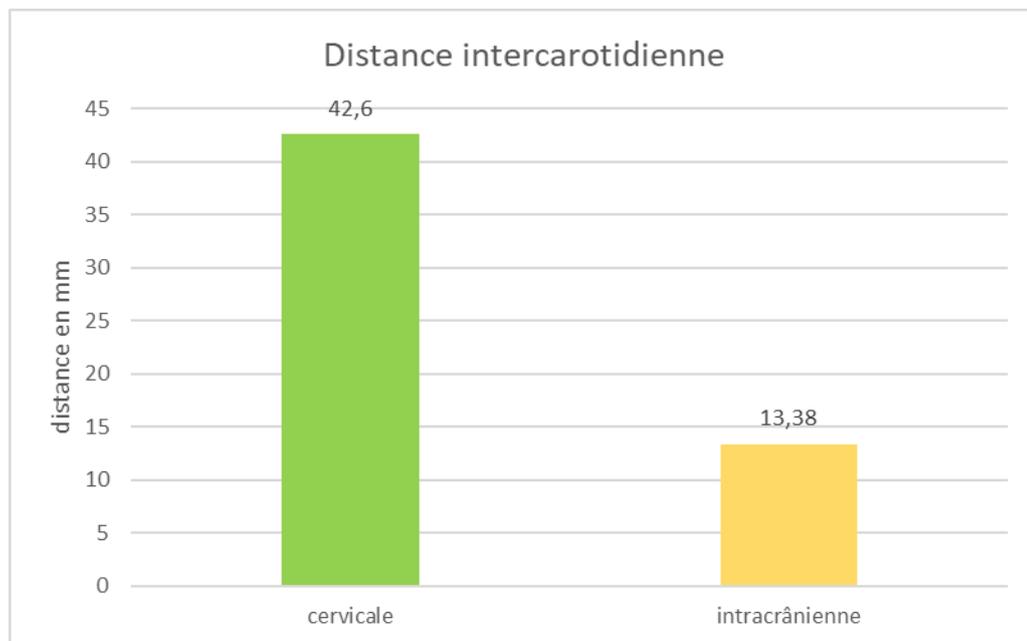


Figure 10: Distance inter-carotidienne.

7. Anastomoses carotido-basilaire :

Parmi nos patients, aucun n'a présenté d'anastomose carotido-basilaire.

Tableau I: Anastomoses carotido basilaire.

	Trigéminal	Artère hypoglosse	Artère proatlantale	Artère otique	Pas d'anastomose
Anastomoses carotido-basilaire	0	0	0	0	20

8. Agénésie de l'artère carotide interne :

Aucun de nos patients n'a présenté d'agénésie de l'ACI.

Tableau II: Agénésie de l'ACI.

	Carotide interne droite	Carotide interne gauche	Bilatérale	Pas d'agénésie
Type d'agénésie	0	0	0	20



ICONOGRAPHIE





Figure 11: Image d'angiostScanner illustrant le trajet de l'ACI (prise au service de radiologie de l'hôpital militaire Avicenne).



Figure 12

(à gauche) : Reconstruction scanographique montrant le trajet de l'ACI (prise au service de radiologie de l'hôpital militaire Avicenne).

(à droite) : Reconstruction scanographique 3D de ACI (prise au service de radiologie de l'hôpital militaire Avicenne).



*RAPPEL
ANATOMIQUE*



I. La base du crâne :

La base du crâne est divisée en trois étages, d'avant en arrière (7):

- ❖ L'étage antérieur : éthmoïdo-frontal.
- ❖ L'étage moyen : sphéno-temporal, de part et d'autre de la selle turcique.
- ❖ L'étage postérieur : occipito-temporal, le plus profond.

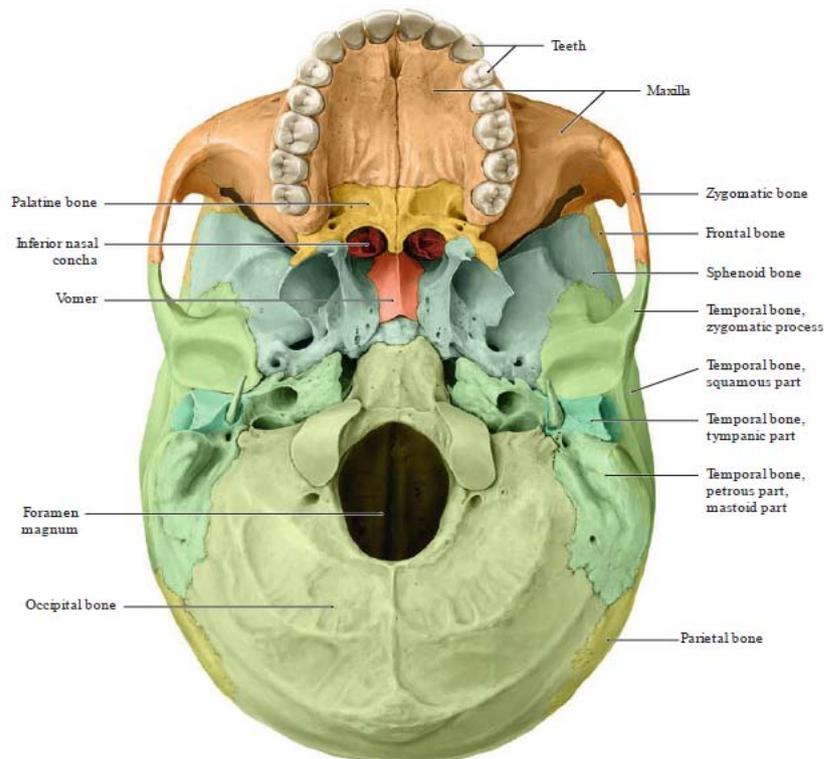


Figure 13: Vue inférieure de la base du crâne (7).

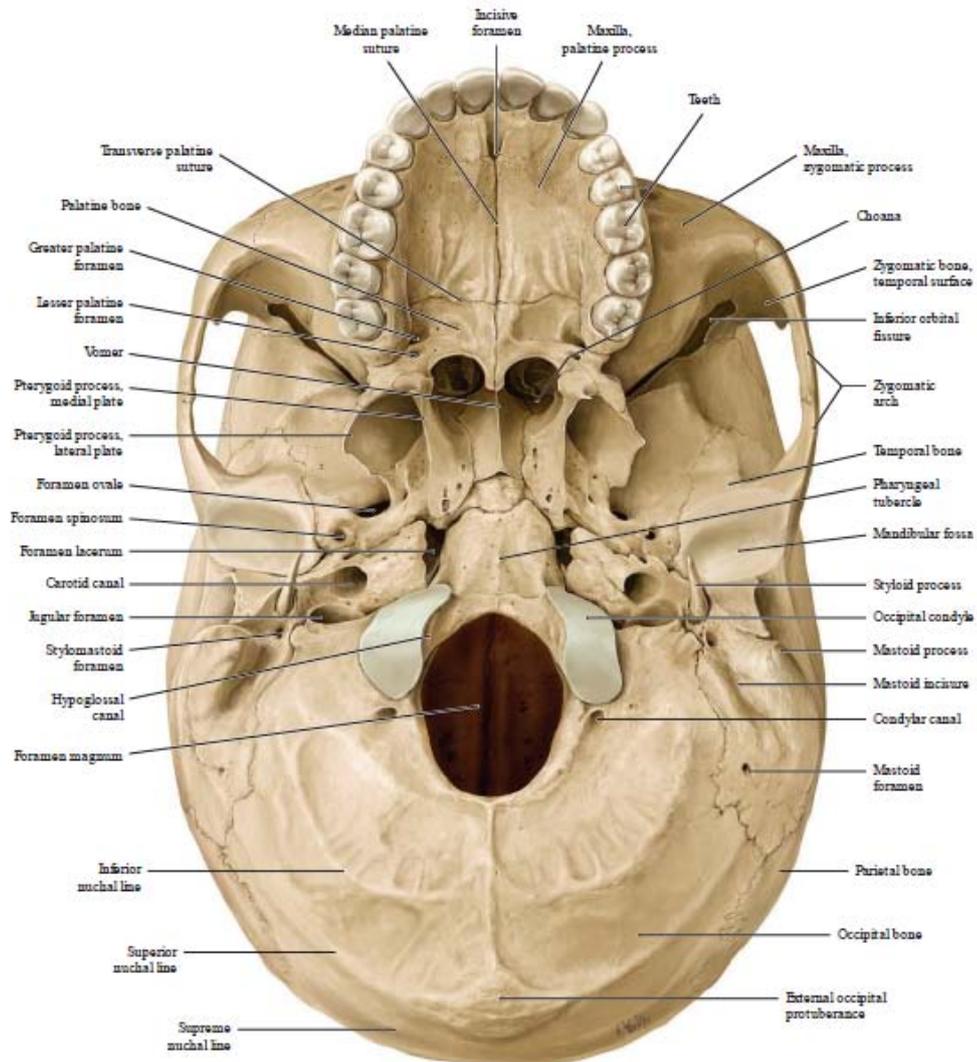


Figure 14: Vue inférieure caractérisant les principaux foramens nerveux et vasculaire (7).

L'étage antérieur est formé de trois os : éthmoïdal, frontal et sphénoïdal. Il est limité en avant par le plan de séparation de la voûte et de la base, en arrière par le limbus et les petites ailes du sphénoïde de chaque côté. Il présente d'avant en arrière :

- ❖ Sur la ligne médiane : Le trou borgne, l'apophyse de cristagalli (lieu d'insertion de la faux du cerveau), la lame criblée de l'éthmoïde, le jugum sphénoïdal et le limbus sphénoïdal (crête tendue entre les deux trous optiques) (7).
- ❖ Latéralement : les toits orbitaires et les petites ailes du sphénoïde.

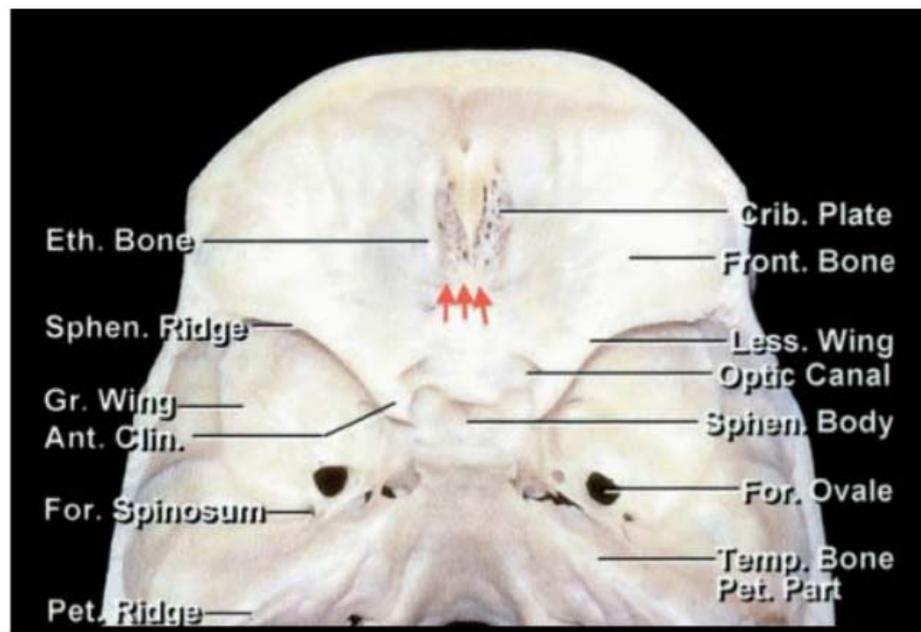


Figure 15: Vue supérieure montrant les différents constituants de l'étage antérieur de la base du crane. Eth. Bone : os ethmoïdal, Sphen. Ridge : arête sphénoïdale, Gr. wing : grande aile du sphénoïde, Ant. Clin. : processus clinioïde antérieur, For. Spinosum : Trou petit rond, Pet. Ridge : Crête pétreuse, Crib. Plate : lame criblée de l'éthmoïde, Front. Bone : Os frontal, Less. Wing : Petite aile du sphénoïde, Optic canal : canal optique, Sphenoïdal body : Corps du sphénoïde, For. Ovale : Foramen oval, Temp. Bone ; Os temporal.

Les rapports de cette région sont riches et variés et se font essentiellement avec :

- ❖ Le lobe frontal du cerveau : du côté médial, l'étage antérieur est en rapport avec les circonvolutions orbitaires internes ou gyri recti, et du côté latéral avec les circonvolutions orbitaires moyennes et externes ou orbital gyri. Dans sa partie postérieure, l'étage antérieur se continue avec la selle turcique qui loge l'hypophyse et la tige pituitaire en arrière du chiasma optique(7).
- ❖ Les voies olfactives : Dans la partie antérieure de cet étage, la lame criblée de l'éthmoïde livre passage aux filets olfactifs en provenance de la muqueuse nasale qui se rejoignent entre eux pour former le bulbe olfactif. Ces derniers reposent sur la face orbitaire des lobes frontaux. Au bulbe fait suite les bandelettes olfactives, obliques en arrière et en dehors, elles cheminent entre l'étage antérieur de la base du crâne et le

lobe frontal(7). Arrivées à hauteur de l'espace perforé antérieur elles se divisent en trois racines : latérale, médiale et moyenne. L'ensemble forme le nerf olfactif.

- ❖ Les voies optiques : Le canal optique, creusé dans l'os sphénoïde, livre passage au nerf optique et l'artère ophtalmique en direction de l'orbite. Le nerf optique émet des branches lacrymales, frontales et naso-ciliaires à l'entrée du canal optique. Ils ont un trajet en arrière et en dedans, s'aplatissent dans le mur du sinus caverneux, poursuivent leur chemin et s'unissent médialement pour former le chiasma optique qui repose sur le diaphragme sellaire et constitue un rapport nerveux postérieur de l'étage antérieur(7).
- ❖ Les rapports vasculaires artériels : Ils correspondent au segment antérieur du polygone de Willis plus exactement à l'artère cérébrale antérieure et la communicante antérieure(7).

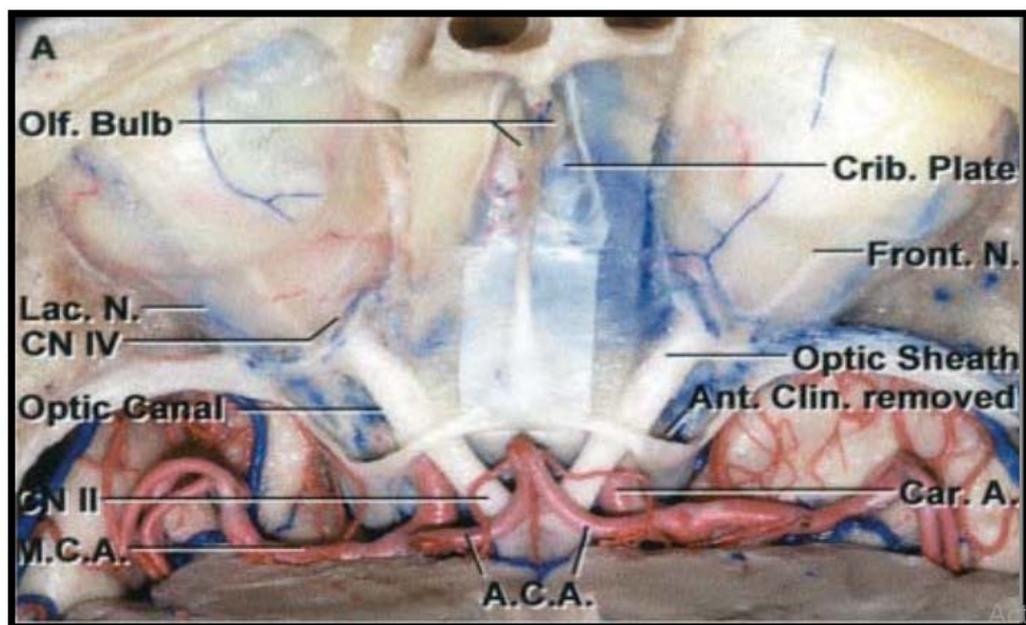


Figure 16: Vue supérieure de l'étage antérieur montrant les rapports vasculo-nerveux ACA : artère cérébrale antérieure, Car A : ACI, Optic canal : canal optique, Optic sheath : gaine du nerf optique, Crib plate : lame criblée de l'ethmoïde, Olf bulbe : bulbe olfactif, CN II : nerf optique, CN IV : nerf trochléaire, Front N : nerf frontal, Lac N : nerf lacrymal, l'apophyse clinioïde antérieure a été retirée (7)

II. L'artère carotide interne :

L'ACI s'étend de la bifurcation de la carotide commune jusqu'à la base du crâne, où elle se termine à côté du nerf optique. Elle est d'abord située dans le cou, elle traverse ensuite de bas en haut l'espace maxillo-pharyngien, puis le canal carotidien et le sinus caverneux, pour déboucher enfin dans la cavité crânienne (8).

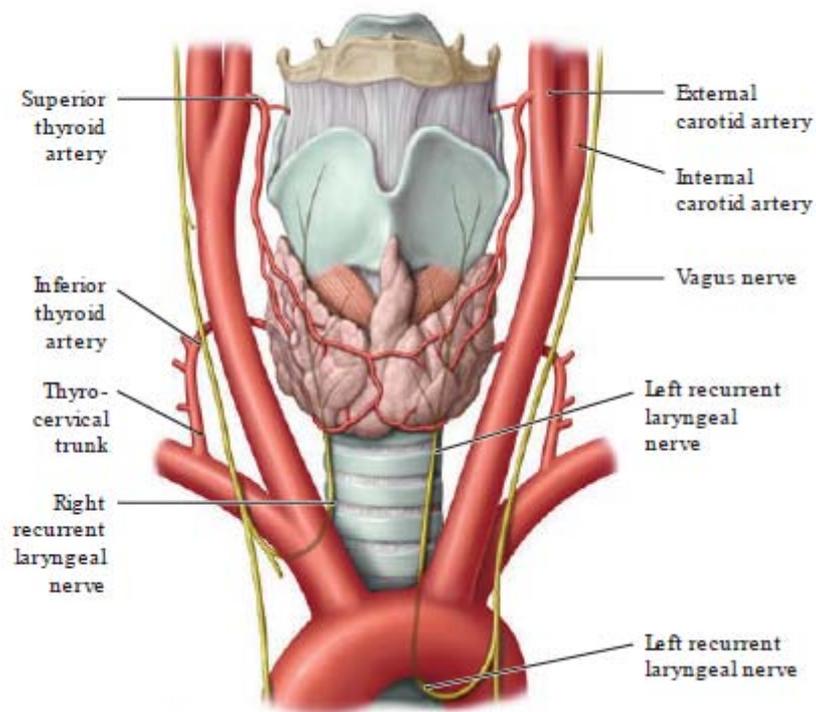


Figure 17 : Vue antérieur du cou (7).

1. Direction :

L'ACI s'oriente en haut et en dedans, après avoir effectué un trajet vertical de 1 à 2 cm. Arrivée dans l'espace latéro-pharyngien, elle suit d'abord un trajet vertical jusqu'au niveau de la masse latérale de l'atlas, puis adopte une direction oblique en haut et en arrière(8).

Enfin, au voisinage du trou carotidien, elle monte verticalement. L'artère parcourt le canal carotidien et le sinus caverneux en épousant ses sinuosités.

Elle décrit dans le sinus caverneux, une première courbe orientée vers l'avant, puis une deuxième qui redresse son orientation. Après ce parcours, elle forme une courbe vers l'avant suivie d'une autre vers l'arrière. Cet ensemble, décrit par Egas Moniz, est appelé le siphon carotidien(8).

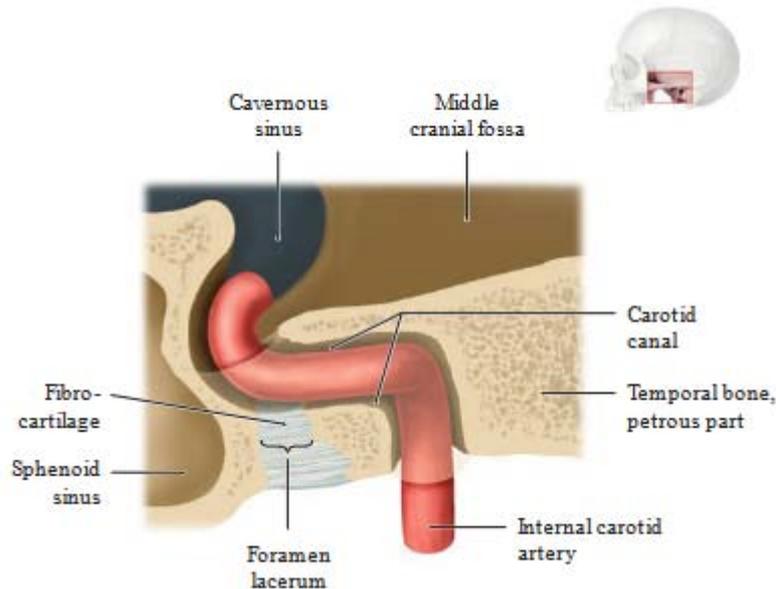


Figure 18: Vue latérale de l'ACI (7).

2. Rapports :

De son origine jusqu'à la base du crâne, l'ACI est initialement située en dehors et en arrière de la carotide externe, qui la croise ensuite en passant en avant d'elle.

Elle répond en dedans au pharynx, en arrière aux apophyses transverses des vertèbres cervicales. Au cou et dans l'espace latéro-pharyngien, elle est en rapport avec la veine jugulaire interne, le sympathique et les 4 dernières paires crâniennes.

Dans le canal carotidien, l'ACI est entourée d'un plexus veineux et d'un plexus sympathique. L'artère est à peu près directement en contact avec la paroi osseuse.

En sortant du canal, l'artère se dirige vers le haut et légèrement vers l'avant, pénètre dans le sinus caverneux en traversant sa paroi inférieure. A cet endroit, elle est en contact avec la

paroi externe du sinus en arrière, et avec sa paroi antérieure en avant. Elle est fixée à l'extrémité postérieure de la gouttière caverneuse par des faisceaux fibreux formant le ligament carotidien(8).

L'ACI est en rapport, dans cette partie de son trajet, avec les nerfs ophtalmique et moteurs du globe oculaire qui cheminent pour la plupart le long de la paroi externe du sinus.

Une fois parvenue à l'extrémité antérieure du sinus caverneux, l'ACI se porte en haut et en arrière, traversant la dure-mère et l'arachnoïde en dedans de l'apophyse clinéoïde antérieure(8).

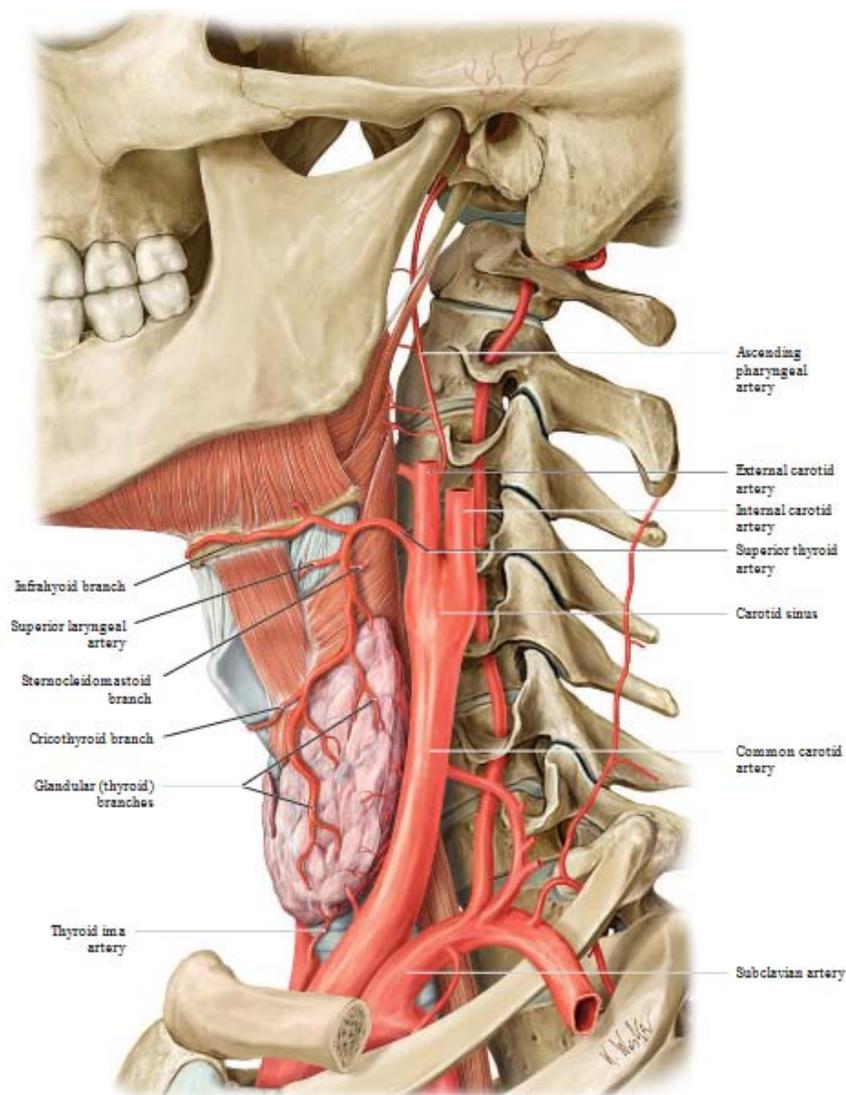


Figure 19: Vue latérale gauche des artères carotide (7).

3. Terminaison :

L'ACI se termine en perforant le toit du sinus en dehors du processus clinéoïde antérieur, sous la face inférieure du lobe frontal. Elle émet une branche collatérale : l'**artère ophtalmique**. Elle croise ensuite la face externe du nerf optique et se divise après en 4 branches terminales qui sont : la **cérébrale antérieure**, la **communicante postérieure**, la **choroïdienne antérieure** et la **cérébrale moyenne**(9).

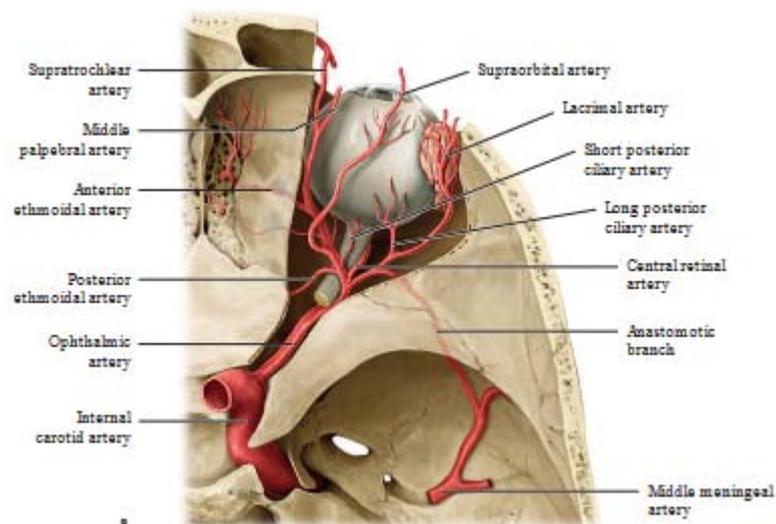


Figure 20: Vue supérieure de l'orbite droite qui montre l'origine de l'artère ophtalmique à partir de l'ACI (7).

4. Segmentation de l'artère carotide interne :

Il existe plusieurs segmentations de l'ACI. Certaines d'entre elles décrivent cette artère telle qu'elle est abordée par voie transcrânienne. C'est le cas de la segmentation proposée par Bouthillier présentée ci-dessous (10) :

Tableau III: Segmentation anatomique de l'ACI proposée par Bouthillier.

Classification anatomique de l'artère carotide interne proposée par Bouthillier		
Segment	Limite proximale	Limite distale
Cervical (C1)	Bifurcation carotidienne	Canal carotidien
Pétreux (C2)	Canal carotidien	Bord postérieur du foramen déchiré
Déchiré (C3)	Bord postérieur du foramen déchiré	Bord supérieur du ligament pétrolingual
Caverneux (C4)	Bord supérieur du ligament pétrolingual	Anneau dural proximal
Clinoïde (C5)	Anneau dural proximal	Anneau dural distal
Ophthalmique (C6)	Anneau dural distal	Artère communicante postérieure
Communicant (C7)	Artère communicante postérieure	Bifurcation de l'ACI

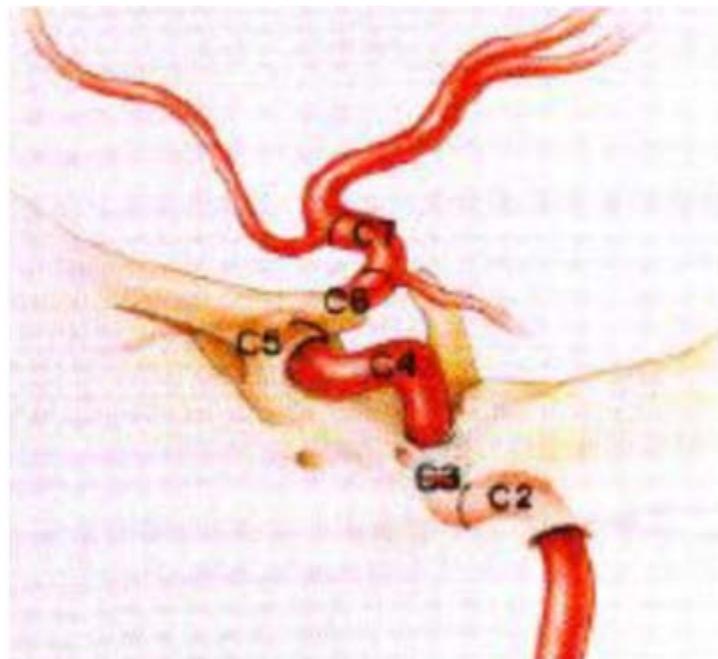


Figure 21 : Segmentation de l'ACI selon Bouthillier (10).

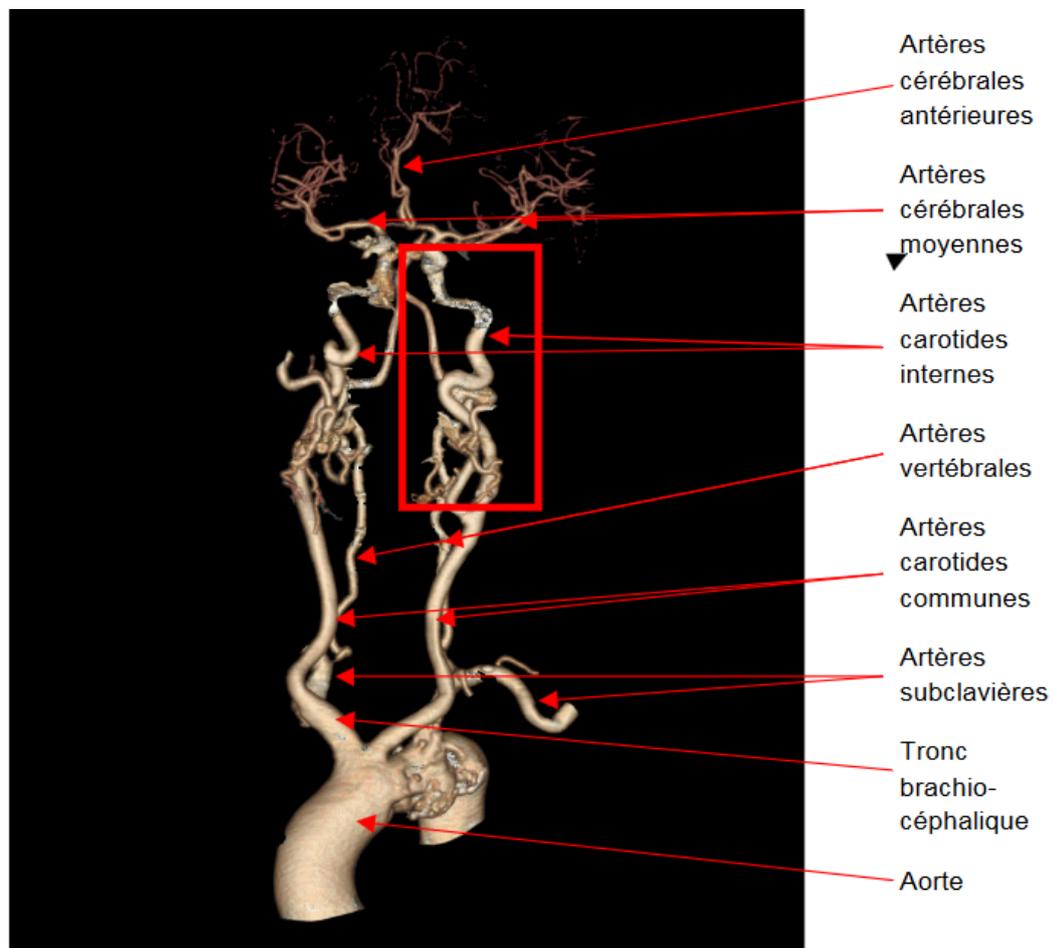


Figure 22 : Reconstruction 3D de l'arbre vasculaire du cou et de la tête, avec dans le rectangle rouge la région étudiée dans le cadre de ce travail (11).

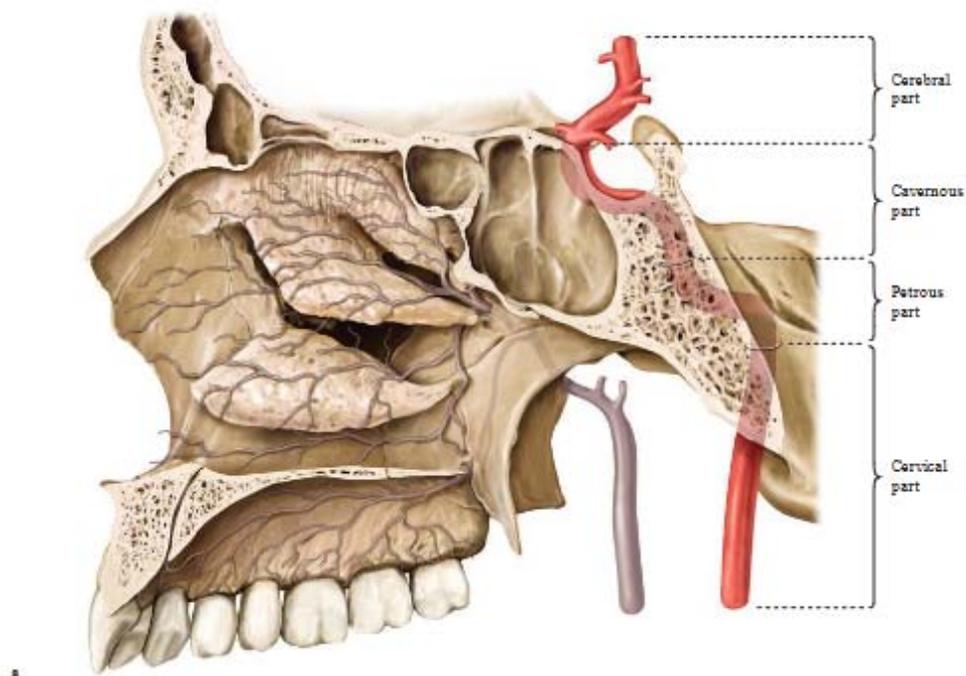


Figure 23: Vue médiale de l'ACI droite dans son passage à travers les os du crâne (7).

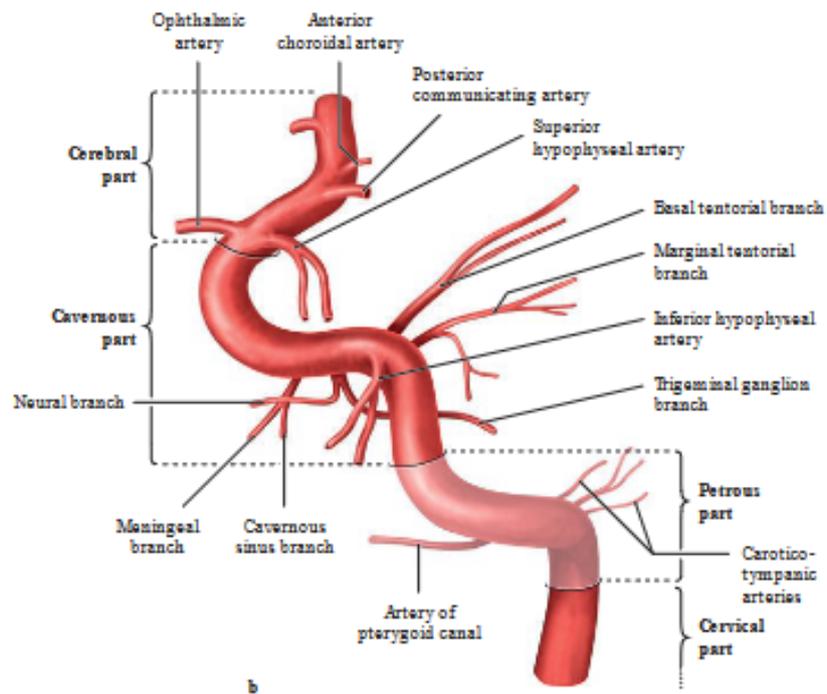


Figure 24: Segments anatomiques de l'ACI et leurs branches (7).

L'abord endoscopique endonasale de la base du crâne a amené les chirurgiens à adopter une classification adaptée à ce type d'approche. Celle proposée par Kassam (12) dans le tableau ci-dessous indique les différents segments de l'ACI, en décrivant pour chacun les repaires anatomiques correspondants(12).

Tableau IV: segmentations anatomique de l'ACI proposée par Kassam.

Classification de l'artère carotide interne : limites et repères anatomiques		
Segment de l'ACI	Limite anatomique distale	Repères anatomiques
Parapharyngé	Orifice externe du canal carotidien	TE, fossette de Rosenmüller, muscle élévateur du voile du palais
Pétreux	Bord postérolatéral de la surface caudale du foramen déchiré	Canal vidian
Paraclival	Bord supérieur de la fissure pétroclivale (aspect supéromédial de l'apex pétreux)	NC V2, foramen rotundum
Parasellaire	Anneau dural proximal	Sinus caverneux, NC III, NC IV, NC V1 et NC VI
Paraclinoïde	Anneau dural distal	ROCL, canal optique

ACI = artère carotide interne ; TE = trompe d'Eustache ; NC = nerf crânien ; ROCL = récessus optico-carotidien latéral.

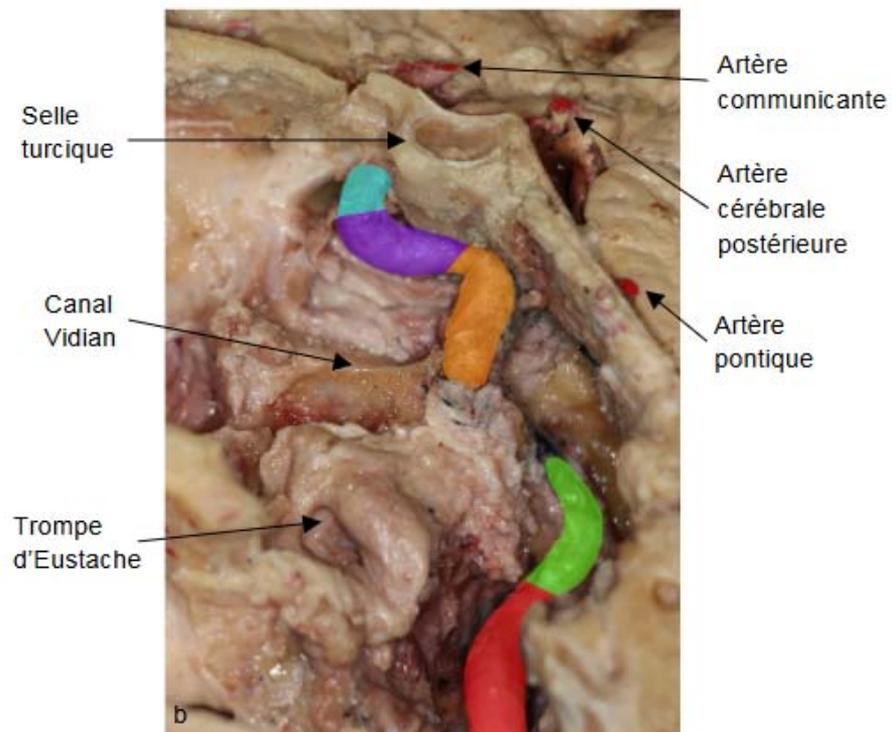


Figure 25 : Subdivision de l'ACI droite, du palais dur à la selle turcique avec en rouge : segment para pharyngé ; en vert : segment pétreux ; en orange : segment paraclival ; en violet : segment para sellaire ; en bleu clair : segment paraclinoïde (13).

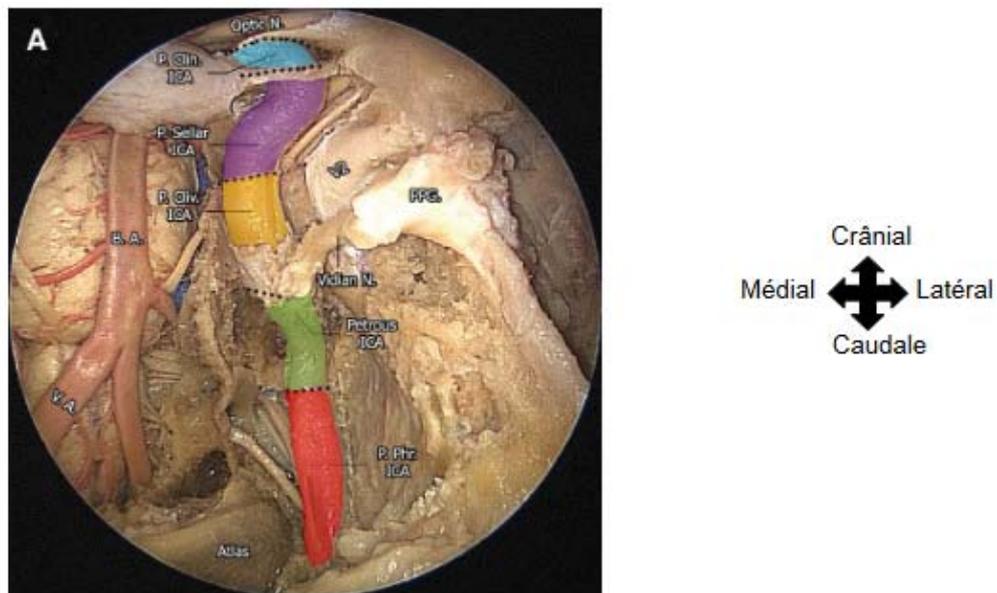


Figure 26: Vue endoscopique ventrale de l'ACI après sa dissection (14).

4.1 Artère carotide interne parapharyngée :

Le premier segment de l'ACI est le segment parapharyngé. Il commence au niveau de la bifurcation de l'artère carotide commune et se termine à l'orifice externe du canal carotidien dans la partie pétreuse de l'os temporal. Son trajet est vertical(13).

Les principaux repères anatomiques de ce segment sont la trompe d'Eustache, la fossette de Rosenmüller et le muscle élévateur du voile du palais(13).

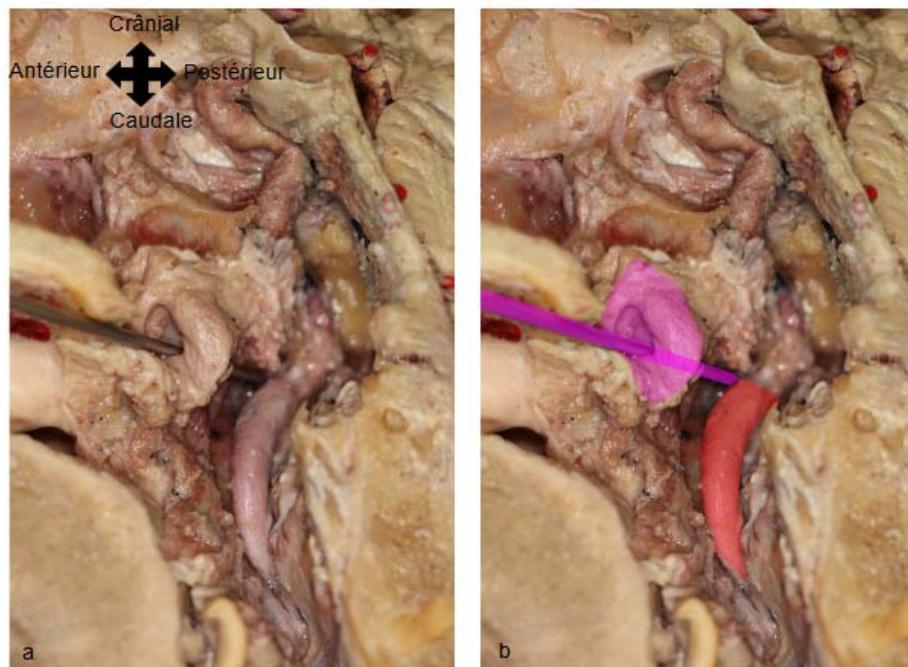


Figure 27 : Trompe d'Eustache droite avec son trajet (en violet), croisant le segment parapharyngé de l'ACI (en rouge) droite sur son bord latéral (13).

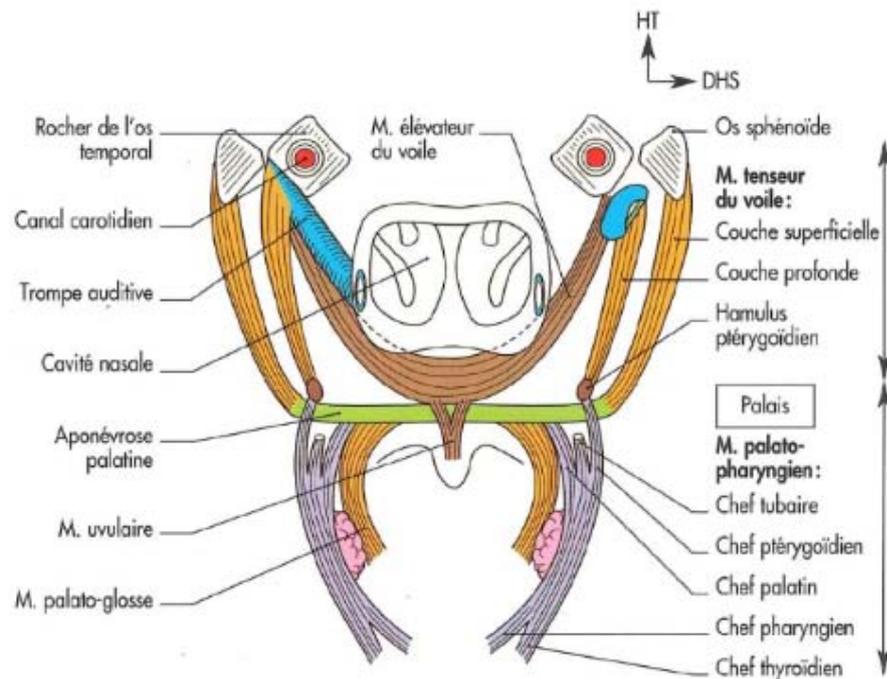


Figure 28: Schéma d'une coupe frontale au niveau des cavités nasales illustrant le rapport entre la trompe d'Eustache et l'ACI(15).

4.2 Artère carotide interne pétreuse :

Après avoir traversé l'orifice externe du canal carotidien, l'ACI parapharyngée devient l'ACI pétreuse. Ce segment s'étend jusqu'à la partie postérolatérale de la face inférieure du foramen déchiré. Après avoir traversé le canal carotidien, l'ACI pétreuse se dirige vers le haut, vers l'avant et vers l'intérieur en direction du bord postérieur du foramen déchiré : elle forme ici son genou postérieur (16).

Le repère anatomique principal du segment pétreux de l'ACI est le canal Vidien, aussi appelé canal ptérygoïdien(13).

Le canal Vidien passe sur le bord latéral de l'ACI où il marque la transition entre le segment pétreux et le segment paraclival. C'est à cet endroit que l'artère carotide change de direction pour devenir plus verticale, formant ainsi son genou antérieur. Le ligament pétro

lingual, reliant l'apex pétreux et la lingula sphénoïdale, peut aussi servir de repère pour la transition entre le segment pétreux et le segment paraclival(13).

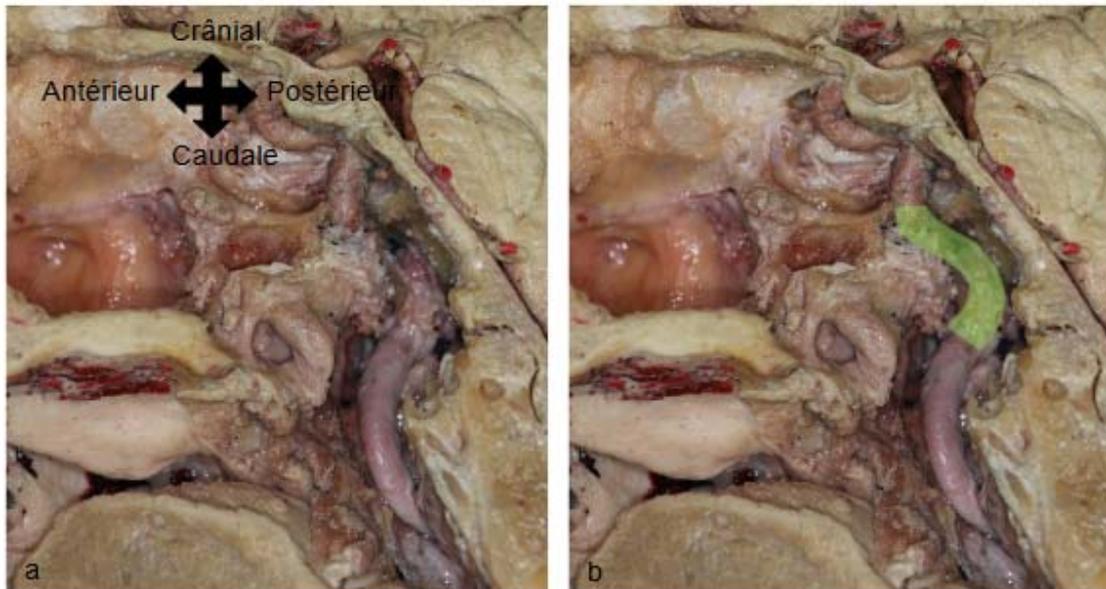


Figure 29: Segment pétreux de l'ACI en vert(13).



Figure 30: Canal Vidien droit (en bleu) contenant l'artère et le nerf vidiens (points rouge et jaune respectivement, avec leurs trajet en pointillé à l'intérieur du canal Vidien), croisant latéralement l'ACI au niveau du passage du segment pétreux (en vert) au segment paraclival (en orange) (17).

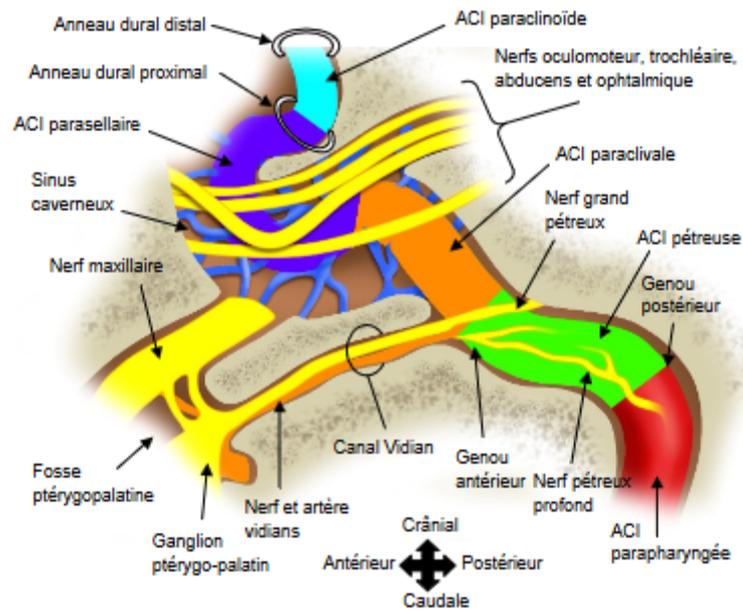


Figure 31: Schéma de l'anatomie du canal Vidien d'un point de vue latérale externe. Le canal Vidien contient le nerf et l'artère vidians et s'étend jusqu'au foramen déchiré. Le trajet du nerf passe sur la face latérale de l'ACI [10].

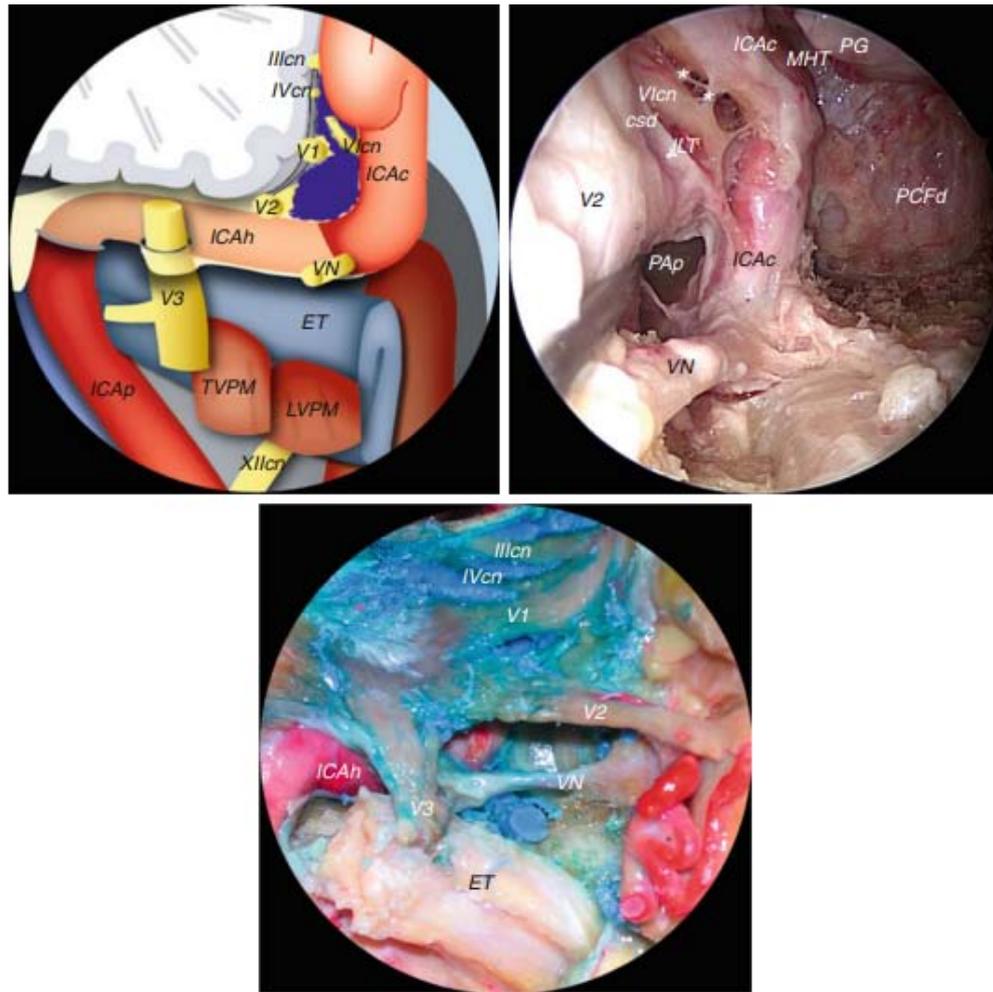


Figure 32:Relation entre le nerf vidien et le genou antérieur de l'ACI.

BS : base du sphénoïde, CS : sinus caverneux, ET : trompe d'Eustache, ICAc : portion caverneuse de l'ACI, ICAh : portion horizontale de l'ACI, ICAp : portion parapharyngienne de l'ACI, ILT : tronc inferolatéral, LVPM : muscle élévateur du voile du palais, MHT : tronc méningohypophysaire, PAp :apex pétreux, PCFd : dure et périoste de la fosse crânienne postérieure, PG : glande pituitaire, TVPM : muscle tenseur du voile du palais, VN : nerf vidien, IIIcn : nerf oculomoteur, IVcn : nerf trochléaire, V1 :première branche du nerf trijumeau, V2 :deuxième branche du nerf trijumeau, V3 : troisième branche du nerf trijumeau, VIcn : nerf abducens, XIIcn :nerf hypoglosse

(18).

4.3 Artère carotide interne paraclivale :

Le segment paraclival de l'ACI s'étend de la paroi postérolatérale du foramen déchiré, au niveau de son genou antérieur, jusqu'à la limite supérieure de l'apex pétreux. Le principale repère anatomique de cette partie de l'ACI est le nerf maxillaire(V2) (13).

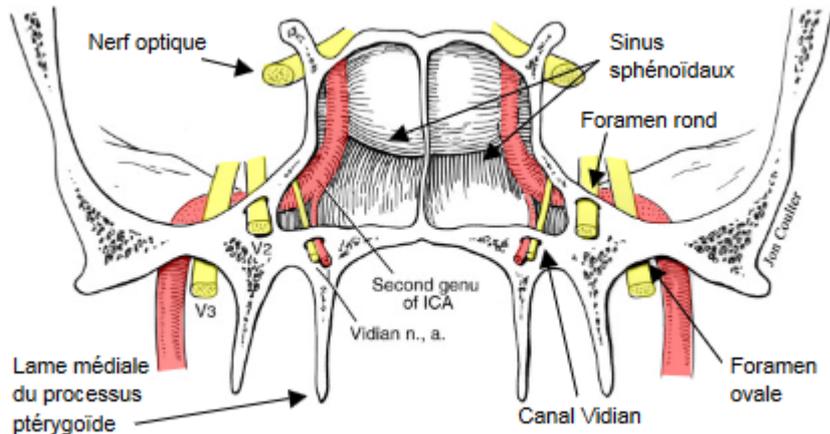


Figure 33: Coupe frontale avec vue ventrale au niveau des sinus sphénoïdaux montrant les sorties du nerf Vidien et du nerf maxillaire V2 (19).

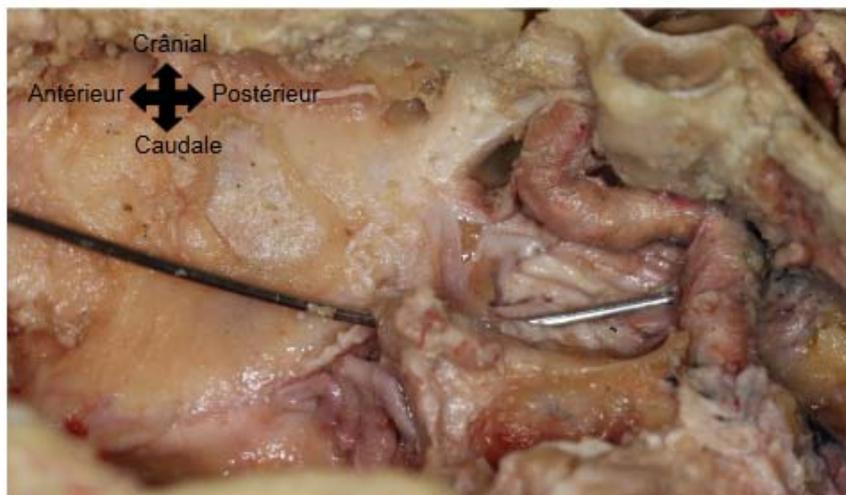


Figure 34: Trajet du nerf maxillaire droit, croisant latéralement le segment paraclival de l'ACI droite avant d'entrer dans le foramen rond (17).



Figure 35: Nerf maxillaire droit (en jaune) après sa sortie du foramen rond (en bleu) (13).

4.4 Artère carotide interne parasellaire :

Le segment parasellaire chemine de la limite supérieure de l'apex pétreux médial jusqu'au niveau de l'anneau dural proximal de l'ACI(13).

Le segment parasellaire est la seule partie de l'ACI qui est totalement à l'intérieur du sinus caverneux. Il « flotte » à l'intérieur de celui-ci car il n'est pas entouré de structure osseuse, contrairement aux segments paraclival et paraclinoïde(13).

Les repères importants pour ce segment sont les composants du sinus caverneux, c'est-à-dire les nerfs crâniens oculomoteur (III), trochléaire (IV), ophtalmique et abducens (VI) (13).

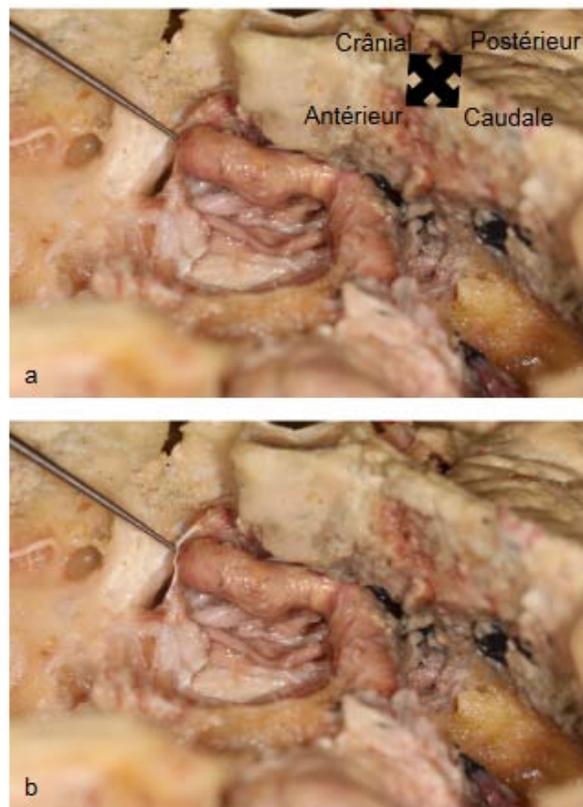


Figure 36: ACI parasellaire droite avec l'anneau dural proximal (en blanc) marquant sa limite distale (13).

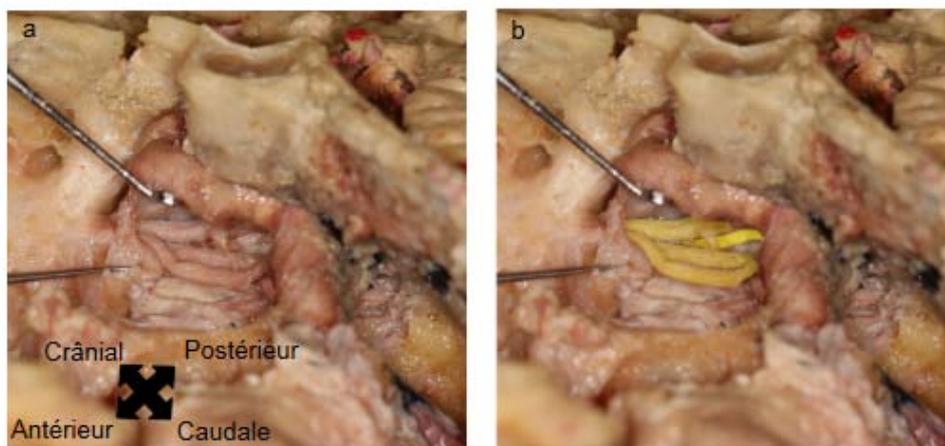


Figure 37: Sinus caverneux droit contenant les nerfs crâniens (de crânial à caudal, en jaune) oculomoteur (III), trochléaire (IV), ophtalmique (V1) et abducens (VI) du côté latéral de l'ACI parasellaire droite (13).

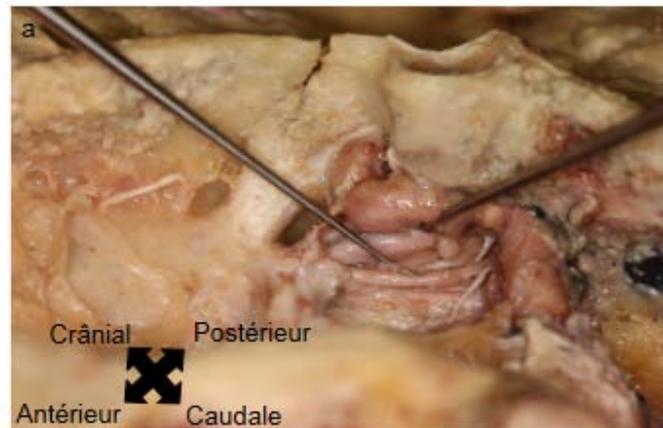


Figure 38: Sinus caverneux droit du côté latéral de l'ACI parasellaire droite (13).

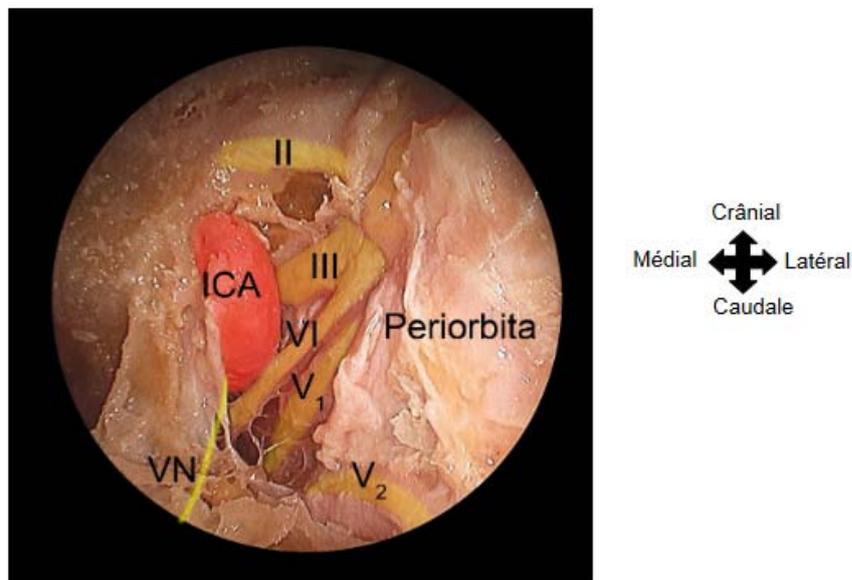


Figure 39: Vue endoscopique de l'ACI parasellaire gauche, avec les nerfs du sinus caverneux sur sa face latérale. II = nerf optique ; III = nerf oculomoteur ; VI = nerf abducens ; V1 = nerf ophtalmique ; V2 = nerf maxillaire ; VN = nerf Vidien (rajouté sur l'image), ICA = ACI (13)

4.5 Artère carotide interne paraclinoïde :

Le segment paraclinoïde s'étend de l'anneau dural proximal jusqu'à l'anneau dural distal de l'ACI.

Les structures anatomiques en relation avec ce segment de l'ACI sont le récessus optico-carotidien latéral, le canal du nerf optique et l'anneau dural proximal(13).

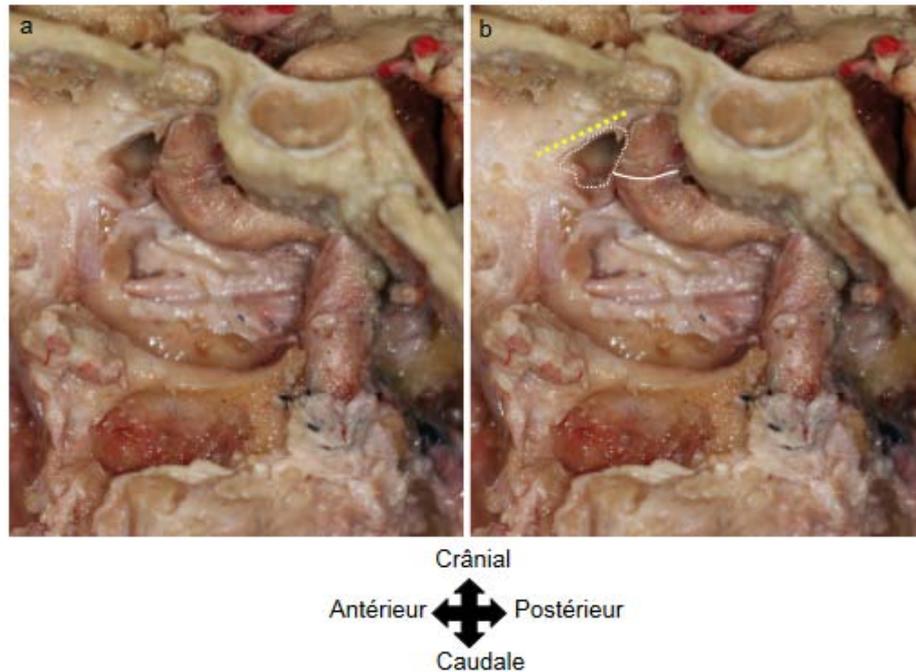


Figure 40: ACI paraclinoïde droite avec l'anneau dural proximal (trait continu blanc) définissant sa limite proximale, le récessus optico-carotidien latéral (cercle pointillé blanc) et le nerf optique (trait tillé jaune). (13)

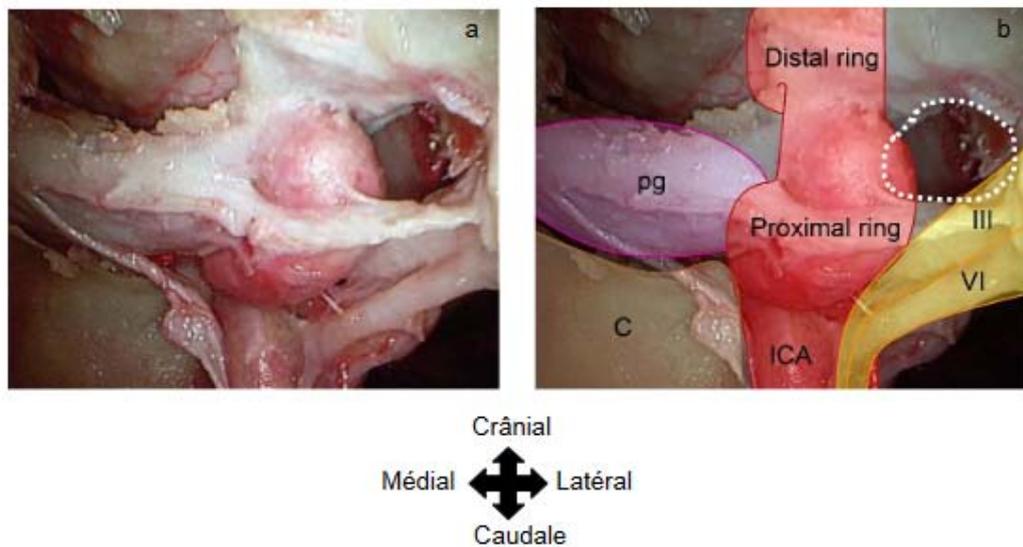


Figure 41: Vue endoscopique de l'ACI paraclinoïde gauche entre les anneaux durs. Pg = glande pituitaire ; C = clivus ; ICA = ACI ; cercle pointillé blanc = récessus optico-carotidien latéral ; III = nerf oculomoteur ; VI = nerf abducens. (13)

L'ACI devient intracrânienne après la limite définie par l'anneau dural distal. Elle croise le nerf optique latéralement et en arrière pour rentrer dans la cavité crânienne, où elle donne ses branches terminales(13).

5. Parois :

Les parois de l'ACI sont composées de trois couches : la tunique intima, la media et l'adventice(20).

L'intima est la couche interne attenante à la lumière du vaisseau. Elle est constituée d'une couche de cellules endothéliales, ainsi que d'une couche sous-endothéliale. Elle-même est composée essentiellement de tissu conjonctif lâche. La limitante élastique interne sépare l'intima de la média (20).

La média constitue la plus grande partie de la paroi du vaisseau. Elle est constituée de cellules musculaires lisses, de fibres de collagène et d'élastine sous forme de lamelles élastiques.

L'adventice est la couche externe au contact des tissus souples périvasculaires. Elle est principalement composée de fibres collagènes, de fibres élastiques, de fibroblastes et de macrophages (21).

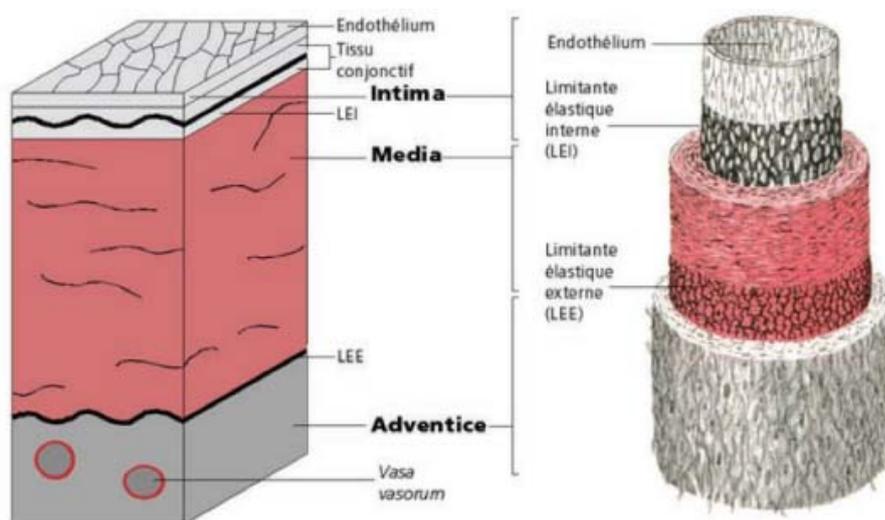


Figure 42: Structure de la paroi artérielle (21).

III. Rappel embryologique :

La connaissance de l'embryologie nous permet de comprendre les variantes anatomiques. Au cours du développement de l'embryon humain, 6 paires d'artères (les arcades aortiques) sont contenues dans le tissu mésenchymateux de l'appareil branchial, traversant les arcs pharyngiens (22).

Les arcades aortiques proviennent de la partie la plus distale du tronc artériel (le sac aortique), passent à travers les arcs pharyngiens et se terminent dans les aortes dorsales droite et gauche. Les troisièmes arcs sont les précurseurs du système carotidien.

Le système carotidien se développe après l'involution de certains segments artériels. Après 29 jours, les premiers et deuxièmes arcs régressent. Ensuite, dans la sixième semaine, le canal carotidien (un segment de l'aorte dorsale s'étendant entre le troisième et le quatrième arc) régresse également. La régression de ces segments artériels détermine la persistance d'un canal prédominant de flux sanguin vers la région céphalique, à partir du sac aortique ventral à travers le troisième arc aortique jusqu'à l'extension crânienne de l'aorte dorsale. La combinaison de ces 3 segments artériels donne naissance aux artères carotides commune et interne (22).

L'artère carotide externe est un bourgeon du troisième arc aortique. A 40 jours, la migration de l'origine de la carotide externe détermine le site de la bifurcation carotidienne (22). L'ACI est complètement formée après 6 semaines de vie fœtale (23).

IV. Anatomie radiologique :

L'ACI prend son origine à la bifurcation carotidienne, approximativement au niveau de la troisième vertèbre cervicale.

Elle est divisée en sept segments notés C1 à C7. Des branches inconstantes naissent de son segment cervical (C1) puis l'artère pénètre dans la cavité crânienne par le canal carotidien de l'os pétreux, cheminant d'abord verticalement et ensuite horizontalement (segment C2).

Le court segment C3 se dirige verticalement et en dedans entre l'apex de l'os pétreux et le sinus caverneux au-dessus du foramen déchiré. L'artère est ici en étroite relation avec le ganglion trigéminal dans le cavum de Meckel (figure 44 B).

Le segment C4 constitue le segment caverneux, où l'artère se courbe en avant dans le sinus caverneux ensuite en haut pour former le segment clinéoïde (C5).

L'artère pénètre ensuite dans l'espace subarachnoïdien.

Le segment suivant est le segment ophtalmique (C6), qui s'étend juste à proximité de l'artère communicante postérieure. Le segment distal (C7) se continue jusqu'à la bifurcation terminale.

Les segments C4, C5 et C6 constituent le siphon carotidien en forme de « U », dont une partie est alors intra caverneuse, l'autre partie étant dans l'espace subarachnoïdien (24).

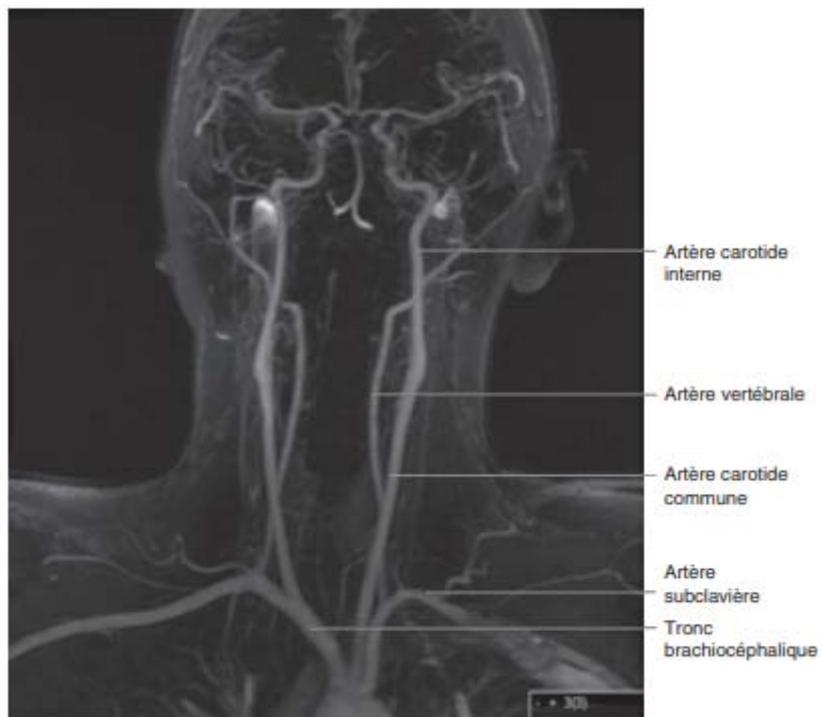


Figure 43 : Coupe frontale d'une angio-IRM des gros vaisseaux du cou (24).

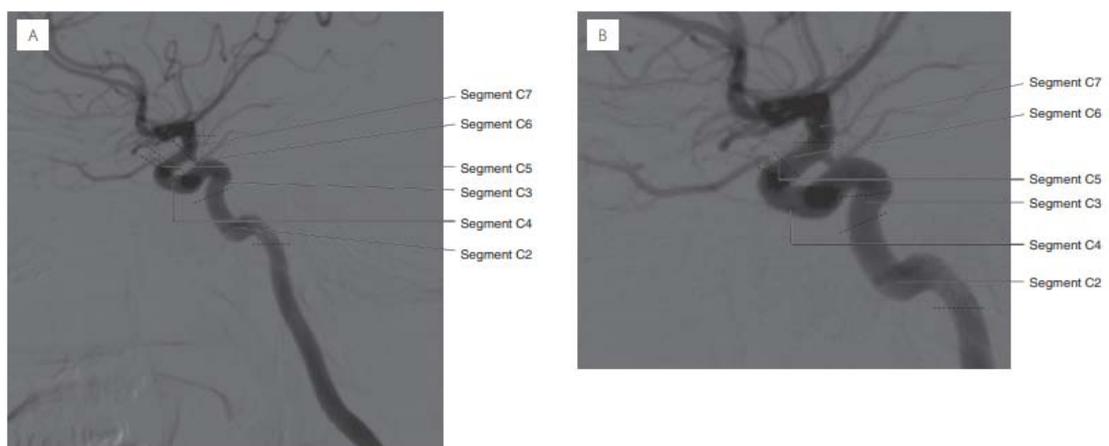


Figure 44:(A) Angiographie de l'ACI. (B) Projections latérales des segments artériels (24).



DISCUSSION



I. L'intérêt de l'étude de l'anatomie d l'artère carotide interne :

1. Généralité :

Le cerveau est irrigué par trois artères : les deux artères carotides et le tronc basilaire. Elles se réunissent à la base du cerveau, à l'intérieur du crâne dans le polygone de Willis, qui distribue ensuite le sang a la partie supérieure du cerveau. L'artère basilaire est issue de la réunion des deux artères vertébrales (droite et gauche).

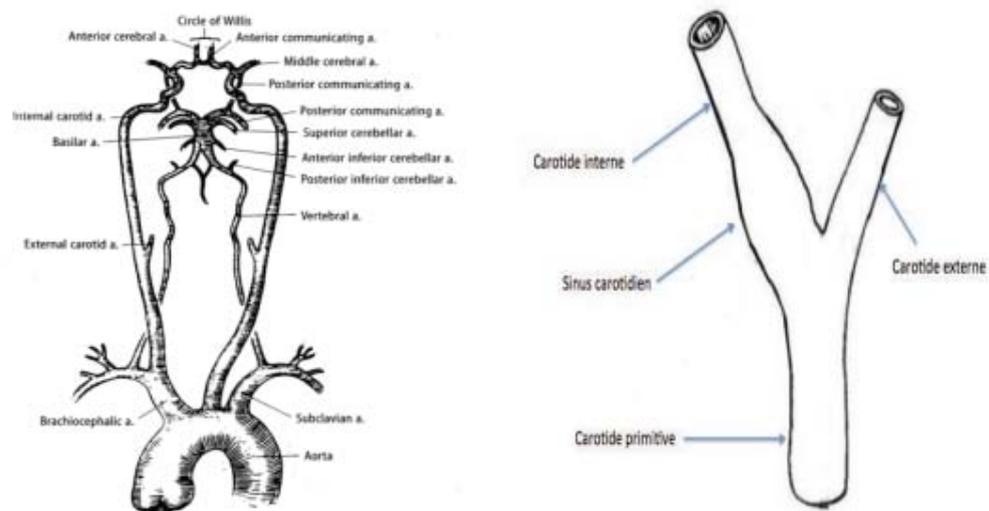


Figure 45: Schéma descriptif des artères cervico-encéphaliques et des artères carotides (25).

Les deux artères carotides primitives sont situées de part et d'autre du cou et elles se divisent chacune au niveau de la bifurcation carotidienne, à la hauteur de l'angle de la mâchoire, en deux autres artères pour former la carotide interne et la carotide externe. L'artère carotide commune est issue, à gauche de l'aorte, et à droite du tronc brachio-céphalique. L'ACI fournit le sang et l'oxygène au cerveau et l'artère carotide externe, au visage, au cou et au cuir chevelu (20) .

Une connaissance approfondie de la morphométrie normale de l'ACI est essentielle pour comprendre les symptômes cliniques, la planification des abords chirurgicaux de la base du

crâne ainsi que des interventions vasculaires ou périvasculaires, et dans diverses procédures endovasculaires.

2. Historique :

En 1938, en utilisant des angiogrammes aux rayons X pour visualiser les anomalies intracrâniennes et les artères cérébrales, Fischer a publié la première segmentation moderne de l'ACI. L'objectif était d'aider à localiser les lésions de la base du crâne tout en tenant compte de la façon dont leur forme et leur taille affectaient les segments de l'ACI. La description comprenait 5 segments intracrâniens classés numériquement et en sens opposé au flux sanguin artériel. De C1 à C5 (26).

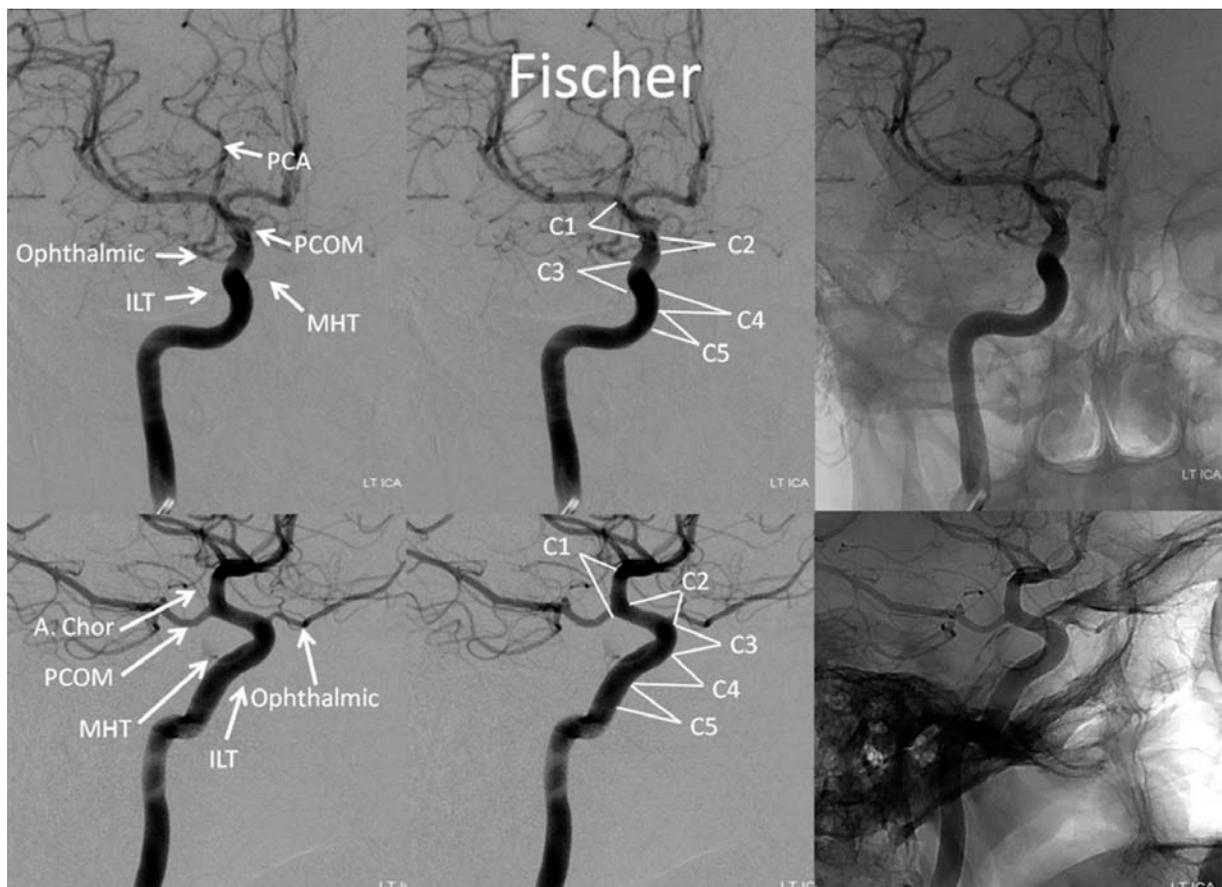


Figure 46: Segmentation de l'ACI selon la nomenclature de Fischer (27).

Les auteurs ont disséqué l'ACI en une nomenclature plus précise dans le but était de créer une version unifiée. Bien que la segmentation pionnière de Fischer présentait des limites anatomiques et manquait d'applicabilité clinique étendue, elle a motivé le développement ultérieur de nomenclatures répondant à divers besoins radiographiques, endovasculaires et neuroendoscopiques (27).

L'évaluation de l'anatomie de ce vaisseau sous différents angles, tout en reconnaissant leur utilité et leurs limites, pourrait fournir une compréhension globale de l'ACI, optimiser la performance chirurgicale et faciliter la communication (28).

II. L'intérêt de l'étude des variations anatomiques de l'artère carotide interne

Les lésions iatrogènes de l'ACI au cours d'une chirurgie de la base du crâne ouverte ou par voie endoscopique constitue une complication grave et peuvent entraîner le décès sur table, la formation d'un pseudo anévrisme ou d'un anévrisme mycotique postopératoire, un vasospasme, une occlusion vasculaire ou une fistule carotido-caverneuse.

Les facteurs suggérés qui augmentent la probabilité de léser l'ACI comprennent la dominance de la main droite du chirurgien, l'implication de la maladie dans les structures vasculaires, le type d'instrumentation, les chirurgies de révision et les malformations vasculaires préopératoires.

La portion caverneuse de l'ACI a été la plus fréquemment lésée dans une étude américaine sur 50 cas de lésions per opératoire de l'ACI, probablement en raison de sa relation étroite avec l'anatomie du sinus sphénoïdal (29).

Notre objectif était d'évaluer l'apport de l'angioscanner dans l'étude des variations anatomiques de l'ACI et d'analyser ses implications chirurgicales.

Ainsi, nous avons essayé de mener une revue de littérature d'un ensemble d'études sur l'anatomie de l'ACI ainsi que ses variations anatomiques du point de vue radiologique et endoscopique. Au total, nous avons retrouvé 5 études pour atteindre nos objectifs :

Tableau V: Revue de la littérature selon le moyen d'exploration.

Étude	Participants/Échantillon	Moyen d'exploration	Durée de l'Étude
Finlande (22)	104 patients	Angioscanner	2 ans (2011/2013)
Roumanie (23)	70 patients	Angioscanner	1 an (2020/2021)
USA (24)	20 cadavres	Dissections post-mortem endoscopique	2014
Inde (25)	56 cadavres (adultes), 10 cadavres (fœtus)	Dissections post-mortem endoscopique	2017
Chine (26)	64 patients (10 nouveaux, 54 recueillis de la littérature)	Angioscanner et angio-IRM	2018

III. Age moyen :

Dans notre étude, l'âge moyen de nos patientes était de 67,8 ans. Il était proche de celui rapporté par les différentes séries.

Tableau VI: Age moyen selon la littérature.

Étude	Age moyen
Finlande (22)	31.5
Romanie (23)	56.6
USA (24)	-
Inde (25)	-
Chine (26)	31.1
Notre étude	67,8

IV. Indication de l'angioscanner :

L'indication la plus fréquente pour réaliser un angioscanner cérébral dans notre étude était l'AVC ischémique suivie de l'IDM. Dans l'étude menée en Roumanie (30), l'absence de toute pathologie vasculaire athéromateuse ou autre impliquant les vaisseaux carotidiens était un critère obligatoire dans l'étude, cela peut être expliqué par l'impact de ses pathologies sur l'anatomie de l'ACI et les variations anatomiques qui peuvent entraîner.

Tableau VII: Indications de l'angioscanner selon la littérature.

Étude	Motif de consultation
Finlande (22)	Symptomatologie clinique évoquant une dissection carotidienne
Roumanie (23)	Sujets sains après élimination de toute pathologie vasculaire impliquant la carotide par l'angioscanner
USA (24)	-
Inde (25)	-
Chine (26)	Asymptomatique

V. L'hémodynamique de l'artère carotide interne :

Les caractéristiques géométriques influencent le processus hémodynamique. La bifurcation carotidienne est généralement représentée comme une structure en forme de Y. Selon la théorie de Poiseuille, dans la carotide commune, les vitesses centrales du flux seraient plus élevées que celles à proximité de la paroi. Dans les carotides internes et externes, les vitesses plus rapides se trouveraient vers les parois internes des branches (31).

En réalité, l'artère carotide est une structure complexe, avec de nombreuses zones de courbure, en particulier le sinus carotidien. Plus loin, au niveau des branches de la carotide, il y a un siphon qui est en forme de spirale très incurvée. Quand la circulation sanguine arrive au niveau de la bifurcation de la carotide, il y a toujours une création de turbulences, l'écoulement n'est plus laminaire.

Étant donné la fréquence des pathologies vasculaires sur le système carotidien, il est utile de maîtriser l'anatomie de ce système de manière aussi précise et approfondie que possible. L'image complète des troncs supra-aortiques par angioscanner ou imagerie par résonance magnétique (IRM) est nécessaire non seulement en cas de plaques développées dans la bifurcation de l'artère carotide commune détectées par échographie ou révélées par des symptômes cliniques, mais aussi dans un contexte pré-interventionnel ou pré-chirurgical (31-32).

Dans notre étude l'angioscanner était l'examen réalisé chez tous nos patients du fait de sa disponibilité, son déroulement rapide et son faible coût par rapport à d'autres examens tel que l'angio-IRM.

VI. L'apport de l'angioscanner dans l'étude des variations anatomiques de l'artère carotide interne :

Au cours des dernières années, les progrès technologiques dans le domaine de l'imagerie moderne ont établi l'angioscanner comme un outil essentiel pour l'étude de la vascularisation cérébrale et des troncs supra aortiques. L'angioscanner fournit non seulement des images angiographiques de haute résolution, mais également d'excellents détails des structures environnantes (6) . Cela peut être très important pour la reconnaissance de certaines variations anatomiques.

L'image complète des troncs supra-aortiques par tomodensitométrie ou IRM est nécessaire non seulement en cas de plaques développées dans la bifurcation de l'artère carotide commune signalées par échographie ou révélées par des symptômes cliniques, mais aussi dans un contexte pré-interventionnel ou pré chirurgical de toutes les pathologies du cou et de la base du crâne (31-32).

C'est un outil très reproductible en ce qui concerne la morphométrie de l'ACI (34), pour une meilleure connaissance de l'anatomie de ce vaisseau, y compris le calibre et la longueur de

la portion intracrânienne, selon la segmentation de Bouthillier (10) sur laquelle on s'est basé dans notre étude.

Nous avons constaté que cet examen permet d'étudier d'une manière détaillée et bien spécifiée de nombreuses paramètres liées non seulement à l'ACI mais aussi à ses rapports avec les structures anatomiques de voisinage, ce qui concorde avec les données de la littérature.

VII. Diamètre de l'artère carotide interne :

1. Variations intra individuelles :

Les études systématiques d'angioscanner portant sur la variation des diamètres lumaux (DL) de l'ACI sont rares. La connaissance de la variabilité intra-individuelle normale du DL fournirait une valeur limite pour la détection des collapsus plus subtils. En outre, une faible variabilité intra-individuelle permettrait d'utiliser le DL controlatéral comme référence pour l'estimation du degré de sténose dans les cas où la mesure ipsilatérale est difficile(30).

Selon Koskinen et al. , qui ont mené une étude rétrospective faite en 2014 à l'Hôpital Central de l'Université d'Helsinki, en Finlande sur 104 patients (52 femmes et 52 hommes) qui avaient bénéficié d'une angiographie des artères carotides par tomodensitométrie entre juin 2011 et mars 2013. L'indication principale de l'examen dans cette population était d'exclure une dissection carotidienne chez les patients présentant des douleurs au cou et, en partie, des symptômes pouvant être interprétés comme un accident vasculaire cérébral (30).

Les résultats de cette étude indiquent une variation minimale intra individuelle du diamètre de l'ACI. L'écart-type du diamètre de l'ACI était de 0,8 mm. Par conséquent, en l'absence de pathologie évidente, l'ACI du côté controlatéral constitue une base raisonnable pour les évaluations impliquant la mesure du diamètre de l'ACI et donc l'utilisation du diamètre de l'ACI du côté controlatéral pourrait aider à identifier des degrés plus subtils de modification lumaire post-sténotique (30).

Dans notre série, nous n'avons pas trouvé de différence significative entre le diamètre de la carotide droite et gauche qui était de $0.19\text{mm} \pm 0.7$ ce qui pourrait rejoindre l'hypothèse qu'en dehors de pathologie athérosclérotique il y a peu de variations intra individuelle du diamètre de l'ACI.

2. Variations interindividuelles :

De nombreuses études portent sur l'ACI en terme de calibre (34–38) souvent avec des résultats différents en raison de différentes méthodes d'exploration, mais aussi en raison du site cible sélectionné pour la mesure, Koskinen et al. ont démontré un calibre de 4 mm/4,4 mm pour les sujets féminins/masculins en utilisant l'angiographie par tomodensitométrie (30) ; Krejza et al. ont déterminé des diamètres de $4,66 \pm 0,78$ mm et $5,11 \pm 0,87$ mm, respectivement, en utilisant l'échographie (37), et Wollschlaeger et al. ont mesuré des diamètres d'ACI de 3,88 mm sur des études angiographiques et 3,7 mm sur des cadavres(35).

Une étude identique a été menée aux états unis (38) entre mai 2020 et mai 2021 comprenant 70 imageries d'angiographie par tomodensitométrie de l'ACI en absence de plaques athéromateuses, ou de pathologies vasculaires congénitales ou tumorales impliquant les vaisseaux carotides, cette exploration a montré que l'ACI avait un calibre décroissant depuis son origine jusqu'à sa partie la plus distale : le diamètre moyen du segment intracrânien de l'ACI était de $4,53 \pm 0,47$ mm dans le segment C2, puis diminuait à $4,33 \pm 0,45$ mm dans le C3, puis à $4,27 \pm 0,45$ mm dans le C4. Une réduction de diamètre plus significative a été remarquée après l'émergence de l'artère ophtalmique jusqu'à sa portion terminale, où l'ACI mesure en moyenne $2,71 \pm 0,37$ mm. De plus, aucune relation entre l'âge des patients et le diamètre des artères carotides internes ou la longueur des vaisseaux n'a été identifiée. Ces résultats sont similaires à d'autres études morphométriques (40–42) .

Dans notre étude, le diamètre cervical moyen de la carotide droite et gauche étaient respectivement $4,96 \pm 0,82$ et $4,77 \pm 0,73$ ($p=0,22$) Au niveau intracrânien ils étaient de $4,18 \pm 0,54$ et $4,06 \pm 0,54$ ($p=0,28$), finalement au niveau du segment communiquant, ils étaient de $3,25 \pm 0,44$ et $3,13 \pm 0,30$ ($p=0,22$), ce qui rejoint les résultats de la littérature.

Tableau VIII: Mesures morphométriques de l'angiographie CT de l'ensemble de l'ACI pour tous les patients étudiés, stratifiées par latéralité et genre. Les résultats sont exprimés en millimètres (\pm écart-type) (41).

Segment	Right Side	Left Side	p-Value	Male	Female	p-Value
Carotid bulb (C1a)	7.56 (\pm 0.97)	7.61 (\pm 1.01)	0.6092	7.94 (\pm 1.05)	7.27 (\pm 0.82)	0.0001
Post-bulbar section (C1b)	5.49 (\pm 0.64)	5.52 (\pm 0.62)	0.6183	5.74 (\pm 0.67)	5.31 (\pm 0.50)	0.0001
Midpoint of C1 (C1c)	4.84 (\pm 0.54)	4.85 (\pm 0.53)	0.7750	5.01 (\pm 0.56)	4.70 (\pm 0.46)	0.0006
Endpoint of C1 (C1d)	4.65 (\pm 0.46)	4.69 (\pm 0.47)	0.4373	4.81 (\pm 0.50)	4.55 (\pm 0.40)	0.0013
C2	4.53 (\pm 0.43)	4.53 (\pm 0.50)	0.8731	4.66 (\pm 0.50)	4.42 (\pm 0.41)	0.0026
C3	4.32 (\pm 0.41)	4.34 (\pm 0.49)	0.7105	4.48 (\pm 0.48)	4.20 (\pm 0.38)	0.0002
C4	4.25 (\pm 0.41)	4.28 (\pm 0.48)	0.5618	4.43 (\pm 0.46)	4.13 (\pm 0.38)	0.0001
C5	4.13 (\pm 0.46)	4.17 (\pm 0.50)	0.3886	4.34 (\pm 0.46)	3.98 (\pm 0.43)	<0.0001
C6	2.89 (\pm 0.38)	2.88 (\pm 0.41)	0.4700	2.91 (\pm 0.41)	2.86 (\pm 0.38)	0.5307
C7	2.72 (\pm 0.35)	2.70 (\pm 0.38)	0.2770	2.73 (\pm 0.37)	2.70 (\pm 0.37)	0.6190
Extracranial length	86.33 (\pm 18.76)	85.87 (\pm 18.53)	0.5540	90.21 (\pm 20.66)	82.43 (\pm 15.76)	0.0151
Intracranial length	69.40 (\pm 8.95)	69.33 (\pm 8.42)	0.8370	71.29 (\pm 7.97)	67.64 (\pm 8.93)	0.0122
Total ICA length	154.89 (\pm 26.17)	155.20 (\pm 23.57)	0.7895	160.62 (\pm 28.56)	150.07 (\pm 19.83)	0.0141

Le diamètre et la longueur de l'ACI montrent une variabilité significative liée au sexe, mais aussi par rapport à la taille du patient et aux métriques crâniennes. Gabrielsen et al., ont trouvé une corrélation entre les dimensions de l'ACI, le sexe et la largeur du crâne (41).

Une autre source de variance est le sexe : les diamètres des artères carotides sont plus petits chez les femmes, même lorsque la taille du corps et du cou est prise en compte(36– 45). De plus, le diamètre général des artères est, bien sûr, influencé par d'autres facteurs tels que l'épaisseur de la paroi artérielle, l'âge (43), la taille, le poids et même l'hémodynamique. Le tableau ci-dessous résume les résultats d'une étude faite par Simona Saco et al. en 2007 (44) sur 1217 patients qui a objectivé l'influence des différentes variantes citées avec les variations morphologiques de l'ACI .

Une disparité de distribution du sexe dans notre série de cas ne permettait pas d'affirmer ou d'infirmier cette hypothèse (2F vs 8H) ce qui peut être expliqué par une prédominance masculine des pathologies vasculaires notamment l'athérosclérose et les AVC (45).

Tableau IX: Répartition par côté des variations morphologiques de l'ACI (44).

Risk factor	Multivariate analysis		
	OR	95% CI	P
Age	1.04	1.02–1.06	<0.0001
Female sex	1.78	1.21–2.64	0.004
<50% ICA stenosis	1.43	0.89–2.31	0.1
≥50% ICA stenosis	0.57	0.29–1.12	0.1
Arterial hypertension	1.20	0.81–1.78	0.4
Diabetes mellitus	0.85	0.49–1.47	0.6
Previous ischemic stroke or TIA	0.96	0.61–1.52	0.9
Dizziness	0.89	0.43–1.83	0.7
Neck length	0.97	0.90–1.04	0.4

TIA Transient ischemic attack

VIII. Les variations anatomiques de l'artère carotide interne dans les approches endoscopiques endonasales :

La chirurgie endoscopique endonasale a révolutionné la prise en charge des pathologies de la base du crâne. Cette approche a entraîné une diminution de la morbidité et de la mortalité, grâce à ses divers avantages tels qu'une meilleure visualisation, l'évitement d'incisions cutanées externes et une réduction de la douleur postopératoire avec des hospitalisations plus courtes (29).

Les approches endoscopiques endonasales permettent l'accès chirurgical à diverses zones de la base du crâne, notamment le planum sphénoïdal, le plancher sellaire, le sinus caverneux, le clivus et l'apex pétreux. Certains détails anatomiques à travers la vue endoscopique sont d'une importance cruciale car les lésions de l'ACI posent un risque significatif de morbidité et de mortalité, rapporté de 0 à 3,8 % dans les procédures endoscopiques

transsphénoïdales (3). De plus, l'ACI est la première grande structure exposée dans le sinus sphénoïdal dans les vues endoscopiques.

Plusieurs schémas de classification ont été proposés pour identifier divers segments ainsi que la forme et/ou le trajet de l'ACI offert par une vue transcrânienne (49–51) ou endoscopique endonasale (51–53) ou angiographique (50).

Des dissections endoscopiques transnasales réalisées sur 20 têtes de cadavres lors d'une étude faite par H.Cebula et al. qui ont adapté le système de classification de l'ACI intracrânienne (C1–C7) proposé par Bouthillier et al. (10) et récemment modifié par De Powell et al. (51) qui ont étudié les variations anatomiques des angles spécifiques et du trajet de l'ACI intracrânienne, du segment lacerum (C3) au segment clinoise (C5), observés à travers des vues endoscopiques endonasales (*figure 47*), et identifié la distance entre les artères carotides internes gauche et droite et la distance entre l'ACI et l'hypophyse.

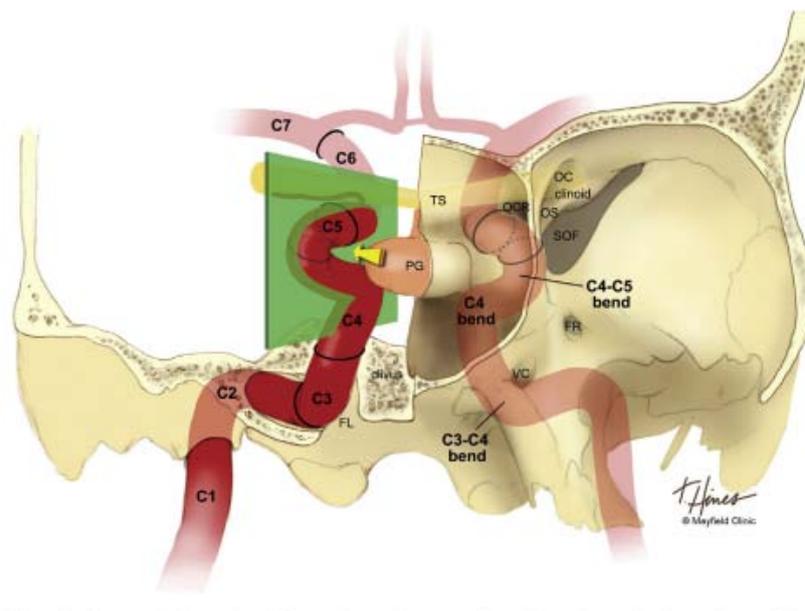


Figure 47: Illustration conceptuelle de la perspective endoscopique qui représente les différentes classifications de l'ACI (ACI). (À gauche) Bouthillier et al. (2) ont utilisé 7 segments : C1 = cervical, C2 = pétreux, C3 = lacéré, C4 = caverneux, C5 = clinoise, C6 = ophtalmique et C7 = communicant. (À droite) La modification de De Powell et al. (5) inclut la courbure C3–C4, la courbure C4 et la courbure C4–C5. Selon l'angle de la courbure C4 (plan vert), un corridor potentiel entre l'ICA et l'hypophyse permet l'accès au sinus caverneux postérieur (flèche jaune). SOF, fissure orbitaire supérieure ; OS, poutre optique ; OCR, encoche optico-carotidienne ; TS, tubercule sellaire (51).

Cette classification endoscopique de l'ACI a défini 4 formes artérielles caractéristiques en tant que types I à IV, s'étendant des segments C3 à C5 en fonction de l'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale du segment C4 (*figure 48*).

- a) **Type I** : Les spécimens de type I (25 %) présentaient la tortuosité la plus marquée au niveau de la courbure C4. L'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale du segment C4 était inférieur à 80° (*Figure 48A*). Les courbures C4 et C4-C5 étaient plus marquées et tortueuses que les autres types. De plus, la courbure C4 était toujours en contact avec l'hypophyse. Dans la moitié des spécimens de type I, la courbure C4 était située en arrière de l'hypophyse et ne pouvait pas être visualisée à l'aide de l'endoscope.
- b) **Type II** : Dans le cas du type II (35 %), la portion postérieure ascendante des segments C4 des deux côtés était plus verticale que dans le cas du type I. L'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale du segment C4 était compris entre 80° et 100° (*Figure 48B*). Dans 78 % des spécimens le segment C4 était en contact avec l'hypophyse : 21 % au niveau de la courbure C4 et 57 % le long de sa portion horizontale. Dans 14 % des cas, la courbure C4 dépassait en arrière de l'hypophyse.
- c) **Type III** : Les ACI de type III (15 %) présentaient une légère courbure. L'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale dépassait 100° (*Figure 48C*), avec la courbure C4 clairement visible. Les ACI étaient en contact avec l'hypophyse dans 66 % des spécimens, 33 % le long de la portion horizontale du segment C4 et 33 % au niveau de la courbure C4. La portion horizontale du segment C4 avait une direction supérieure et latérale. Dans l'ensemble, les ACI bilatérales de type III étaient moins tortueuses que celles des types I ou II.
- d) **Type IV** : Le type IV asymétrique (25 %) se différencie, en particulier, en ce qui concerne l'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale de C4 des artères gauche et droite (*Figure 48D*).

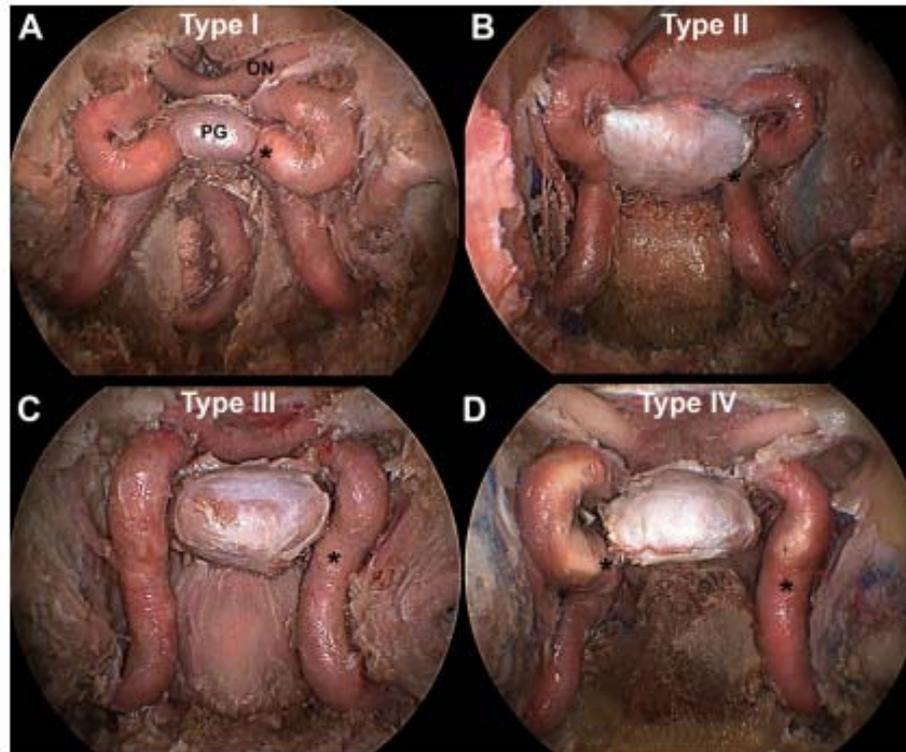


Figure 48 :

Vue endoscopique transnasale transsphénoïdale de la région parasellaire illustre que les types I à III sont symétriques, tandis que le type IV est asymétrique. (A) Dans le type I, l'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale du segment C4 est $< 80^\circ$, ce qui entraîne un contact direct entre l'hypophyse et l'ACI (ICA) et une configuration tortueuse de l'ICA. (B) Dans le type II, l'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale du segment C4 est compris entre 80° et 100° . (C) Dans le type III, l'angle entre la portion postérieure ascendante et la portion horizontale du segment C4 est $> 100^\circ$. L'ICA présente une légère courbure et est moins tortueuse que dans le type I ou le type II. (D) Les angles des ICA gauche et droite du type IV sont asymétriques. HG, hypophyse ; ON, nerf optique. *Courbure C4 (51).

Les 4 formes caractéristiques de l'ACI (symétriques dans les types I à III et asymétriques dans le type IV) peuvent être identifiées en préopératoire à l'aide de l'angiographie par résonance magnétique/tomodensitométrie. Lors de la planification chirurgicale, cette classification peut aider à anticiper les risques de lésions vasculaires potentielles. Le type I présenterait le plus grand risque de lésions vasculaires en raison de son contact entre l'ACI et l'hypophyse. Dans 50 % des spécimens, la courbure C4 se trouvait derrière l'hypophyse (Figure 48A). Le risque de

lésions vasculaires potentielles diminue dans les types II et III. Cela est particulièrement vrai pour ce dernier, qui assure au chirurgien l'existence d'un espace entre l'ACI et l'hypophyse.

Dans notre étude nous avons constaté une prédominance du type I et IV, cela pourrait servir au chirurgien de reconnaître et d'évaluer le risque de lésions peropératoires et donc d'assurer une sécurité de l'approche chirurgicale.

Plusieurs chercheurs ont décrit le trajet de l'ACI à partir d'une vue latérale transcrânienne (41,56,50). Les 3 formes, décrites par Lang (53) : – une forme en S dans 30 % des cas, droite dans 17 % des cas ou une forme intermédiaire dans 53 % des cas dans le cadre d'approches transcrâniennes, étaient similaires aux types I à III de l'ACI observés à partir des vues endoscopiques.

Dans le cadre d'une analyse angiographique visant à caractériser la forme de l'ACI, Lazorthes (50) a distingué 4 types en fonction de la tortuosité significative (49,1 %), de la moins tortueuse (24,1 %), de la presque droite (23,6 %) et de la droite (3,2 %).

Des études récentes (57–59), ont rapporté que les ACI sont symétriques bilatéralement. Cependant, on observe que les ACI n'étaient pas toujours des images miroir l'une de l'autre dans la classification de De Powell et al. qui ont désigné le type IV pour décrire cette asymétrie.

Dans notre série la carotide droite et gauche n'étaient pas symétriques et présentaient une légère variabilité en ce qui concerne la longueur et les angles de courbure.

Une autre variante essentielle à étudier qui est la distance entre l'ACI et l'hypophyse qui varie en fonction de l'anatomie des deux structures (56). Nous nous sommes concentrés sur cet espace car les tumeurs dans cette région peuvent envahir les structures environnantes avec risque de lésions vasculaires lors de la chirurgie de la région sellaire.

Selon H.Cebula et al., il existait un espace entre l'hypophyse et l'ACI caverneuse chez 20% des spécimens cadavériques qui facilitait l'accès à l'espace postérieur du sinus caverneux (*Figure 49*). Cet espace sert de corridor pour accéder aux tumeurs de la région sellaire. La compréhension de cette fenêtre anatomique est importante lorsque l'accès au sinus caverneux est nécessaire pour l'exérèse tumorale, en particulier car cette région est difficile à atteindre dans les approches transcrâniennes. L'accès chirurgical à la paroi médiale et postérieure du sinus

caverneux est aussi possible en rétractant l'hypophyse médialement ou en rétractant la courbure C4 ou C4-C5 de l'ACI latéralement. D'autres chercheurs ont décrit des triangles qui servent de corridors vers le sinus caverneux et la région paracaverneuse (60,61).

Dans notre étude, l'artère carotide droite et gauche était symétrique par rapport à l'hypophyse avec une distance respective de $4.96\text{mm}\pm 1.75$ et de $5.15\text{mm}\pm 1.53$.

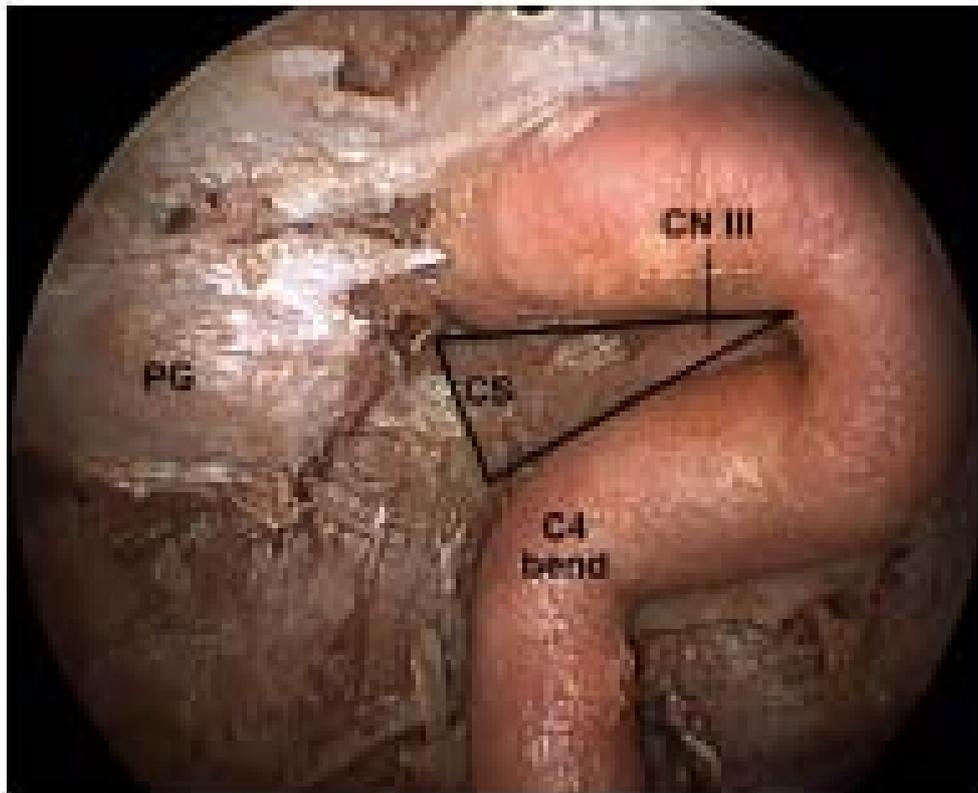


Figure 49 : Vue endoscopique transsphénoïdale d'un angle de type II (entre 80° et 100°) qui n'entre pas en contact avec l'hypophyse. Cet angle permet un corridor vers l'aspect postérieur du sinus caverneux et le nerf oculomoteur sans nécessiter la rétraction de l'ACI ou de l'hypophyse.
CN III, nerf oculomoteur ; CS, sinus caverneux ; PG, hypophyse (51).

Une autre étude approfondie du trajet de l'ACI mené par Herzallah et al. en 2007 (48) qui avait comme objectif d'introduire une "carte endoscopique" pour définir chaque segment de l'ACI et qui a permis d'analyser ses courbures en décrivant deux grand types : l'un avec une simple courbe caverneuse postérieure (type I) et l'autre avec une boucle caverneuse postérieure (type II). Cette dernière était la seule configuration décrite dans une recherche récente sur la

chirurgie du sinus caverneux endoscopique(59) . Dans cette étude, la forme de l'ACI a été comparée des deux côtés pour fournir au chirurgien une image endoscopique détaillée qui tient compte de différentes variantes. Dans le cas de l'ACI de type I, l'angle de courbure variait d'un sujet à l'autre. Dans le cas de l'ACI de type II, la présence de la boucle caverneuse postérieure réduisait significativement l'espace parasellaire et devrait être prise en considération lors de l'exploration endoscopique de cette zone.

L'utilisation croissante des approches endoscopiques transnasales a ravivé l'intérêt pour les variations anatomiques du trajet de l'ACI intracrânienne. Les approches endoscopiques de la région hypophysaire sont désormais courantes. Ce qui est le plus important pour garantir la sécurité de ces approches chirurgicales endoscopiques c'est une compréhension fondamentale et pratique de l'anatomie de l'ACI, de sa forme normale et de ses variations.

Étant donné que de nombreuses lésions le long de la base du crâne antérieure et moyenne déforment l'anatomie normale de l'ACI et, parfois, l'englobent et le rétrécissent, cette compréhension anatomique devient un outil nécessaire pour optimiser l'étendue de l'ablation et la sécurité de l'approche chirurgicale. Une étude minutieuse de l'imagerie préopératoire, y compris l'angioscanner avec des coupes fines à travers la base du crâne, est impérative dans l'évaluation préopératoire de toute lésion de la base du crâne.

IX. Anastomoses carotido-vertébrobasilaires :

Pendant le développement embryonnaire, des anastomoses primitives existent entre les artères carotides et vertébrobasilaires. Ces anastomoses régressent généralement ou sont incorporées dans le développement vasculaire en cours. Cependant, une persistance au-delà du développement fœtal entraîne des anomalies vasculaires qui modifient le flux hémodynamique, avec une prédisposition à la formation d'anévrismes (60).

L'existence de communications embryonnaires persistantes entre les systèmes artériels carotidien et vertébro-basilaire, ainsi que d'autres variations anatomiques, est largement reconnue. À mesure que les procédures endovasculaires deviennent de plus en plus courantes, la nécessité de comprendre en détail une telle anatomie, ainsi que les variations qui peuvent être

rencontrées, devient de plus en plus pressante. Ces variations anatomiques reflètent le développement embryonnaire de l'organisme et la phylogénie de l'espèce (6).

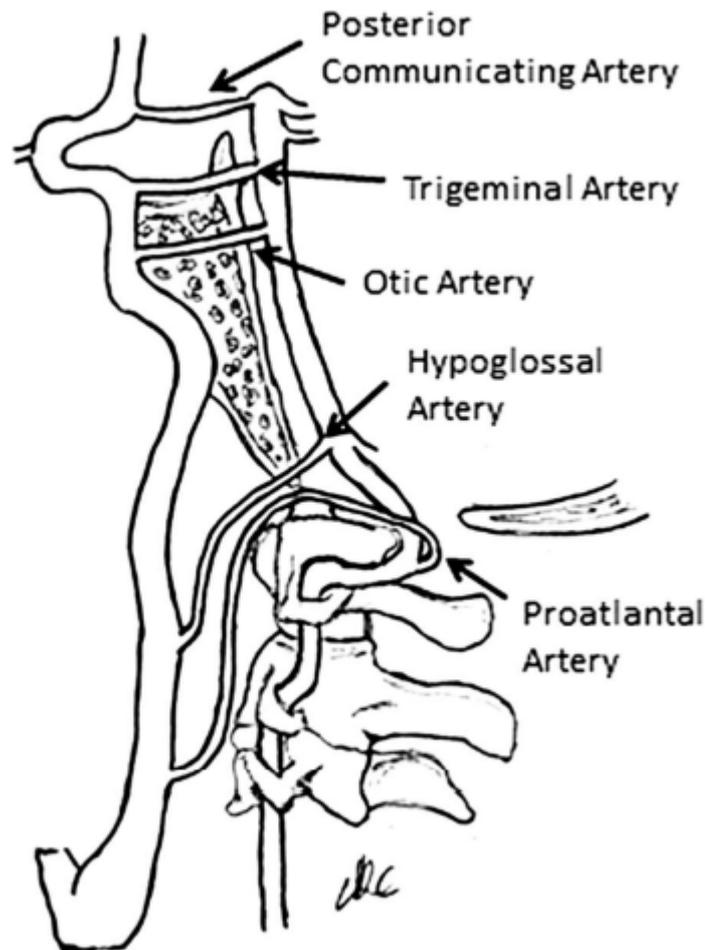


Figure 50: Illustration démontrant les anastomoses primitives carotido-vertébrobasilaires, comprenant (de l'inférieur vers le supérieur) les artères proatlantales, hypoglosses, otiques et trigéminales. Les artères proatlantales et hypoglosses proviennent des artères carotides cervicales. Les artères otiques et trigéminales prennent leur origine dans les segments intracrâniens des artères carotides internes (60).

L'anastomose fœtale carotido-vertébrobasilaire persistante la plus courante est l'artère trigéminale persistante (PTA), qui représente 80 % de toutes les anastomoses fœtales avec une prévalence d'environ 0,2 % dans la population générale. La PTA relie le segment caveux de l'ACI intracrânienne avec le segment distal de l'artère basilaire. Cela a été prouvé par une étude faite en 2017 par Jared Kirkland et al. (60) qui a décrit aussi d'autres anastomoses carotido-

vertébrobasilaires persistantes moins fréquentes telle que l'artère hypoglosse , l'artère proatlantale et l'artère otique primitive (61).

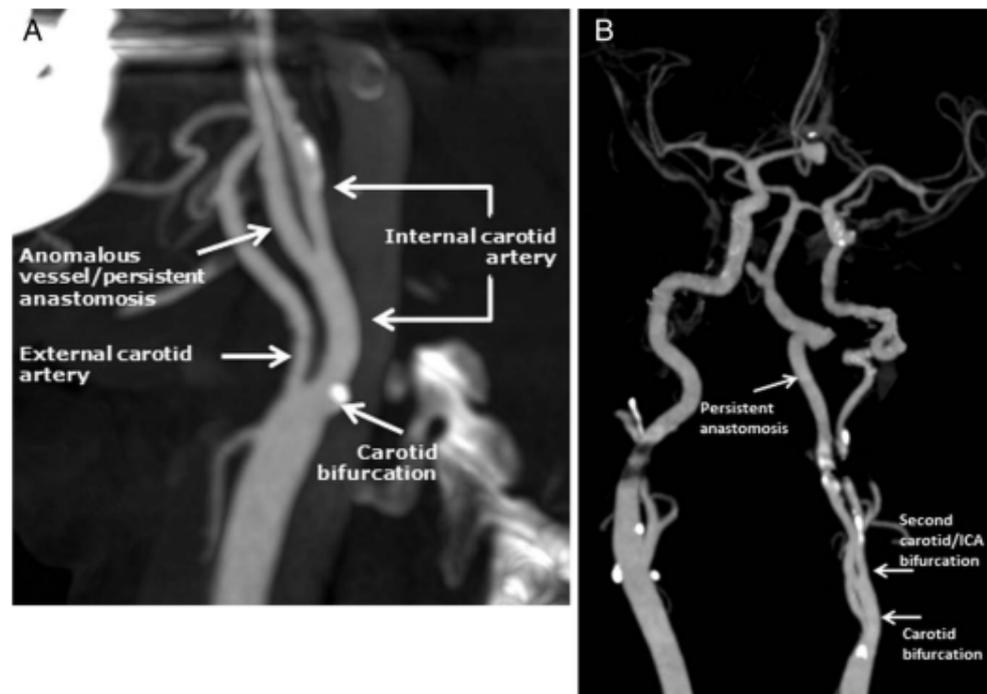


Figure 51: Angioscanner cérébrale et des troncs supra aortique illustrant l'origine et le trajet de la vascularisation anormale/persistante. (A) coupe sagittale montrant le vaisseau anormal/persistant prenant naissance de l'ACI cervicale proximale après sa bifurcation. (B) coupe frontale montrant l'artère fœtale anormale/persistante prenant naissance à partir de l'ACI cervicale et se poursuivant en intra crânial en tant qu'artère vertébrale (60).

Les patients présentant des anomalies vasculaires, y compris des anastomoses carotido-vertébrobasilaires persistantes, sont sujets à la formation d'anévrismes en raison d'altérations dans le flux hémodynamique normal. Les anévrismes se produisent généralement au niveau ou à proximité des vaisseaux anormaux et/ou au niveau des points de bifurcation vasculaire ou des origines artérielles (60).

La rareté de cette variation anatomique explique son absence dans notre série.

X. L'agénésie de l'artère carotide interne :

L'absence congénitale (agénésie) de l'ACI est une variation anatomique rare découverte fortuitement par l'imagerie, et dont l'incidence est d'environ 0,01% (62). L'agénésie de l'ACI est une interruption complète du développement de cette artère avec l'absence du canal carotidien ipsilatéral d'origine embryonnaire ; plus fréquemment, cette anomalie concerne **l'ACI gauche** (23). L'absence du canal carotidien osseux est essentielle pour différencier cette anomalie de l'occlusion chronique de l'ACI.

Bien que cette variation a été décrite dès le XVIII^e siècle (Tode a décrit le premier cas d'agénésie de l'ACI en 1787), de nos jours, moins de 100 cas ont été rapportés dans la littérature (63). L'agénésie de l'ACI est généralement découverte incidemment grâce à des examens de tomodensitométrie ou d'IRM cérébrale et/ou cervicale.

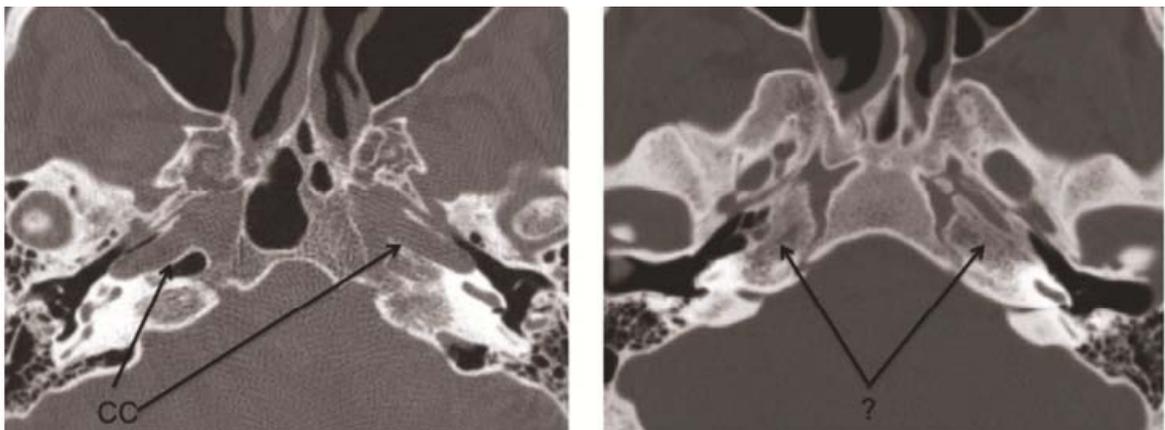


Figure 52: Réduction significative du calibre de l'ACI (64).

L'absence de l'ACI implique l'existence de voies alternatives pour assurer la vascularisation ipsilatérale. Dans l'agénésie de l'ACI, Lie a décrit 6 voies de circulation collatérale, désignées de type A à type F (67,68) : Le type A fait référence à l'absence unilatérale de l'ACI et à la circulation collatérale vers l'artère cérébrale antérieure (ACA) ipsilatérale à travers une artère communicante antérieure (ACOM) et vers l'artère cérébrale moyenne (ACM) ipsilatérale à partir de l'artère communicante postérieure hypertrophiée (PCOM). Le type B fait référence à l'absence unilatérale de l'ACI et à l'écoulement collatéral vers l'ACA et la ACM ipsilatérales à travers une

artère ACOM patente. Le type C fait référence à l'agénésie bilatérale de l'ACI avec alimentation de la circulation antérieure par une PCOM hypertrophiée. Le type D fait référence à l'agénésie unilatérale de l'ACI avec une communication inter caveuse vers le siphon carotidien ipsilatéral depuis le segment caveux de l'ACI controlatérale. Enfin, le type E fait référence aux ACIs bilatérales hypoplasiques alimentant l'ACA et les MCAs alimentées par des PCOMs élargies, et le type F fait référence à l'écoulement vers l'ACI à travers une anastomose transcrânienne depuis l'artère carotide externe (communément appelée "rete mirabile").

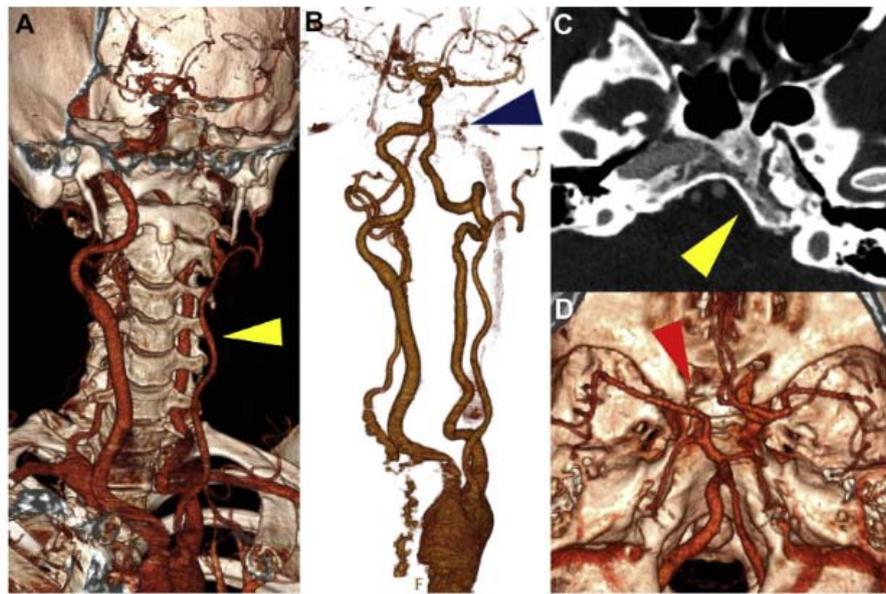


Figure 53: Reconstructions scanographiques montrant (A) l'hypoplasie de l'artère carotide commune ipsilatérale (flèche jaune) et (B) l'agénésie de l'ACI ipsilatérale (flèche bleue). L'image axiale de la TDM au niveau de l'ACI pétreux montre (C) l'absence du canal carotidien à la base du crâne (flèche jaune). Les reconstructions du cercle de Willis montrent (D) le type A de la circulation collatérale cérébrale selon la classification de Lie et une hypertrophie de la circulation vertébrobasilaire (flèche rouge) (66).

Selon plusieurs études, un grand nombre de patients sont asymptomatiques, car le développement d'une circulation collatérale assure la perfusion cérébrale (67). Les symptômes possibles comprennent un retard du développement psychomoteur, une surdité, une hémiparésie, une vision floue, un syndrome de Horner ipsilatéral et une hémorragie intracrânienne due à la rupture d'anévrismes (23,68,69,71-73). D'autres anomalies telles que

l'agénésie du corps calleux, le méningocèle, la coarctation aortique, la neurofibromatose et les anomalies cardiaques peuvent être associées à l'agénésie de l'ACI (70).

XI. Limites de l'étude :

- ❖ Limites de l'angioscanner :
 - La limite externe de l'artère est parfois difficile à préciser : surtout chez les sujets minces car la paroi artérielle est au contact des tissus environnants.
 - Le temps d'acquisition est court, les vasas vasorum de l'adventice sont de moins en moins opacifiés. L'aspect typique en cible est de moins en moins fréquent.
 - Artefacts métalliques d'origine dentaire pour le segment sous pétreux des artères carotides internes.
- ❖ Dans notre série, l'échantillon était hétérogène concernant l'âge et le sexe, ne permettant pas d'évaluer leur relation avec les différentes variables de l'ACI.
- ❖ Une taille d'échantillon plus élevée permettrait des conclusions plus pertinentes sur le plan statistique.
- ❖ L'absence actuelle au Maroc de texte de loi autorisant la dissection anatomique sur cadavre qui garde un grand intérêt à tous les niveaux de formation médicale ainsi que pour la recherche scientifique (71).
- ❖ Rareté de la littérature bibliographique se rapportant à ce sujet.



*CONCLUSION ET
RECOMMANDATIONS*



Les avancées technologiques dans le domaine de l'imagerie médicale ont établi l'angiographie par tomodensitométrie (l'angiostanner) comme un outil essentiel pour étudier la vascularisation cérébrale. Elle offre non seulement des images angiographiques de haute résolution, mais également d'excellents détails des structures environnantes surtout osseuses. Ceci peut être très important pour l'étude anatomiques de l'ACI.

Une connaissance détaillée de l'anatomie de l'ACI, y compris de ses variations, ainsi que l'expertise chirurgicale, contribueront à réduire l'incidence des complications chirurgicales qui engagent le pronostic vital du patient.

Au terme de cette étude, nous retiendrons que plusieurs paramètres doivent être pris en considération lors de la chirurgie de la base du crâne notamment le trajet de l'ACI et les angles qu'elle forme, ainsi que la distance de l'ACI dans sa portion caverneuse avec l'hypophyse lors de toute chirurgie de la région sellaire.

Ainsi, nous pouvons émettre les recommandations suivantes :

- ❖ Réitérer l'étude sur un plus grand nombre de sujets de préférence sans pathologie vasculaire ou autre pouvant modifier l'anatomie de l'ACI.
- ❖ Sensibilisation des chirurgiens à l'importance de connaître l'anatomie de l'ACI.
- ❖ Sensibilisation des radiologues à l'importance d'étudier le trajet de l'ACI dans ces différents angles de courbure ainsi que ses rapports avec les éléments de voisinage notamment l'hypophyse.
- ❖ Coopération entre les chirurgiens ORL, neurochirurgiens et les radiologues lors de toute intervention chirurgicale de la base du crane
- ❖ L'identification préopératoire de l'anatomie de l'ACI est avantageuse pour la planification de l'acte chirurgicale.
- ❖ Les lésions de l'ACI sont l'une des complications les plus désastreuses qui peuvent survenir lors d'une chirurgie de la base du crâne d'où la nécessité d'une étude anatomo-radiologique dans le cadre du bilan préopératoire.

- ❖ Orienter les études prochaines pour développer un modèle multidisciplinaire prenant en compte les différents paramètres influençant l'anatomie de l'ACI.
- ❖ L'angioscanner peut être utilisé comme alternative à l'angio-IRM pour étudier non seulement l'anatomie de l'ACI mais aussi ses rapports avec les éléments de voisinage, il doit être réalisé dans un contexte pré-interventionnel ou pré chirurgical de toutes les pathologies du cou et de la base du crâne.
- ❖ Intérêt irréfutable des dissections anatomiques pour l'enseignement et la recherche scientifique.



RESUMES



Résumé

Introduction :

La carotide interne s'étend de la bifurcation de la carotide primitive jusqu'à la base du crâne, elle monte d'abord dans la région carotidienne, et traverse ensuite de bas en haut l'espace latéro-pharyngien, puis le canal carotidien et le sinus caverneux, pour déboucher enfin dans la cavité crânienne. Elle émet une branche collatérale, l'artère ophtalmique et se termine en quatre branches : l'artère cérébrale antérieure, l'artère cérébrale moyenne, l'artère communicante postérieure et l'artère choroïdienne antérieure.

Plusieurs systèmes de nomenclature ont tenté de proposer une classification précise et utile pour orienter la microchirurgie et l'endoscopie, permettant ainsi une meilleure performance chirurgicale tout en évitant les complications peropératoires qui sont graves et peuvent entraîner le décès sur table.

Objectif de l'étude :

Notre étude vise à évaluer l'apport de l'angioscanner dans l'étude des variations anatomiques de l'artère carotide interne et analyser ses implications chirurgicales.

Matériels et méthodes :

Il s'agit d'une étude descriptive prospective, portant sur une série de 10 patients, pour un total de 20 images scanographiques de l'artère carotide interne réalisées à l'hôpital Avicenne de Marrakech, en collaboration entre le service d'ORL, de neurochirurgie et de radiologie. Tous les patients ont bénéficié d'un angioscanner cérébral et des troncs supra-aortique. Les paramètres étudiés ont été les suivants : l'Age, le sexe, l'indication de l'angioscanner, le diamètre de l'artère carotide interne, la longueur de l'artère les angles que forment ses différents segments, sa distance avec l'hypophyse, la distance inter carotidienne, les anastomoses carotido-basilaires et l'agénésie de l'artère carotide interne.

Résultats :

L'âge moyen de nos patients était de 67.8 ans, avec une prédominance masculine (80%). L'accident vasculaire cérébral et l'infarctus du myocarde étaient les indications les plus fréquentes pour réaliser un angioscanner cérébral et des troncs supra-aortique.

La faible variabilité intra-individuelle du diamètre de l'artère carotide interne permettrait d'utiliser le diamètre controlatéral comme référence pour l'estimation du degré de sténose dans les cas où la mesure ipsilatérale est difficile.

Le trajet et surtout les angles de courbure de l'artère carotide interne doivent être prises en considération lors de toute chirurgie du cou et de la base du crâne, permettant ainsi de classifier l'artère carotide interne dans ses différents segments pour évaluer le risque opératoire.

Conclusion :

Au terme de cette étude, nous retiendrons que l'angioscanner a un apport conséquent dans l'étude anatomique de l'artère carotide interne fournissant des résultats précis pour le chirurgien afin d'éviter toute lésion iatrogène de ce vaisseau largement exposé que ce soit par voie transcrânienne ou endoscopique.

Summary

Introduction:

The internal carotid artery extends from the bifurcation of the primitive carotid artery to the skull base, ascending first in the carotid region, then traversing the lateropharyngeal space, the carotid canal and the cavernous sinus, to finally emerge into the cranial cavity. It emits a collateral branch, the ophthalmic artery, and terminates in four branches: the anterior cerebral artery, the middle cerebral artery, the posterior communicating artery and the anterior choroidal artery.

Several nomenclature systems have attempted to propose a precise and useful classification to guide microsurgery and endoscopy, thus enabling better surgical performance while avoiding intraoperative complications which are serious and can lead to death.

Study objective:

The aim of our study is to demonstrate the contribution of computed tomography angiography to the study of anatomical variations in the internal carotid artery, and to analyze its surgical implications.

Materials and methods:

This is a prospective descriptive study, involving a series of 10 patients, for a total of 20 CT images of the internal carotid artery performed at the Avicenne Hospital in Marrakech, in collaboration between the ENT, neurosurgery and radiology departments. All patients underwent cerebral and supra-aortic CT-scanning. The following parameters were studied: age, sex, indication for CT scan, diameter of the internal carotid artery, length of the artery, angles formed by its various segments, distance from the pituitary gland, intercarotid distance, carotid-basilar anastomoses and agenesis of the internal carotid artery.

Results:

The mean age of our patients was 67.8 years, with a male predominance (80%). Stroke and myocardial infarction were the most frequent indications for cerebral and supra-aortic CT-scanning.

The low intra-individual variability of internal carotid artery diameter would allow the contralateral diameter to be used as a reference for estimating the degree of stenosis in cases where ipsilateral measurement is difficult.

The path and, above all, the angles of curvature of the internal carotid artery must be taken into consideration during all neck and skull base surgery, enabling the internal carotid artery to be classified into its various segments for the purpose of assessing operative risk.

Conclusion:

At the end of this study, we can conclude that CT angiography makes a significant contribution to the anatomical study of the internal carotid artery, providing the surgeon with precise results to avoid iatrogenic injury to this widely exposed vessel, whether by open or endoscopic means.

ملخص

مقدمة

يمتد الشريان السباتي الداخلي من تشعب الشريان السباتي البدائي إلى قاعدة الجمجمة، ويصعد أولاً في منطقة الشريان السباتي، ثم يعبر من أسفل إلى أعلى الحيز البلعومي الجانبي، ثم القناة السباتية والجيب الكهفي، ليخرج أخيراً إلى التجويف القحفي. وله فرع جانبي، وهو الشريان العيني وينتهي بأربعة فروع: الشريان الدماغي الأمامي، والشريان الدماغي الأوسط، والشريان المتصل الخلفي، والشريان المشيمي الأمامي. وقد حاولت العديد من أنظمة التسميات اقتراح تصنيف دقيق ومفيد لتوجيه الجراحة المجهرية والتنظير الداخلي، مما يسمح بأداء جراحي أفضل مع تجنب المضاعفات أثناء الجراحة، والتي تعتبر خطيرة ويمكن أن تؤدي إلى الوفاة على طاولة العمليات

هدف الدراسة

تهدف دراستنا إلى إظهار مساهمة تصوير الأوعية الطبقي المبرمج في دراسة الاختلافات التشريحية للشريان السباتي الداخلي وتحليل آثاره الجراحية.

المواد والأساليب

هذه دراسة وصفية مستقبلية، تشمل سلسلة من 10 مرضى، لما مجموعه 20 صورة مسح للشريان السباتي الداخلي، تم إجراؤها بمستشفى ابن سينا بمراكش، بالتعاون بين قسم الأنف والأذن والحنجرة وجراحة الأعصاب والأشعة. خضع جميع المرضى لتصوير الأوعية المقطعية للدماغ وجذوع فوق الأبهري. كانت المعلومات التي تمت دراستها كما يلي: العمر، الجنس، إشارة تصوير الأوعية المقطعية، قطر الشريان السباتي الداخلي، طول الشريان السباتي الداخلي، الزوايا التي تشكل الأجزاء المختلفة للشريان السباتي الداخلي، مسافة الشريان السباتي الداخلي من الغدة النخامية، المسافة بين السباتي، مفاغرة الشريان السباتي القاعدي وعدم تكوين الشريان السباتي الداخلي.

نتائج

كان متوسط أعمار مرضانا 67.8 سنة، مع غلبة الذكور (80%). كانت السكتة الدماغية واحتشاء عضلة القلب أكثر المؤشرات شيوعاً لتصوير الأوعية الطبقي المبرمج. إن التباين المنخفض بين الأفراد في قطر الشريان السباتي الداخلي يجعل من الممكن استخدام القطر المقابل كمرجع لتقدير درجة التضيق في الحالات التي يصعب فيها قياس القطر المقابل كمرجع لتقدير درجة التضيق في الحالات التي يصعب فيها القياس من الجانب الأبهري.

يجب أن يؤخذ المسار وقبل كل شيء زوايا الانحناء في الاعتبار أثناء أي عملية جراحية في الرقبة وقاعدة الجمجمة، وخاصة في الجزء الكهفي عند الاقتراب من الغدة النخامية

خاتمة

في نهاية هذه الدراسة، يمكننا أن نستنتج أن تصوير الأوعية الطبقي المبرمج الدماغي له دور مهم في الدراسة التشريحية للشريان السباتي الداخلي، مما يوفر للجراح نتائج دقيقة من أجل تجنب أي إصابة علاجية المنشأ لهذا الوعاء الدموي المكشوف على نطاق واسع، سواء كان ذلك بالوسائل المفتوحة أو بالمنظار



ANNEXES



FICHE D'EXPLOITATION :

- BE :
- Identité :
- AGE :ans, SEXE : M F
- Motif de consultation :

• Interprétation de l'angiScanner :

1. Carotide droite :

a. Diamètre :

- i. Cervical :mm
- ii. Intracrânien :mm
- Segment communicant :mm
- iii. Décroissant : oui non

b. Longueur :

- i. Cervical :mm
- ii. Intracrânien :mm
- iii. Décroissant : oui non

c. Angles :

- i. C1-C2 :°
- ii. C2-C3 :°
- iii. C3-C4 :°
- iv. C5-C6 :°

d. Distance avec l'hypophyse : ...mm

2. Carotide gauche :

a. Diamètre:

- i. Cervical :mm
- ii. Intracrânien :mm
- Segment communicant :mm
- iii. Décroissant : oui non

b. Longueur :

- i. Cervicale:mm
- ii. Intracrânienne:.....mm
- iii. Décroissant : oui non

c. Angles :

- i. C1-C2 :..... °
- ii. C2-C3 :..... °
- iii. C3-C4 :..... °
- iv. C5-C6 :..... °

d. Distance avec l'hypophyse:.....mm

3. Interprétation générale :

a. Distance inter-carotidienne :

- i. Au niveau cervicale:.....mm
- ii. Au niveau communiquant : ...mm

b. Anastomose carotido-basilaire :

- i. Trigéminal :
- ii. Artère hypoglosse :
- iii. Artère proatlantale :
- iv. Artère otique :
- v. Autre :
- vi. Pas D'anastomose

c. Agénésie :

- i. ACI droite
- ii. ACI gauche
- iii. Bilatéral
- iv. Pas d'agénésie



BIBLIOGRAPHIE

1. **Bocanegra-Becerra JE, Canaz G, Vatcheva C, Wellington J.**
Internal Carotid Artery Classification Systems: An Illustrative Review. *World Neurosurg.* juill 2022;163:41-9.
2. **Wolman DN, Moraff AM, Heit JJ.**
Anatomy of the Intracranial Arteries: The Internal Carotid Artery. *Neuroimaging Clin N Am.* août 2022;32(3):603-15.
3. **Dusick JR, Esposito F, Malkasian D, Kelly DF.**
Avoidance of carotid artery injuries in transsphenoidal surgery with the Doppler probe and micro-hook blades. *Neurosurgery.* avr 2007;60(4 Suppl 2):322-8; discussion 328 – 329.
4. **Kc P, A G, G I, Pk A, V V.**
Microsurgical anatomy of the internal carotid artery at the skull base. *J Laryngol Otol* [Internet]. janv 2022 [cité 14 janv 2024];136(1). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34725000/>
5. **van der Lugt A, Buter TC, Govaere F, Siepmann D a. M, Tanghe HLJ, Dippel DWJ.**
Accuracy of CT angiography in the assessment of a fetal origin of the posterior cerebral artery. *Eur Radiol.* sept 2004;14(9):1627-33.
6. **Zampakis P, Panagiotopoulos V, Petsas T, Kalogeropoulou C.**
Common and uncommon intracranial arterial anatomic variations in multi-detector computed tomography angiography (MDCTA). What radiologists should be aware of. *Insights Imaging.* 14 févr 2015;6(1):33-42.
7. **Head, Neck,**
and Neuroanatomy THIEME Atlas of Anatomy 2nd.
8. **SYSTEME-CAROTIDIEN.pdf** [Internet]. [cité 1 févr 2024]. Disponible sur: <http://anatomie-fmpm.uca.ma/wp-content/uploads/2021/09/SYSTEME-CAROTIDIEN.pdf>
9. **Artère carotide interne – e-Anatomy – IMAIOS** [Internet]. [cité 29 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.imaios.com/en/e-anatomy/anatomical-structure/internal-carotid-artery-1553668012>
10. **Bouthillier A, van Loveren HR, Keller JT.**
Segments of the internal carotid artery: a new classification. *Neurosurgery.* mars 1996;38(3):425-32; discussion 432–433.

11. **Obrenovic M.**
Vascularisation du cou et de la tête révélée par imagerie médicale et par dissection: élaboration d'un nouvel outil didactique pour l'enseignement [Internet]. Université de Lausanne, Faculté de biologie et médecine; 2015 [cité 6 nov 2023]. Disponible sur: https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB_6041D92D0CAE
12. **Labib MA, Prevedello DM, Carrau R, Kerr EE, Naudy C, Abou Al-Shaar H, et al.**
A road map to the internal carotid artery in expanded endoscopic endonasal approaches to the ventral cranial base. *Neurosurgery*. sept 2014;10 Suppl 3:448-71; discussion 471.
13. **Daniel RT.**
Lausanne, le 12 décembre 2016.
14. **A road map to the internal carotid artery in expanded endoscopic endonasal approaches to the ventral cranial base – PubMed [Internet].** [cité 7 nov 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24717685/>
15. **Bonfils P.**
Anatomie. 3, ORL [Internet]. Paris : Flammarion Médecine–Sciences; 1998 [cité 6 nov 2023]. 422 p. Disponible sur: <http://archive.org/details/anatomie3orl0000bonf>
16. **Liu J, Pinheiro–Neto CD, Fernandez–Miranda JC, Snyderman CH, Gardner PA, Hirsch BE, et al.**
Eustachian tube and internal carotid artery in skull base surgery: An anatomical study: ET and ICA in Skull Base Surgery. *The Laryngoscope*. déc 2014;124(12):2655-64.
17. **Castelnuovo P, Dallan I, Tschabitscher M.**
Surgical Anatomy of the Internal Carotid Artery: An Atlas for Skull Base Surgeons [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 2013 [cité 6 nov 2023]. Disponible sur: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-642-29664-2>
18. **Castelnuovo P, Dallan I, Tschabitscher M. Intracranial Segment. In: Castelnuovo P, Dallan I, Tschabitscher M, éditeurs.**
Surgical Anatomy of the Internal Carotid Artery: An Atlas for Skull Base Surgeons [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 2013 [cité 7 nov 2023]. p. 81-158. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-642-29664-2_3
19. **Snyderman CH, Kassam AB, Carrau R, Mintz A.**
Endoscopic approaches to the petrous apex. *Oper Tech Otolaryngol–Head Neck Surg*. 1 sept 2006;17(3):168-73.

20. **Cao P.**
Prototypage rapide des artères carotides et étude de l'évolution du vortex au niveau de la bifurcation carotidienne par caméra rapide et IRM.
21. **Cao P.**
Prototypage rapide des artères carotides et étude de l'évolution du vortex au niveau de la bifurcation carotidienne par caméra rapide et IRM [Internet] [phdthesis]. Université de Technologie de Compiègne; 2014 [cité 7 nov 2023]. Disponible sur:
<https://theses.hal.science/tel-01062060>
22. **Dungan DH, Heiserman JE.**
The carotid artery: embryology, normal anatomy, and physiology. *Neuroimaging Clin N Am.* nov 1996;6(4):789-99.
23. **Kiritsi O, Noussios G, Tsitas K, Lappas D.**
Unilateral agenesis of the internal carotid artery presented as transient ischaemic attack: a case report. *Surg Radiol Anat SRA.* juill 2012;34(5):475-7.
24. **Butler P, Mitchell AWM, Healy JC, Beauthier JP, Lefèvre P.**
Radiologie anatomique. Louvain-la-Neuve [Paris]: De Boeck; 2014.
25. **Holtz J.**
Peripheral Circulation: Fundamental Concepts, Comparative Aspects of Control in Specific Vascular Sections, and Lymph Flow. In: Greger R, Windhorst U, éditeurs. *Comprehensive Human Physiology: From Cellular Mechanisms to Integration* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 1996 [cité 7 nov 2023]. p. 1865-915. Disponible sur:
https://doi.org/10.1007/978-3-642-60946-6_95
26. **Bocanegra-Becerra JE, Canaz G, Vatcheva C, Wellington J.**
Internal Carotid Artery Classification Systems: An Illustrative Review. *World Neurosurg.* 1 juill 2022;163:41-9.
27. **Shapiro M, Becske T, Riina HA, Raz E, Zumofen D, Jafar JJ, et al.**
Toward an Endovascular Internal Carotid Artery Classification System. *Am J Neuroradiol.* 1 févr 2014;35(2):230-6.
28. **Bocanegra-Becerra JE, Canaz G, Vatcheva C, Wellington J.**
Internal Carotid Artery Classification Systems: An Illustrative Review. *World Neurosurg.* juill 2022;163:41-9.

29. **Chin OY, Ghosh R, Fang CH, Baredes S, Liu JK, Eloy JA.**
Internal carotid artery injury in endoscopic endonasal surgery: A systematic review. *The Laryngoscope*. mars 2016;126(3):582-90.
30. **Koskinen SM, Soinne L, Valanne L, Silvennoinen H.**
The normal internal carotid artery: a computed tomography angiographic study. *Neuroradiology*. sept 2014;56(9):723-9.
31. **Jaffrin MY, Goubel F.**
Biomécanique des fluides et des tissus. Paris Milan Barcelone: Masson; 1998. 454 p.
32. **Gupta A, Gialdini G, Lerario MP, Baradaran H, Giambone A, Navi BB, et al.**
Magnetic resonance angiography detection of abnormal carotid artery plaque in patients with cryptogenic stroke. *J Am Heart Assoc*. 15 juin 2015;4(6):e002012.
33. **Bartlett ES, Walters TD, Symons SP, Fox AJ.**
Quantification of carotid stenosis on CT angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*. janv 2006;27(1):13-9.
34. **Measurement of Carotid Stenosis on Computed Tomographic Angiography: Reliability Depends on Postprocessing Technique – Peter Howard, Eric S. Bartlett, Sean P. Symons, Allan J. Fox, R.I. Aviv, 2010 [Internet]. [cité 12 nov 2023]. Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.carj.2009.10.013>**
35. **Wollschlaeger PB, Wollschlaeger G.**
Anterior cerebral–internal carotid artery and middle cerebral–internal carotid artery ratios. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1966;5:615-20.
36. **Limbu YR, Gurung G, Malla R, Rajbhandari R, Regmi SR.**
Assessment of carotid artery dimensions by ultrasound in non–smoker healthy adults of both sexes. *Nepal Med Coll J NMCJ*. sept 2006;8(3):200-3.
37. **Krejza J, Arkuszewski M, Kasner SE, Weigle J, Ustymowicz A, Hurst RW, et al.**
Carotid artery diameter in men and women and the relation to body and neck size. *Stroke*. avr 2006;37(4):1103-5.
38. **Baz RA, Scheau C, Niscoveanu C, Bordei P.**
Morphometry of the Entire Internal Carotid Artery on CT Angiography. *Medicina (Mex)*. août 2021;57(8):832.

39. (PDF) THE INNER DIAMETER OF ARTERIES OF THE CIRCLE OF WILLIS REGARDING GENDER AND AGE ON MAGNETIC RESONANCE ANGIOGRAPHY [Internet]. [cité 12 nov 2023]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/304081397_THE_INNER_DIAMETER_OF_ARTERIES_OF_THE_CIRCLE_OF_WILLIS_REGARDING_GENDER_AND_AGE_ON_MAGNETIC_RESONANCE_ANGIOGRAPHY
40. Angiographic Morphometry of Internal Carotid Artery Circulation in Turkish Children – PubMed [Internet]. [cité 12 nov 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26242339/>
41. Gabrielsen TO, Greitz T. Normal size of the internal carotid, middle cerebral and anterior cerebral arteries. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. janv 1970;10(1):1-10.
42. Ozdemir H, Artaş H, Serhatlioğlu S, Oğur E. Effects of overweight on luminal diameter, flow velocity and intima-media thickness of carotid arteries. *Diagn Interv Radiol Ank Turk*. sept 2006;12(3):142-6.
43. Del Corso L, Moruzzo D, Conte B, Agelli M, Romanelli AM, Pastine F, et al. Tortuosity, kinking, and coiling of the carotid artery: expression of atherosclerosis or aging? *Angiology*. mai 1998;49(5):361-71.
44. Sacco S, Totaro R, Baldassarre M, Carolei A. Morphological variations of the internal carotid artery: Prevalence, characteristics and association with cerebrovascular disease. *Int J Angiol*. juin 2007;16(02):59-59.
45. Aspects épidémiologiques des accidents vasculaires cérébraux (AVC) aux urgences de l'institut de cardiologie d'Abidjan (ICA) – PMC [Internet]. [cité 18 janv 2024]. Disponible sur: <https://ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4546777/>
46. Jittapiromsak P, Sabuncuoglu H, Deshmukh P, McDougall CG, Spetzler RF, Preul MC. Anatomical Relationships of Intracavernous Internal Carotid Artery to Intracavernous Neural Structures. *Skull Base*. sept 2010;20(05):327-36.
47. Grand W. The anatomy of the brain, by Thomas Willis. *Neurosurgery*. nov 1999;45(5):1234-6; discussion 1236-1237.

48. **Endoscopic endonasal study of the internal carotid artery course and variations – PubMed [Internet].** [cité 3 nov 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17621806/>
49. **S Y, H K, O E, B H, E K.**
Clinical importance of the basal cavernous sinuses and cavernous carotid arteries relative to the pituitary gland and macroadenomas: quantitative analysis of the complete anatomy. *Surg Neurol* [Internet]. août 2008 [cité 3 nov 2023];70(2). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18262607/>
50. **Lazorthes, G.**
– Persée [Internet]. [cité 3 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.persee.fr/authority/71288>
51. **Cebula H, Kurbanov A, Zimmer LA, Poczos P, Leach JL, De Battista JC, et al.**
Endoscopic, Endonasal Variability in the Anatomy of the Internal Carotid Artery. *World Neurosurg.* 1 déc 2014;82(6):e759-64.
52. **Vijaywargiya M, Deopujari R, Athavale SA.**
Anatomical study of petrous and cavernous parts of internal carotid artery. *Anat Cell Biol.* sept 2017;50(3):163-70.
53. **Lang J.**
Transnasal Approach to the Pituitary Region. In: Lang J, éditeur. *Clinical Anatomy of the Head: Neurocranium · Orbit · Craniocervical Regions* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer; 1983 [cité 4 nov 2023]. p. 145-67. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-642-68242-1_7
54. **Ir H, Rr C.**
Endoscopic endonasal study of the internal carotid artery course and variations. *Am J Rhinol* [Internet]. juin 2007 [cité 4 nov 2023];21(3). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17621806/>
55. **Anatomical relationships of intracavernous internal carotid artery to intracavernous neural structures – PubMed [Internet].** [cité 4 nov 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21358996/>
56. **Kitano M, Taneda M, Shimono T, Nakao Y.**
Extended transsphenoidal approach for surgical management of pituitary adenomas invading the cavernous sinus. *J Neurosurg.* janv 2008;108(1):26-36.

57. **Inoue T, Rhoton AL, Theele D, Barry ME.**
Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study. *Neurosurgery*. juin 1990;26(6):903-32.
58. **Isolan G, de Oliveira E, Mattos JP.**
Microsurgical anatomy of the arterial compartment of the cavernous sinus: analysis of 24 cavernous sinus. *Arq Neuropsiquiatr*. juin 2005;63(2A):259-64.
59. **Alfieri A, Jho HD.**
Endoscopic endonasal cavernous sinus surgery: an anatomic study. *Neurosurgery*. avr 2001;48(4):827-36; discussion 836–837.
60. **Kirkland JD, Dahlin BC, O'Brien WT.**
Republished: The transclival artery: a variant persistent carotid–basilar arterial anastomosis not previously reported. *J NeuroInterventional Surg*. mars 2017;9(3):e11-e11.
61. **Menshawi K, Mohr JP, Gutierrez J.**
A Functional Perspective on the Embryology and Anatomy of the Cerebral Blood Supply. *J Stroke*. mai 2015;17(2):144-58.
62. **Sahin H, Cinar C, Oran I.**
Carotid and vertebrobasilar rete mirabile: A case report. *Surg Radiol Anat SRA*. 1 août 2009;32:95-8.
63. **Lee JH, Oh CW, Lee SH, Han DH.**
Aplasia of the internal carotid artery. *Acta Neurochir (Wien)*. févr 2003;145(2):117-25; discussion 125.
64. **Bilateral congenital absence of the internal carotid arteries: a case report – PMC [Internet].** [cité 14 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6138939/>
65. **Given CA, Huang–Hellinger F, Baker MD, Chepuri NB, Morris PP.**
Congenital absence of the internal carotid artery: case reports and review of the collateral circulation. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001;22(10):1953-9.
66. **Pierro A, Cilla S, Cucci E, Sallustio G.**
Computed tomography angiography of unilateral agenesis of the internal carotid artery: 2 cases report with focus on embryology, collateral pathways, and imaging. *Radiol Case Rep*. 1 sept 2017;12(3):606-9.

67. **Ra B, C S, C N, P B.**
Morphometry of the Entire Internal Carotid Artery on CT Angiography. Med Kaunas Lith [Internet]. 17 août 2021 [cité 15 janv 2024];57(8). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34441039/>
68. **Pacheco-Perea E, Lerma C, Flores-Batres A, León-Guerrero E, Torres-Machorro A.**
Bilateral hypoplasia of the internal carotid artery. Acta Neurol Belg. févr 2023;123(1):255-7.
69. **P Z, Z W, Fx Y, H L, Xh L, Wh F, et al.**
The clinical presentation and collateral pathway development of congenital absence of the internal carotid artery. J Vasc Surg [Internet]. oct 2018 [cité 15 janv 2024];68(4). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29789216/>
70. **Dinc H, Alioglu Z, Erdol H, Ahmetoglu A.**
Agenesis of the Internal Carotid Artery Associated with Aortic Arch Anomaly in a Patient with Congenital Horner's Syndrome.
71. **presentation-La-dissection-du-corps-humain-pour-lenseignement-et-la-recherche-en-anatomie.pdf** [Internet]. [cité 31 janv 2024]. Disponible sur: <http://anatomie-fmpm.uca.ma/wp-content/uploads/2022/03/presentation-La-dissection-du-corps-humain-pour-lenseignement-et-la-recherche-en-anatomie.pdf>



قسم الطبيب

أقسِمُ بِاللَّهِ الْعَظِيمِ

أَن أَرَأِبَ اللَّهِ فِي مِهْنَتِي.

وَأَن أَصُونَ حَيَاةَ الْإِنْسَانِ فِي كَأْفَةِ أَطْوَارِهَا فِي كُلِّ الظُّرُوفِ
وَالْأَحْوَالِ بَاذِلَةً وَسَعِيًّا فِي إِنْقَاذِهَا مِنَ الْهَلَاكِ وَالْمَرَضِ
وَالْأَلَمِ وَالْقَلْقِ.

وَأَن أَحْفَظَ لِلنَّاسِ كِرَامَتَهُمْ، وَأَسْتُرَ عَوْرَتَهُمْ، وَأَكْتَمَ سِرَّهُمْ.
وَأَن أَكُونَ عَلَى الدَّوَامِ مِنْ وَسَائِلِ رَحْمَةِ اللَّهِ، بَاذِلَةً رِعَايَتِي الطَّبِيبَةَ لِلْقَرِيبِ وَالْبَعِيدِ،
لِلصَّالِحِ وَالطَّالِحِ، وَالصَّدِيقِ وَالْعَدُوِّ.

وَأَن أَثَابِرَ عَلَى طَلَبِ الْعِلْمِ، وَأَسَخَّرَهُ لِنَفْعِ الْإِنْسَانِ لَا لِأَذَاهِ.
وَأَن أُوقِرَ مَنْ عَلَّمَنِي، وَأُعَلِّمَ مَنْ يَصْغُرَنِي، وَأَكُونَ أَخْتًا لِكُلِّ زَمِيلٍ فِي الْمِهْنَةِ
الطَّبِّيبَةِ مُتَعَاوِنِينَ عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَى.

وَأَن تَكُونَ حَيَاتِي مِصْدَاقَ إِيمَانِي فِي سِرِّي وَعَلَانِيَتِي، نَقِيَّةً مِمَّا يُشِينُهَا تَجَاهَ
اللَّهِ وَرَسُولِهِ وَالْمُؤْمِنِينَ.

وَاللَّهُ عَلَى مَا أَقُولُ شَهِيدٌ

دور التصوير المقطعي للأوعية الدماغية في دراسة الاختلافات التشريحية للشريان السباتي الداخلي

الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2024/02/28

من طرف

السيدة اميمة التيجاني مضر

المزادة في 17 ديسمبر 1997 بمراكش

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية:

الشريان السباتي الداخلي - الاختلافات التشريحية - التصوير المقطعي للأوعية
- الآثار الجراحية.

اللجنة

الرئيس

أ. أبوشادي

السيد

أستاذ في جراحة الوجه والفكين

المشرف

ي. الدرواسي

السيد

أستاذ في طب الأنف والأذن والحنجرة وجراحة العنق والوجه

ح. بلفقيه

السيد

أستاذ في جراحة الدماغ والأعصاب

ن. هامون

السيد

أستاذ الفحص بالأشعة

م. د. العمراني

السيد

أستاذ في الجراحة التقيوية والتجميلية

الحكام