

UNIVERSITE MOHAMMED V RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE –RABAT

ANNEE: 2016

THESE N°: 31

RADIOCHIRURGIE GAMMAKNIFE
PERFEXION

EXPÉRIENCE DE L'UNITÉ DU CENTRE NATIONAL DE RÉHABILITATION
ET DE NEUROSCIENCES. BILAN DE SIX ANNÉES D'ACTIVITÉ.

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement.....

PAR

M. TEGHIDA Adel

Né le 17 Avril 1989 à Sidi Bettache

Pour l'Obtention du Doctorat en Médecine

MOTS CLES: Radiochirurgie Gamma Knife, activité clinique, Centre National
de Réhabilitation et de Neurosciences Rabat.

MEMBRES DE JURY

Mr M. A. EL OUAHABI

Professeur de Neurochirurgie

PRESIDENT

Mr A. MELHAOUI

Professeur Agrégé de Neurochirurgie

RAPPORTEUR

Mr M. JIDDANE

Professeur de Neuroradiologie

Mr N. BENJAAFAR

Professeur de Radiothérapie

Mme N. EL ABBADI BENDAHANE

Professeur de Neurochirurgie

Mr Y. ARKHA

Professeur Agrégé de Neurochirurgie

JUGES

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا
عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

سورة البقرة الآية: 32

صَبَّحَهُ بِرَبِّهِ الْعَظِيمِ



**UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT**

DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI

ADMINISTRATION :

Doyen : Professeur Mohamed ADNAOUI
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes
Professeur Mohammed AHALLAT
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération
Professeur Taoufiq DAKKA
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie
Professeur Jamal TAOUFIK
Secrétaire Général : Mr. El Hassane AHALLAT

**1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS
ET PHARMACIENS**

PROFESSEURS:

Mai et Octobre 1981

Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. TAOBANE Hamid* Chirurgie Thoracique

Mai et Novembre 1982

Pr. BENOSMAN Abdellatif Chirurgie Thoracique

Novembre 1983

Pr. HAJJAJ Najia ép. HASSOUNI Rhumatologie

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz Médecine Interne – *Clinique Royale*
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif pathologie Chirurgicale

Novembre et Décembre 1985

Pr. BENJELLOUN Halima Cardiologie
Pr. BENSALD Younes Pathologie Chirurgicale
Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa Neurologie

Janvier, Février et Décembre 1987

Pr. AJANA Ali
Pr. CHAHED OUZZANI Houria
Pr. EL YAACOUBI Moradh
Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah
Pr. LACHKAR Hassan
Pr. YAHYAOUI Mohamed

Radiologie
Gastro-Entérologie
Traumatologie Orthopédie
Gastro-Entérologie
Médecine Interne
Neurologie

Décembre 1988

Pr. BENHAMAMOUCHE Mohamed Najib
Pr. DAFIRI Rachida
Pr. HERMAS Mohamed

Chirurgie Pédiatrique
Radiologie
Traumatologie Orthopédie

Décembre 1989

Pr. ADNANOUI Mohamed
Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali*
Pr. CHAD Bouziane
Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda

Médecine Interne –*Doyen de la FMPR*
Cardiologie
Pathologie Chirurgicale
Neurologie

Janvier et Novembre 1990

Pr. CHKOFF Rachid
Pr. HACHIM Mohammed*
Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. MANSOURI Fatima
Pr. TAZI Saoud Anas

Pathologie Chirurgicale
Médecine-Interne
Gynécologie -Obstétrique
Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia
Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif
Pr. BENSOUDA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZZAD Rachid
Pr. CHABRAOUI Layachi
Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. KHATTAB Mohamed
Pr. SOULAYMANI Rachida
Pr. TAOUFIK Jamal

Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation –*Doyen de la FMPO*
Néphrologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Biochimie et Chimie
Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pédiatrie
Pharmacologie – *Dir. du Centre National PV*
Chimie thérapeutique

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUDA Adil
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib

Chirurgie Générale
Anesthésie Réanimation
Radiologie

Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza
Pr. CHRAIBI Chafiq
Pr. DAOUDI Rajae
Pr. DEHAYNI Mohamed*
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. GHAFIR Driss*
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. TAGHY Ahmed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Noureddine
Pr. BEN RAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid
Pr. EL AMRANI Sabah
Pr. EL AOUAD Rajae
Pr. EL BARDOUNI Ahmed
Pr. EL HASSANI My Rachid
Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. HADRI Larbi*
Pr. HASSAM Badredine
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. JELTHI Ahmed
Pr. MAHFOUD Mustapha
Pr. MOUDENE Ahmed*
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. ABDELHAK M'barek
Pr. BELAIDI Halima
Pr. BRAHMI Rida Slimane
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHAMI Ilham
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. EL ABBADI Najia
Pr. HANINE Ahmed*
Pr. JALIL Abdelouahed

Gastro-Entérologie
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Neurochirurgie
Cardiologie
Médecine Interne
Anatomie
Chirurgie Générale
Microbiologie

Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Gynécologie Obstétrique
Immunologie
Traumato-Orthopédie
Radiologie
Chirurgie Générale- *Directeur CHIS*
Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Médecine Interne
Dermatologie
Chirurgie Générale
Anatomie Pathologique
Traumatologie – Orthopédie
Traumatologie- Orthopédie
Gynécologie –Obstétrique
Dermatologie

Urologie
Chirurgie Pédiatrique
Neurologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Gynécologie Obstétrique
Traumatologie – Orthopédie
Radiologie
Ophtalmologie
Neurochirurgie
Radiologie
Chirurgie Générale

Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. CHAARI Jilali*
Pr. DIMOU M'barek*
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine*
Pr. EL MESNAOUI Abbas
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. HDA Abdelhamid*
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Cardiologie - *Dir. HMIMV*
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya*
Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. MAHFOUDI M'barek*
Pr. MOHAMMADI Mohamed
Pr. OUADGHIRI Mohamed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Radiologie
Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Radiologie
Médecine Interne
Traumatologie-Orthopédie
Néphrologie
Cardiologie

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BEN SLIMANE Lounis
Pr. BIROUK Nazha
Pr. CHAOUIR Souad*
Pr. ERREIMI Naima
Pr. FELLAT Nadia
Pr. HAIMEUR Charki*
Pr. KADDOURI Nouredine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. OUAHABI Hamid*
Pr. TAOUFIQ Jallal

Gynécologie-Obstétrique
Urologie
Neurologie
Radiologie
Pédiatrie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Neurologie
Psychiatrie

Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. AFIFI RAJAA

Gastro-Entérologie

Pr. BENOMAR ALI

Neurologie – *Doyen Abulcassis*

Pr. BOUGTAB Abdesslam

Chirurgie Générale

Pr. ER RIHANI Hassan

Oncologie Médicale

Pr. EZZAITOUNI Fatima

Néphrologie

Pr. LAZRAK Khalid *

Traumatologie Orthopédie

Pr. BENKIRANE Majid*

Hématologie

Pr. KHATOURI ALI*

Cardiologie

Pr. LABRAIMI Ahmed*

Anatomie Pathologique

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*

Pneumophtisiologie

Pr. AIT OUMAR Hassan

Pédiatrie

Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd

Pédiatrie

Pr. BOURKADI Jamal-Eddine

Pneumo-phtisiologie

Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer

Chirurgie Générale

Pr. ECHARRAB El Mahjoub

Chirurgie Générale

Pr. EL FTOUH Mustapha

Pneumo-phtisiologie

Pr. EL MOSTARCHID Brahim*

Neurochirurgie

Pr. ISMAILI Hassane*

Traumatologie Orthopédie

Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*

Anesthésie-Réanimation **inspecteur SS**

Pr. TACHINANTE Rajae

Anesthésie-Réanimation

Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Médecine Interne

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia

Neurologie

Pr. AIT OURHROUI Mohamed

Dermatologie

Pr. AJANA Fatima Zohra

Gastro-Entérologie

Pr. BENAMR Said

Chirurgie Générale

Pr. CHERTI Mohammed

Cardiologie

Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma

Anesthésie-Réanimation

Pr. EL HASSANI Amine

Pédiatrie

Pr. EL KHADER Khalid

Urologie

Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*

Rhumatologie

Pr. GHARBI Mohamed El Hassan

Endocrinologie et Maladies Métaboliques

Pr. HSSAIDA Rachid*

Anesthésie-Réanimation

Pr. LAHLOU Abdou

Traumatologie Orthopédie

Pr. MAFTAH Mohamed*

Neurochirurgie

Pr. MAHASSINI Najat

Anatomie Pathologique

Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Pédiatrie

Pr. NASSIH Mohamed*

Stomatologie Et Chirurgie Maxillo-Faciale

Pr. ROUIMI Abdelhadi*

Neurologie

Décembre 2000

Pr. ZOHAIR ABDELAH*

ORL

Décembre 2001

Pr. ABABOU Adil

Pr. BALKHI Hicham*

Pr. BENABDELJLIL Maria

Pr. BENAMAR Loubna

Pr. BENAMOR Jouda

Pr. BENELBARHDADI Imane

Pr. BENNANI Rajae

Pr. BENOUACHANE Thami

Pr. BEZZA Ahmed*

Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi

Pr. BOUMDIN El Hassane*

Pr. CHAT Latifa

Pr. DAALI Mustapha*

Pr. DRISSI Sidi Mourad*

Pr. EL HIJRI Ahmed

Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid

Pr. EL MADHI Tarik

Pr. EL OUNANI Mohamed

Pr. ETTAIR Said

Pr. GAZZAZ Miloudi*

Pr. HRORA Abdelmalek

Pr. KABBAJ Saad

Pr. KABIRI EL Hassane*

Pr. LAMRANI Moulay Omar

Pr. LEKEHAL Brahim

Pr. MAHASSIN Fattouma*

Pr. MEDARHRI Jalil

Pr. MIKDAME Mohammed*

Pr. MOHSINE Raouf

Pr. NOUINI Yassine

Pr. SABBAH Farid

Pr. SEFIANI Yasser

Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation

Anesthésie-Réanimation

Neurologie

Néphrologie

Pneumo-phtisiologie

Gastro-Entérologie

Cardiologie

Pédiatrie

Rhumatologie

Anatomie

Radiologie

Radiologie

Chirurgie Générale

Radiologie

Anesthésie-Réanimation

Neuro-Chirurgie

Chirurgie-Pédiatrique

Chirurgie Générale

Pédiatrie

Neuro-Chirurgie

Chirurgie Générale

Anesthésie-Réanimation

Chirurgie Thoracique

Traumatologie Orthopédie

Chirurgie Vasculaire Périphérique

Médecine Interne

Chirurgie Générale

Hématologie Clinique

Chirurgie Générale

Urologie

Chirurgie Générale

Chirurgie Vasculaire Périphérique

Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*

Pr. AMEUR Ahmed *

Pr. AMRI Rachida

Pr. AOURARH Aziz*

Pr. BAMOU Youssef *

Anatomie Pathologique

Urologie

Cardiologie

Gastro-Entérologie

Biochimie-Chimie

Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
Pr. BENZEKRI Laila
Pr. BENZZOUBEIR Nadia
Pr. BERNOUSSI Zakiya
Pr. BICHA Mohamed Zakariya*
Pr. CHOHO Abdelkrim *
Pr. CHKIRATE Bouchra
Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair
Pr. EL HAOURI Mohamed *
Pr. EL MANSARI Omar*
Pr. FILALI ADIB Abdelhai
Pr. HAJJI Zakia
Pr. IKEN Ali
Pr. JAAFAR Abdeloihab*
Pr. KRIOUILE Yamina
Pr. LAGHMARI Mina
Pr. MABROUK Hfid*
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*
Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid*
Pr. NAITLHO Abdelhamid*
Pr. OUJILAL Abdelilah
Pr. RACHID Khalid *
Pr. RAISS Mohamed
Pr. RGUIBI IDRISI Sidi Mustapha*
Pr. RHOU Hakima
Pr. SIAH Samir *
Pr. THIMOU Amal
Pr. ZENTAR Aziz*

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
Pr. AMRANI Mariam
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
Pr. BENKIRANE Ahmed*
Pr. BOUGHALEM Mohamed*
Pr. BOULAADAS Malik
Pr. BOURAZZA Ahmed*
Pr. CHAGAR Belkacem*
Pr. CHERRADI Nadia
Pr. EL FENNI Jamal*
Pr. EL HANCHI ZAKI
Pr. EL KHORASSANI Mohamed
Pr. EL YOUNASSI Badreddine*
Pr. HACHI Hafid
Pr. JABOUIRIK Fatima

Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Dermatologie
Gastro-Entérologie
Anatomie Pathologique
Psychiatrie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Chirurgie Pédiatrique
Dermatologie
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Urologie
Traumatologie Orthopédie
Pédiatrie
Ophtalmologie
Traumatologie Orthopédie
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Médecine Interne
Oto-Rhino-Laryngologie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Générale
Pneumophtisiologie
Néphrologie
Anesthésie Réanimation
Pédiatrie
Chirurgie Générale

Ophtalmologie
Anatomie Pathologique
Oto-Rhino-Laryngologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie Réanimation
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Neurologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie Pathologique
Radiologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Cardiologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie

Pr. KHABOUZE Samira
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. LEZREK Mohammed*
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Gynécologie Obstétrique
Traumatologie Orthopédie
Urologie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALAOUI Ahmed Essaid
Pr. ALLALI Fadoua
Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. AZIZ Nouredine*
Pr. BAHIRI Rachid
Pr. BARKAT Amina
Pr. BENHALIMA Hanane
Pr. BENYASS Aatif
Pr. BERNOUSSI Abdelghani
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. EL HAMZAOUI Sakina*
Pr. HAJJI Leila
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. LAAROUSSI Mohamed
Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. NIAMANE Radouane*
Pr. RAGALA Abdelhak
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Rhumatologie
Ophtalmologie
Radiologie
Rhumatologie
Pédiatrie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo Faciale
Cardiologie
Ophtalmologie
Ophtalmologie
Biophysique
Microbiologie
Cardiologie (*mise en disponibilité*)
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire
Parasitologie
Rhumatologie
Gynécologie Obstétrique
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

Anesthésie Réanimation

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. AKJOUJ Said*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BIYI Abdelhamid*
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas

Rhumatologie
Radiologie
Hématologie
O.R.L
Biophysique
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio – Vasculaire
Gynécologie Obstétrique

Pr. DOGHMI Nawal
Pr. ESSAMRI Wafaa
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. GHADOUANE Mohammed*
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. HANAFI Sidi Mohamed*
Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
Pr. JROUNDI Laila
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SEKKAT Fatima Zahra
Pr. SOUALHI Mouna
Pr. TELLAL Saida*
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Cardiologie
Gastro-entérologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Urologie
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie – Pédiatrique
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Psychiatrie
Pneumo – Phtisiologie
Biochimie
Pneumo – Phtisiologie

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leila
Pr. ACHOUR Abdessamad*
Pr. AIT HOUSSA Mahdi*
Pr. AMHAJJI Larbi*
Pr. AMMAR Haddou*
Pr. AOUI Sarra
Pr. BAITE Abdelouahed*
Pr. BALOUCH Lhousaine*
Pr. BENZIANE Hamid*
Pr. BOUTIMZINE Nourdine
Pr. CHARKAOUI Naoual*
Pr. EHIRCHIOU Abdelkader*
Pr. ELABSI Mohamed
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
Pr. EL OMARI Fatima
Pr. GANA Rachid
Pr. GHARIB Nouredine
Pr. HADADI Khalid*
Pr. ICHOU Mohamed*

Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Chirurgie générale
Chirurgie cardio vasculaire
Traumatologie orthopédie
ORL
Parasitologie
Anesthésie réanimation **directeur ERSSM**
Biochimie-chimie
Pharmacie clinique
Ophtalmologie
Pharmacie galénique
Chirurgie générale
Chirurgie générale
Anesthésie réanimation
Psychiatrie
Neuro chirurgie
Chirurgie plastique et réparatrice
Radiothérapie
Oncologie médicale

Pr. ISMAILI Nadia
Pr. KEBDANI Tayeb
Pr. LALAOUI SALIM Jaafar*
Pr. LOUZI Lhoussain*
Pr. MADANI Naoufel
Pr. MAHI Mohamed*
Pr. MARC Karima
Pr. MASRAR Azlarab
Pr. MOUTAJ Redouane *
Pr. MRABET Mustapha*
Pr. MRANI Saad*
Pr. OUZZIF Ez zohra*
Pr. RABHI Monsef*
Pr. RADOUANE Bouchaib*
Pr. SEFFAR Myriame
Pr. SEKHSOKH Yessine*
Pr. SIFAT Hassan*
Pr. TABERKANET Mustafa*
Pr. TACHFOUTI Samira
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
Pr. TANANE Mansour*
Pr. TLIGUI Houssain
Pr. TOUATI Zakia

Décembre 2007

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

Décembre 2008

Pr ZOUBIR Mohamed*
Pr TAHIRI My El Hassan*

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*
Pr. AGDR Aomar*
Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
Pr. AIT BENHADDOU El hachmia
Pr. AKHADDAR Ali*
Pr. ALLALI Nazik
Pr. AMAHZOUNE Brahim*
Pr. AMINE Bouchra
Pr. ARKHA Yassir
Pr. AZENDOUR Hicham*
Pr. BELYAMANI Lahcen*
Pr. BJIJOU Younes
Pr. BOUHSAIN Sanae*

Dermatologie
Radiothérapie
Anesthésie réanimation
Microbiologie
Réanimation médicale
Radiologie
Pneumo phtisiologie
Hématologie biologique
Parasitologie
Médecine préventive santé publique et hygiène
Virologie
Biochimie-chimie
Médecine interne
Radiologie
Microbiologie
Microbiologie
Radiothérapie
Chirurgie vasculaire périphérique
Ophtalmologie
Chirurgie générale
Traumatologie orthopédie
Parasitologie
Cardiologie

Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale

Médecine interne
Pédiatre
Chirurgie Générale
Neurologie
Neuro-chirurgie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire
Rhumatologie
Neuro-chirurgie
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Anatomie
Biochimie-chimie

Pr. BOUI Mohammed*
Pr. BOUNAIM Ahmed*
Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
Pr. CHAKOUR Mohammed *
Pr. CHTATA Hassan Toufik*
Pr. DOGHMI Kamal*
Pr. EL MALKI Hadj Omar
Pr. EL OUENNASS Mostapha*
Pr. ENNIBI Khalid*
Pr. FATHI Khalid
Pr. HASSIKOU Hasna *
Pr. KABBAJ Nawal
Pr. KABIRI Meryem
Pr. KARBOUBI Lamyia
Pr. L'KASSIMI Hachemi*
Pr. LAMSAOURI Jamal*
Pr. MARMADE Lahcen
Pr. MESKINI Toufik
Pr. MESSAOUDI Nezha *
Pr. MSSROURI Rahal
Pr. NASSAR Ittimade
Pr. OUKERRAJ Latifa
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *
Pr. ZOUHAIR Said*

Dermatologie
Chirurgie Générale
Traumatologie orthopédique
Hématologie biologique
Chirurgie vasculaire périphérique
Hématologie clinique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Médecine interne
Gynécologie obstétrique
Rhumatologie
Gastro-entérologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Microbiologie
Chimie Thérapeutique
Chirurgie Cardio-vasculaire
Pédiatrie
Hématologie biologique
Chirurgie Générale
Radiologie
Cardiologie
Pneumo-phtisiologie
Microbiologie

PROFESSEURS AGREGES :

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
Pr. AMEZIANE Taoufiq*
Pr. BELAGUID Abdelaziz
Pr. BOUAITY Brahim*
Pr. CHADLI Mariama*
Pr. CHEMSI Mohamed*
Pr. DAMI Abdellah*
Pr. DARBI Abdellatif*
Pr. DENDANE Mohammed Anouar
Pr. EL HAFIDI Naima
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
Pr. EL MAZOUZ Samir
Pr. EL SAYEGH Hachem
Pr. ERRABIH Ikram
Pr. LAMALMI Najat
Pr. LEZREK Mounir
Pr. MALIH Mohamed*

Anesthésie réanimation
Médecine interne
Physiologie
ORL
Microbiologie
Médecine aéronautique
Biochimie chimie
Radiologie
Chirurgie pédiatrique
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie plastique et réparatrice
Urologie
Gastro entérologie
Anatomie pathologique
Ophtalmologie
Pédiatrie

Pr. MOSADIK Ahlam
Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. NAZIH Mouna*
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed
Pr. ABOUELALAA Khalil*
Pr. BELAIZI Mohamed*
Pr. BENCHEBBA Driss*
Pr. DRISSI Mohamed*
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna
Pr. EL KHATTABI Abdessadek*
Pr. EL OUAZZANI Hanane*
Pr. ER-RAJI Mounir
Pr. JAHID Ahmed
Pr. MEHSSANI Jamal*
Pr. RAISSOUNI Maha*

Anesthésie Réanimation
Chirurgie générale
Hématologie
Anatomie pathologique

Chirurgie Pédiatrique
Anesthésie Réanimation
Psychiatrie
Traumatologie Orthopédique
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Médecine Interne
Pneumophtisiologie
Chirurgie Pédiatrique
Anatomie pathologique
Psychiatrie
Cardiologie

Février 2013

Pr. AHID Samir
Pr. AIT EL CADI Mina
Pr. AMRANI HANCHI Laila
Pr. AMOUR Mourad
Pr. AWAB Almahdi
Pr. BELAYACHI Jihane
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain
Pr. BENCHEKROUN Laila
Pr. BENKIRANE Souad
Pr. BENNANA Ahmed*
Pr. BENSEFFAJ Nadia
Pr. BENSGHIR Mustapha*
Pr. BENYAHIA Mohammed*
Pr. BOUATIA Mustapha
Pr. BOUABID Ahmed Salim*
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba
Pr. CHAIB Ali*
Pr. DENDANE Tarek
Pr. DINI Nouzha*
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa
Pr. ELFATEMI Nizare
Pr. EL GUERROUJ Hasnae
Pr. EL HARTI Jaouad
Pr. EL JOUDI Rachid*

Pharmacologie – Chimie
Toxicologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Réanimation Médicale
Anesthésie Réanimation
Biochimie-Chimie
Hématologie biologique
Informatique Pharmaceutique
Immunologie
Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chimie Analytique
Traumatologie Orthopédie
Anatomie
Cardiologie
Réanimation Médicale
Pédiatrie
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Neuro-Chirurgie
Médecine Nucléaire
Chimie Thérapeutique
Toxicologie

Pr. EL KABABRI Maria	Pédiatrie
Pr. EL KHANNOUSSI Basma	Anatomie Pathologie
Pr. EL KHLOUFI Samir	Anatomie
Pr. EL KORAICHI Alae	Anesthésie Réanimation
Pr. EN-NOUALI Hassane*	Radiologie
Pr. ERRGUIG Laila	Physiologie
Pr. FIKRI Meryim	Radiologie
Pr. GHANIMI Zineb	Pédiatrie
Pr. GHFIR Imade	Médecine Nucléaire
Pr. IMANE Zineb	Pédiatrie
Pr. IRAQI Hind	Endocrinologie et maladies métaboliques
Pr. KABBAJ Hakima	Microbiologie
Pr. KADIRI Mohamed*	Psychiatrie
Pr. LATIB Rachida	Radiologie
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra	Médecine Interne
Pr. MEDDAH Bouchra	Pharmacologie
Pr. MELHAOUI Adyl	Neuro-chirurgie
Pr. MRABTI Hind	Oncologie Médicale
Pr. NEJJARI Rachid	Pharmacognosie
Pr. OUBEJJA Houda	Chirurgie Pédiatrique
Pr. OUKABLI Mohamed*	Anatomie Pathologique
Pr. RAHALI Younes	Pharmacie Galénique
Pr. RATBI Ilham	Génétique
Pr. RAHMANI Mounia	Neurologie
Pr. REDA Karim*	Ophtalmologie
Pr. REGRAGUI Wafa	Neurologie
Pr. RKAIN Hanan	Physiologie
Pr. ROSTOM Samira	Rhumatologie
Pr. ROUAS Lamiaa	Anatomie Pathologique
Pr. ROUIBAA Fedoua*	Gastro-Entérologie
Pr. SALIHOUN Mouna	Gastro-Entérologie
Pr. SAYAH Rochde	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. SEDDIK Hassan*	Gastro-Entérologie
Pr. ZERHOUNI Hicham	Chirurgie Pédiatrique
Pr. ZINE Ali*	Traumatologie Orthopédie

Avril 2013

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim*	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Pr. GHOUNDALE Omar*	Urologie
Pr. ZYANI Mohammad*	Médecine Interne

**Enseignants Militaires*

2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS / PRs. HABILITES

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie – chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. BOURJOUANE Mohamed	Microbiologie
Pr. BARKYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. DRAOUI Mustapha	Chimie Analytique
Pr. EL GUESSABI Lahcen	Pharmacognosie
Pr. ETTAIB Abdelkader	Zootechne
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes	Pharmacologie
Pr. HAMZAOUI Laila	Biophysique
Pr. HMAMOUCHE Mohamed	Chimie Organique
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie
Pr. ZELLOU Amina	Chimie Organique

*Mise à jour le 09/01/2015 par le
Service des Ressources Humaines*

- 9 JAN 2015



Dédicaces

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer cette thèse.

*A MES TRÈS CHÈRES PARENTS
KHADIJA ET BOUCHTA*

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont vous ne cessez de me combler. J'ai grandi avec la grandeur de votre âme, cœur et esprit. J'ai marché avec la droiture et la dignité de votre marche, j'ai trouvé refuge dans votre amour, votre sacrifice et votre dévouement. J'ai puisé dans votre foi, patience et persévérance et j'ai trouvé ma lumière et mon chemin dans votre regard pétillant et profond. Mon espérance est la vôtre. Ma réussite est la vôtre. Ma fierté est la vôtre. On reconnaît l'arbre à ses fruits ... acceptez moi comme le fruit de votre labeur et de votre abnégation. Puisse dieu vous garder, vous accorder santé, bonheur et sérénité, et m'aider à être à la hauteur de votre espérance et de vos souhaits.

Merci pour tout ...

Et bien sûr, à ma chère sœur Naoual, mes frères que j'aime beaucoup: Jaouad, Mohcine et Oussama. Et la chère Fatima zahra. Vous avez contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis MERCI.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon long chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude: M.Saïd, L.Tarík, E.Hamza, S.Nidal, S.Ismail, T.Yassine, T.Badr. E.Khalid, El Asaad, B.Issam.

En souvenir des moments merveilleux que nous avons passé ensemble et aux liens solides qui nous unissent.

Un grand merci pour votre soutien, vos encouragements, et votre aide.

Avec toute mon affection et estime, je vous souhaite beaucoup de réussite et de bonheur.

Autant dans votre vie personnelle que professionnelle.

A tous ceux et celles que j'aime et que j'ai manqué de citer.

Remerciements

A
NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE
Monsieur EL OUAHABI Abdessamad.
Professeur de NEUROCHIRURGIE
CHU IBN SINA RAABT
Hôpital des spécialités



Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de notre jury de thèse.

Vous nous avez accueillis avec beaucoup de gentillesse et d'égard.

Vos compétences, vos qualités humaines et la richesse de votre enseignement n'ont jamais cessé de susciter en nous l'admiration la plus profonde.

Veillez croire, cher maître à notre estime et notre respectueuse considération.

A
NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE
Monsieur MELHAOUI Adyl
Professeur agrégé de NEUROCHIRURGIE
CHU IBN SINA RAABT
Hôpital des spécialités



Vous nous avez inspiré le sujet de thèse, vous nous avez guidés tout au long de son élaboration, avec bienveillance et compréhension, flexibilité et disponibilité qu'ont été les qualités les plus marquantes au cours de cette collaboration. Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans votre aide et encadrement.

Votre accueil si simple, vos qualités humaines rares, vos qualités professionnelles ont été un enseignant complémentaire pour notre vie professionnelle et privée. Veuillez accepter ici, cher maître, l'expression de notre gratitude et l'expression de notre profonde reconnaissance.

A
NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE
Monsieur JIDDANE Mohamed
Professeur de NEURORADIOLOGIE
CHU IBN SINA RAABT
Hôpital des spécialités



Nous sommes infiniment sensibles à l'honneur que vous nous faites de siéger parmi notre jury de thèse. Nous portons une grande considération tant pour votre extrême gentillesse que pour vos qualités professionnelles. Veuillez trouver ici, cher Maître, l'expression de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

A
NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE
Monsieur BENJAAFAR Noureddine
Professeur de RADIOTH2RAPIE
CHU IBN SINA RAABT
Institut National d'Oncologie



Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous
Faites en acceptant de juger notre travail.
Votre compétence, votre sens profond de l'humanité ainsi
Que votre modestie sont connus de tous.
Veillez agréer, Cher Maître, l'expression de notre vive
Reconnaissance et de notre respectueuse gratitude.

A
NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE
Madame ABBADI BENDAHANE Najia
Professeur de Neurochirurgie
CHU IBN SINA RAABT



Nous avons été touchés par la bienveillance et la cordialité
de votre accueil.

Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant
de juger notre travail.

C'est pour nous l'occasion de vous témoigner,
chère maître estime et respect.

A
NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE
Monsieur ARKHA Yasser
Professeur agrégé de NEUROCHIRURGIE, et Chef de l'Unité
de Radiochirurgie Gamma Knife au CNRNS
Hôpital des spécialités



C'est pour nous un immense plaisir de vous voir siéger parmi le jury de notre thèse. Vos qualités humaines et professionnelles sont exemplaires. Nous vous prions de croire en l'expression de notre respect et reconnaissance d'avoir accepté de juger ce travail. Veuillez trouver ici, cher maître, l'expression de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

Sommaire

INTRODUCTION	1
I -PRINCIPES GENERAUX ET PHYSIQUES DE LA RADIOCHIRURGIE STEREOTAXIQUE :.....	4
1/ NATURE DES FAISCEAUX IONISANTS :.....	4
1. a / Photons :.....	4
1. b / Particules lourdes :.....	11
2 / NATURE DU REPERE GEOMETRIQUE INVARIABLE :	12
3/ NATURE DES METHODES D'IMAGERIE :.....	13
4/ NATURE DU FRACTIONNEMENT: UNIQUE OU MULTIPLE :.....	13
II-INDICATIONS :.....	14
III- INTERET :.....	15
II/ EFFICACITE :.....	16
II.A/ Effet anti-tumoral :.....	16
II.B/ Effet anti-angiomateux :.....	17
III- TOLERANCE :	18
MATERIEL ET MÉDHODES	21
I - POPULATION ETUDIEE :	22
II - METHODOLOGIE DE L'ENQUETE DE SATISFACTION :.....	24
III-LA PROCEDURE DE RADIOCHIRURGIE AU CENTRE NATIONAL DE REHABILITATION ET DE NEUROSCIENCES A RABAT :	26
A / Introduction.....	26
B/ La chronologie.....	27
C/Matériel utilisé :	32
RÉSULTATS	33
1 - NOMBRE DE TRAITEMENTS REALISES :	34
2 – ÂGE ET SEXE :	35
a - Répartition des patients traités au centre en fonction du sexe :.....	35
b - Répartition des malades selon l'âge :.....	36
3 - LES PATHOLOGIES TRAITEES :.....	37
a – En fonction du type de la pathologie:	37

b – En fonction de la nature de la pathologie :	40
4 - EVOLUTION DES INDICATIONS AVEC LE TEMPS :.....	42
5 - PRINCIPALES PATHOLOGIES ET EN FONCTION DU SEXE :.....	44
6 - PRINCIPALES PATHOLOGIES EN FONCTION DE L' AGE :.....	45
7 - LA PRISE EN CHARGE DES PATIENTS TRAITES :	55
8 - LE MEDECIN REFERENT:	56
9 - ORIGINES DES PATIENTS:	60
10 - VOLUME DES LESIONS TRAITEES	65
11 - DUREE DE TRAITEMENT :	67
12 - PARAMETRES DOSIMETRIQUES (NOMBRE DE TIRS)	68
13 - ENQUETE DE SATISFACTION :.....	69
DISCUSSION	71
I-INTRODUCTION SUR LA RADIOCHIRURGIE GAMMA KNIFE DANS LE MONDE:	72
II-ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE :.....	73
1– Nombre de traitements par Radiochirurgie Gamma Knife :.....	73
2–Âge et sexe :.....	77
3-Les pathologies traitées :	80
4-Evolution des indications avec le temps :.....	88
5 –Profil épidémiologique (âge et sexe ratio de différentes pathologies) ...	90
6- Nature de la prise en charge :	92
7- Le médecin référent :	93
8-Origine des sujets traités:.....	93
9-Volumes des lésions traitées par Radiochirurgie Gamma Knife.....	94
10- Durées de traitement:.....	96
11-Paramètres dosimétriques (les tirs) :.....	97
III-ENQUETE DE SATISFACTION:	98
IV- CAS ILLUSTRATIFS :.....	101
CONCLUSION	105
RÉSUMÉS	107
BIBLIOGRAPHIE	111

Abréviations

CNRNS	: Centre National de Réhabilitation et de Neurosciences
MAV	: Malformation artérioveineuse
CHUS	: Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
ULB	: l'Université Libre de Bruxelles
Cc	: Centimètre cube (cm ³)
ORL	: Otorhinolaryngologie
TDM	: Tomodensitométrie
IRM	: Imagerie par Résonance Magnétique
RTOG	: Radiation Therapy Oncology Group
Gy	: Gray
MeV	: Mégaélectro Volt
MPR	: Multiplanar Reconstruction
LGK	: Leksell Gamma Knife
GKRS	: Gamma Knife Radiosurgery
AANS	: American Association for Neurological Surgeons
CISS	: Constructive Interference in Steady State

Introduction

La radiochirurgie est le terme popularisé par Lars Leksell en 1949 (1). Pour désigner une méthode permettant de focaliser de petits faisceaux ionisants dans un volume intracérébral dans le but d'éradiquer une tumeur ou un processus pathologique.

Plusieurs définitions ont été données à cette technique au cours de son évolution depuis les années soixantes jusqu'à nos jours.

DEFINITIONS:

- Définition de Lars Leksell (1):

La radiochirurgie stéréotaxique est une technique non-invasive de destruction des tissus ou des lésions intracrâniennes qui sont inaccessibles ou inadaptés à la chirurgie ouverte.

- Börje Larsen(2):

Co-inventeur du Gamma Knife a élargi cette définition aboutissant à :

La radiochirurgie signifie tout type d'application de rayonnements ionisants, en biologie ou en médecine clinique expérimentale, visant la destruction complète et précise des structures cibles choisies contenant les cellules saines et / ou pathologiques sans dégâts significatifs concomitants ou tardifs au niveau des tissus adjacents.

- La définition moderne(3):

A été homologuée aux Etats-Unis. Le Conseil de l'AANS, le comité exécutif du Congrès des neurochirurgiens et le conseil d'administration de l'American Society for Therapeutic Radiology et d'oncologie se sont mis d'accord sur une définition contemporaine de la radiochirurgie stéréotaxique.

La radiochirurgie stéréotaxique est une discipline à part entière qui utilise des rayonnements ionisants externes dans certains cas pour inactiver ou éliminer une cible définie dans la tête ou la colonne vertébrale et sans qu'il soit nécessaire de procéder à une incision. La cible est définie par imagerie stéréotaxique de haute résolution. Pour garantir la qualité des soins aux patients la procédure implique une approche pluridisciplinaire avec une équipe composée d'un neurochirurgien, radio oncologue, et physicien médical.

Le caractère "chirurgical" de ce procédé naît de l'important gradient de dose entre le volume cible et les tissus sains voisins et la précision balistique permise par l'utilisation d'un cadre stéréotaxique. Le cadre stéréotaxique est mis en place de façon invasive (vis implantées) ou non sur le crâne du patient avant la réalisation des différentes étapes d'imagerie (IRM, scanner, angiographie) et laissé jusqu'à la réalisation de l'irradiation pour garder un repère géométrique invariable (4)

L'usage a réservé le terme de radiochirurgie au fait de délivrer le traitement en une fraction unique et préfère le terme de radiothérapie stéréotaxique en cas de traitements fractionnés.

Cette technique a connu ces dernières décennies un vif engouement et a vu ses indications se multiplier. Le Centre National de Réhabilitation et de Neurosciences de RABAT, riche de l'étroite collaboration entre les équipes de neurochirurgie, neuroradiologie, radiochirurgie et radiothérapie, s'est lancé dans cette technique à partir de 10 juin 2008.

Nous présenterons les principes généraux, physiques régissant la radiochirurgie stéréotaxique. Nous rapporterons les résultats cliniques et radiologiques obtenus au niveau de notre formation dans des principales indications et les comparerons à ceux de la littérature médicale et aux autres expériences d'autres centres de radiochirurgie à travers le monde.

I-PRINCIPES GÉNÉRAUX ET PHYSIQUES DE LA RADIOCHIRURGIE STÉRÉOTAXIQUE :

La radiochirurgie stéréotaxique (Stereotactic Radiosurgery ou SRS) obtient le gradient de dose élevé indispensable à la protection des tissus sains environnants en faisant concourir en un petit volume (1 à 30 cm³) de nombreux multifaisceaux ionisants avec une précision géométrique de l'ordre d'un 10ème de millimètre permise par l'utilisation d'un cadre stéréotaxique (5).

1/ Nature des faisceaux ionisants :

Les radiations ionisantes utilisées sont de deux types: photons ou particules lourdes

1. a / Photons :

Les photons utilisés en radiochirurgie peuvent être de deux types :

– rayons gamma ou rayons X

• Les rayons gamma :

➤ Principe de la radiochirurgie Gamma Knife® (GK)

On utilise ici les rayons gamma, d'origine nucléaire, obtenus par désintégration du Cobalt 60. Le principe est celui d'un "casque" hémisphérique ou conique de 18 tonnes renfermant un grand nombre (179 pour les premières

génération: modèle U, et 192 pour la dernière génération Perfexion™) de mini-sources de Cobalt 60 permettant l'utilisation de faisceaux de rayons gamma convergents. La première génération de Gamma Knife avait 179 sources disposées sous forme de « U », la deuxième génération avait des sources disposées sous une forme sphérique, et sous une forme conique pour la dernière génération.

L'optimisation d'une dosimétrie prévisionnelle permet de définir la balistique des faisceaux et la dose à délivrer par faisceau. Chaque faisceau correspond à l'ouverture de l'alcôve renfermant une mini-source de Cobalt. Il s'agit de la forme classique de radiochirurgie (6).

La planification se fait dans selon un mode multi-isocentrique.

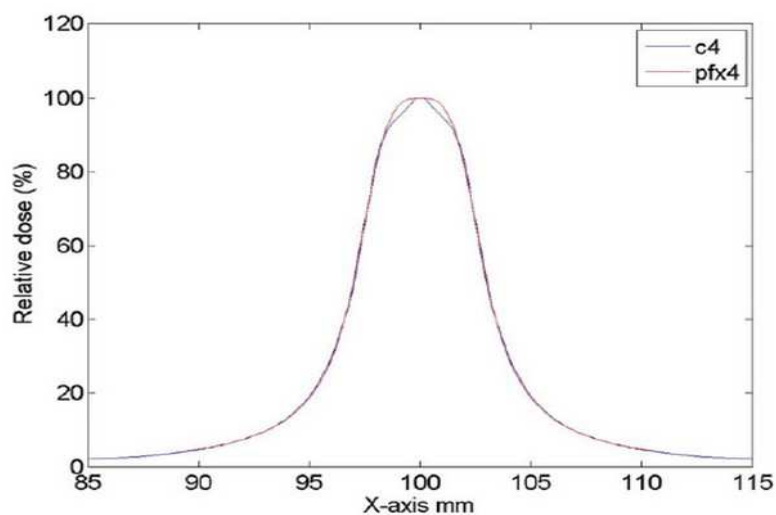


Figure 1: Distribution de la dose (Gamma Knife Perfexion)(24).



Figure 2: Machine Gamma Knife® Perfexion(7).

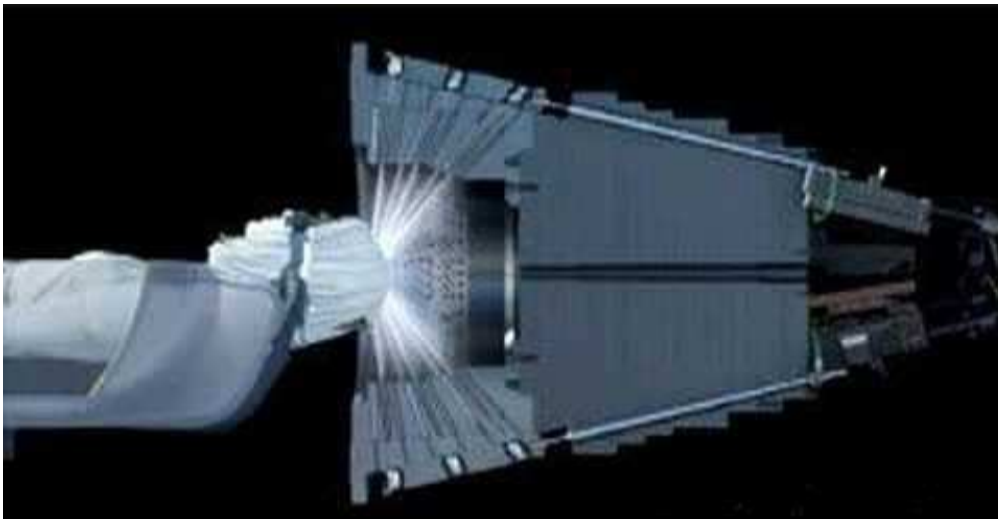


Figure 3: Schéma représentant la disposition des sources sous forme conique de la dernière génération du Gamma Knife Perfexion™ (8).

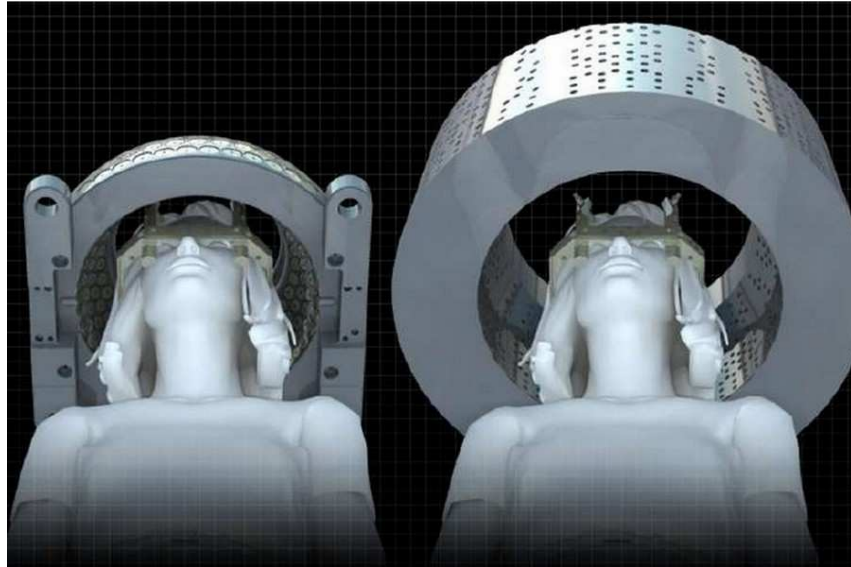


Figure 4 : Schéma comparant les collimateurs du Gamma Knife, model C® versus Perfexion™(8)



Figure 5: Les sources du cobalt 60 utilisées en radiochirurgie(8).

➤ *Avantages(9)*

Système dédié très précis

➤ *Limites*

Coût: Le Gamma Knife® (Elekta Instrument AB. Stockholm. Sweden) est onéreux à l'achat (5millions d'euros) et à l'entretien (les sources de Cobalt doivent être remplacées tous les 5 à 7 ans).

Usage exclusif: Le Gamma Knife est un système dédié essentiellement à la radiochirurgie crânienne.

• *Les rayons X :*

➤ *Principe de l'accélérateur linéaire (LINAC) (10) :*

On utilise les rayons X, d'origine électronique, obtenus par percussion d'un faisceau d'électrons accélérés sur une cible de Tungstène dans un Accélérateur Linéaire ou LINAC. Les faisceaux peuvent être dynamiques avec intersection d'arcs non coplanaires en un volume cible, (l'Arc-thérapie) ou statiques.

La radiochirurgie stéréotaxique par LINAC consiste en l'irradiation de multifaisceaux qui peut se faire selon deux modes: arc-thérapie ou champs statiques.

L'arc-thérapie se fait en déterminant un iso-centre ou volume de concours de plusieurs arcs non coplanaires. Différentes méthodes ont été développées pour améliorer la conformation à des volumes cibles à forme complexe non sphérique. Il s'agit de techniques à iso centres multiples ou de techniques où la taille du collimateur est optimisée arc par arc ou même une pondération et un diamètre de collimation optimisé arc par arc. Leavitt a développé un système de collimation dynamique à chaque incrémentation du bras du LINAC le long de sa course d'arcthérapie.

La technique par champs fixes fait appel à des mini-faisceaux statiques avec microcollimateur multi-lames ou caches personnalisés avec ou sans modulation de l'intensité de l'irradiation à l'intérieur des champs qui consiste à moduler, à l'intérieur des champs, la dose à délivrer. Le micro-collimateur multi-lames est un collimateur fait à partir de multiples lames de Tungstène, individuellement motorisées, qui façonnent la forme du faisceau.

Adler et al. Ont développé un système appelé CYBER KNIFE qui utilise un

robot-bras à 6 axes de rotation pour positionner un LINAC de 6 MeV de telle façon qu'il vise la cible. Ici on n'utilise pas de cadre rigide stéréotaxique mais on utilise de façon extemporanée deux écrans orthogonaux de radiographie permettant de définir la position de la tête du patient à tout instant et d'en déduire la position que doit adopter le robot-bras(10).

➤ **Avantage :**

Coût : Un LINAC, dont le coût moyen est de 500 mille euros, peut être adapté à la radiochirurgie pour un prix allant de 45 mille euros à 275 mille euros en fonction des modifications à apporter.

Versatilité: Un LINAC peut être utilisé à d'autres fonctions (radiothérapie classique) ou dans d'autres organes (radiochirurgie extra-crânienne).

Conformation : la stéréotaxie évolue vers un élargissement de ses indications cliniques. Des tumeurs de taille plus élevée et de forme complexe vont pouvoir être irradiées de façon stéréotaxique en utilisant des champs fixes non coplanaires associés à de la modulation d'intensité des faisceaux. Le LINAC peut également être utilisé pour réaliser une radiothérapie en condition stéréotaxique qui contribue également à l'élargissement des indications cliniques.

➤ Inconvénients :

La précision est plus controversée en ce qui concerne l'utilisation du LINAC et nécessite une assurance qualité onéreuse en temps humain. Selon Hartmann (6), elle peut également être inférieure au 16^{ème} de millimètre dans des conditions d'utilisation de routine à condition de se prêter à un programme d'assurance qualité rigoureux. On estime qu'une imprécision de l'ordre du millimètre n'est cliniquement pas perceptible compte-tenu de celle avec laquelle est définie de façon radiologique le volume cible, sauf peut-être pour les indications de la radiochirurgie fonctionnelle, et lorsqu'il s'agit de lésions de petite taille en rapport avec une structure critique.

- La Distribution de dose est homogène en LINAC, alors qu'elle est hétérogène en Gamma Knife.

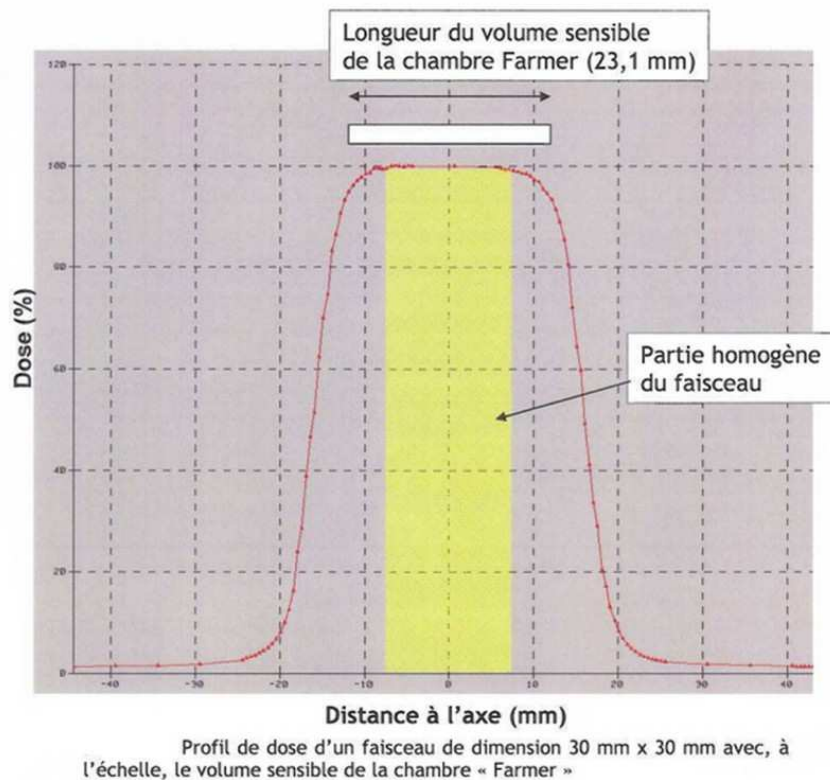


Figure 6 : Distribution de la dose (LINAC)(11).

1. b / Particules lourdes :

Dès les années 50 des particules lourdes chargées (proton, hélium, ions de néon ou de carbone)" ou non (neutrons 10) ont été utilisées pour l'irradiation de processus pathologiques intracérébraux.

➤ Principes :

Les particules lourdes ont une efficacité de transfert linéique supérieure, un taux d'ionisation diffusé bien inférieur permettant un gradient de dose encore plus élevé. Les dosimétries de différents plans de traitement ont été comparées (protons, hélium, ions de néon et de carbone, Gamma Knife et LINAC arc-thérapie). L'étude des histogrammes dose-volume (HDV) d'après les traitements réalisés par protons, ions de carbone ou photons de 8 MV montre que le volume cible est irradié de façon quasi identique avec une dose uniforme à +/- 5% sur tout le volume (100 % du volume recevant plus de 90 % de la dose).

On se rend également compte que le facteur influençant le plus les HDV est la taille du volume cible. Pour les particules chargées (proton, ions carbone), le volume de tissu normal irradié à 80 % est à peu près le tiers de celui de la cible, pour les photons, il est égal à celui de la cible. La différence en termes de volume absolu entre les deux types d'irradiation devient donc significative lorsque le volume de la cible augmente **(12)**.

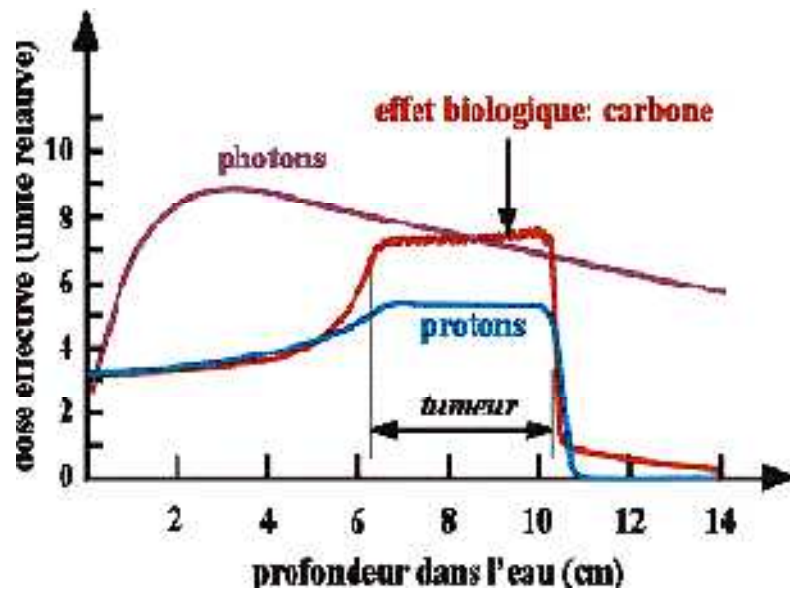


Figure 7: Histogramme Dose/profondeur (particules lourdes) (13).

2 / Nature du repère géométrique invariable :

Classiquement, ce repère géométrique invariable est donné par la fixation d'un anneau stéréotaxique sur l'os du crâne du patient. Il permet de définir les coordonnées spatiales de la tumeur et des organes à risque pendant l'acquisition des examens d'imagerie (angiographie, scanner et IRM) et assure la contention de la tête du patient.

Il peut également s'agir, comme pour la radiothérapie en condition stéréotaxique, d'un cadre repositionnable simplement posé de façon non invasive sur le crâne du patient, couplé à de l'imagerie embarquée permettant de s'assurer de la position exacte du patient au moment de l'irradiation. Ceci a été intégré et également devenu possible en Radiochirurgie Gamma Knife grâce à la toute dernière machine d'Elekta type ICON lancée récemment en 2015.

3/ Nature des méthodes d'imagerie :

La détermination des volumes cibles et à risque fait appel à l'IRM et, selon les cas, à l'artériographie en cas de Malformation Artérioveineuse, on associe également la TDM pour contrôler la précision, et mieux visualiser les structures osseuses. Kondziolka a révélé par des tests intra-observateurs sur 41 patients (53 cibles) une bonne concordance entre les coordonnées de la cible déterminées selon IRM et celles d'après scanner (environ 2 mm ce qui correspond à une différence d'un pixel(60)). La possibilité qu'offre l'IRM de définir avec plus grande précision le volume cible fait oublier le risque potentiel d'avoir des inexactitudes liées aux artéfacts magnétiques. Pour Noebehesh, l'IRM serait meilleure que le scanner ou l'angiographie pour la détermination du volume de la MAV. Des méthodes de fusion d'image entre scanner et IRM ont été proposées afin de se prémunir d'éventuelles erreurs de localisations à l'IRM liées à des artéfacts dus à des distorsions du champ magnétique (14).

4/ Nature du fractionnement: unique ou multiple :

L'un des principes fondateurs de la radiothérapie, dont l'indication est quasi exclusivement le traitement de tumeurs malignes, est le fractionnement permettant aux tissus sains de réparer les lésions de leur ADN alors que les cellules tumorales n'en ont pas le temps: c'est l'effet différentiel. Il serait également justifié par la possibilité de réoxygénation qu'il donne à la tumeur la rendant ainsi plus radiosensible: c'est l'effet oxygène.

La radiochirurgie, est une irradiation qui se fait en une fraction unique et n'utilise pas ce principe, on utilise les capacités de précision de la radiochirurgie pour réaliser un traitement anatomique à la manière d'un chirurgien délimitant la

lésion, d'où l'appellation radiochirurgie, et le terme Gamma Knife renvoi vers le scalpel du chirurgien.

Plusieurs équipes se sont ainsi intéressées à l'irradiation de processus pathologiques intracérébraux de façon fractionnée en utilisant un cadre stéréotaxique: on l'appelle la radiothérapie en condition stéréotaxique.

II-INDICATIONS :

On peut brièvement résumer le rôle de la radiochirurgie dans le traitement des tumeurs cérébrales (essentiellement les tumeurs bénignes), comme suit:

Les schwannomes vestibulaires ou neurinomes de l'acoustique, lorsqu'ils sont de petite taille peuvent être traités par radiochirurgie

Les méningiomes, principalement lorsqu'il s'agit de récurrences et de résidus post-opératoires difficilement accessibles par une nouvelle intervention, sont d'excellentes indications.

Les tumeurs de l'hypophyse (adénomes hypophysaires) résiduels ou récidivants non accessibles, comme lorsqu'ils envahissent le sinus caverneux, peuvent être traités par radiochirurgie s'ils sont à distance des voies visuelles.

Les métastases cérébrales représentent une indication de plus en plus fréquente de radiochirurgie. Cette technique offre la possibilité de traiter de multiples lésions en une séance, ainsi que de traiter l'apparition de nouvelles lésions par des traitements successifs. En cas de récurrence après radiothérapie, ce traitement peut être à nouveau administré localement.

Les gliomes et les autres tumeurs primitives du cerveau peuvent bénéficier d'un traitement de radiochirurgie focal, après l'exérèse chirurgicale de la tumeur, en complément des autres traitements oncologiques.

D'autres tumeurs du cerveau sont également des bonnes indications de radiochirurgie Il s'agit essentiellement des autres schwannomes, des chordomes, des tumeurs du glomus jugulaire, et de tumeurs de la sphère ORL. Les craniopharyngiomes présentant un bourgeon charnu de petit volume et à distance des voies optiques peuvent bénéficier d'un traitement par Gamma Knife selon des modalités qui sont similaires à celles utilisées dans les adénomes hypophysaires. Les tumeurs de la région pinéale, certaines tumeurs de l'œil, comme le mélanome oculaire, peuvent également être traitées par Gamma Knife (15).

III- INTERET :

L'intérêt grandissant de la radiochirurgie est lié à son caractère peu invasif et permet dans certains cas d'éviter de devoir recourir à une intervention neurochirurgicale et ses répercussions (trépanation, avec anesthésie générale et hospitalisation plus longue).

Dans d'autres cas, elle offre des possibilités thérapeutiques complémentaires dans le traitement des tumeurs du cerveau. La radiochirurgie ne peut généralement traiter que des tumeurs de relativement petits volumes, sous peine d'entraîner des complications importantes. On considère que la radiochirurgie ne doit pas être couramment utilisée pour des tumeurs dépassant 3 à 4 cm de diamètre.

Toutefois, ces valeurs doivent être relativisées en fonction de la nature de la tumeur et de sa localisation, car ce sont ces deux paramètres qui vont déterminer les possibilités de traitement, en termes de dose de rayons et de risque de complications. Dans tous les cas, l'analyse du dossier, avec l'évaluation de l'état clinique du patient et l'analyse des images vont permettre de prendre

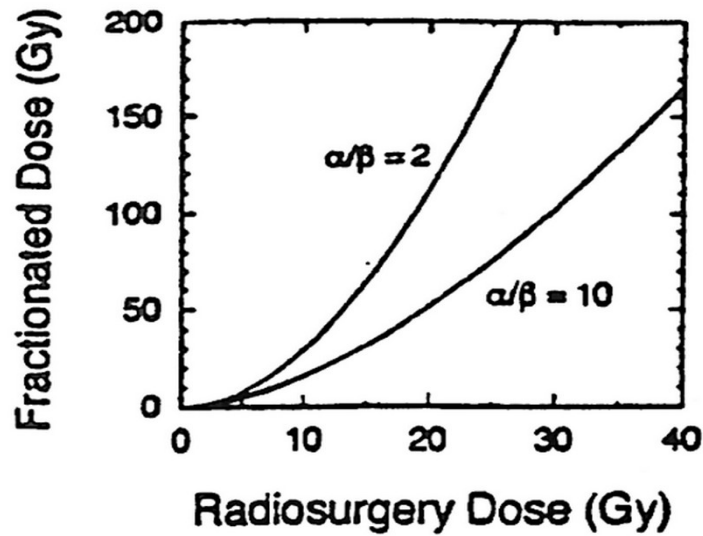
une décision quant aux possibilités et à l'intérêt d'un traitement par radiochirurgie (16).

II/ EFFICACITE :

II.A/ Effet anti-tumoral :

L'effet des radiations ionisantes dépend de la nature des tissus irradiés. Ceux qui prolifèrent lentement ont une réponse tardive et ceux qui prolifèrent rapidement ont une réponse rapide. D'après les notions de radiobiologies utilisées en cancérologie, résumées par l'équation linéaire quadratique dérivée des courbes de survie de cellules mammifères, nous savons que le fractionnement permet d'épargner les tissus à réponse tardive et d'augmenter la destruction des tissus à réponse rapide. C'est cet effet différentiel qui permet d'augmenter le ratio thérapeutique lorsqu'on irradie les tumeurs à prolifération rapide(6).

Inversement, dans le cadre de pathologies à prolifération tissulaire lente comme les malformations artérioveineuses et autres tumeurs bénignes, l'utilisation d'une fraction d'irradiation unique permet de préserver les tissus à réponse rapide. Ces considérations radiobiologiques ont poussé certains auteurs à développer la radiothérapie en condition stéréotaxique (traitement fractionné) pour les tumeurs malignes cérébrales primitives (tumeurs gliales) ou non (métastases) et la radiochirurgie (fraction unique) pour les tumeurs bénignes(17)(18).



$$EQD2 = D \frac{d + (\alpha/\beta)}{2 + (\alpha/\beta)}$$

Figure 8 : Modèle linéaire quadratique (relation dose/survie cellulaire) (17).

II.B/ Effet anti-angiomateux :

L'utilisation de radiations ionisantes dans le cadre de MAV est liée à leur capacité d'induire une inflammation des parois des vaisseaux. Cette inflammation se caractérise par une augmentation de l'activité fibroblastique, une prolifération de cellules endothéliales avec une augmentation du dépôt de collagène au niveau de la média des vaisseaux et une fibrose de l'adventice. L'évolution se fait vers un aspect anatomo-pathologique similaire à une endartérite oblitérante pouvant mener jusqu'à la thrombose.

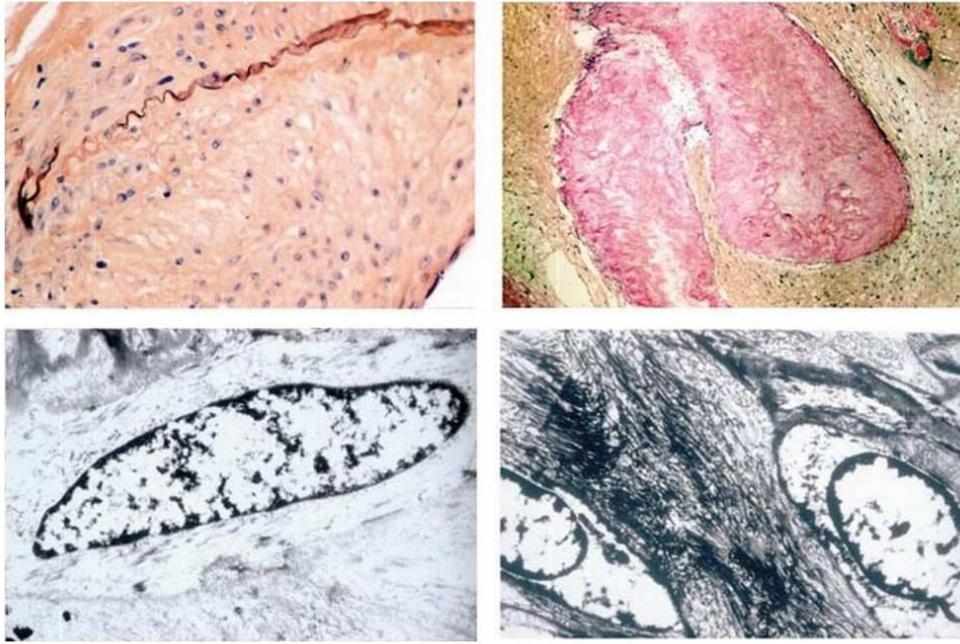


Figure 9 :Prolifération de cellules inflammatoires au niveau de la région sous-endothéliale de la paroi vasculaire d'une MAV après irradiation(19)

III- TOLERANCE :

On distingue les effets indésirables de la **radiothérapie en général** en deux classes chronologiques (7).

A/ Aiguë :

Elle peut être définie comme étant tout effet indésirable survenant pendant les trois premiers mois. Ces effets indésirables sont fréquents mais mineurs et régressifs à type de céphalées, nausées ou vomissements, troubles de l'équilibre ou vertige, exacerbation des symptômes qui sont le plus souvent mineurs. Ils sont liés à un œdème cérébral aigu et sont améliorés par l'utilisation de

corticoïdes. Rares sont les effets indésirables plus sévères à type de déficit neurologique justifiant une hospitalisation.

La tolérance de la radiothérapie dépend d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels on trouve le volume irradié, la dose et la localisation de la cible **(20)**.

En radiochirurgie les complications sont nettement plus rares par rapport à la radiothérapie classique**(21)**.

B/ Tardive :

Au niveau du parenchyme cérébral : nécrose cérébrale (radionécrose) Le risque de complications augmente avec le volume cérébral, en cas d'irradiation pancérébrale.

En cas d'irradiation en fraction unique, la dose maximale tolérable est inférieure. L'étude anatomo-pathologique portant sur les singes subissant des irradiations d'encéphale in-toto montre qu'à 10 Gy il n'y a pas d'anomalie histologique, à 15 Gy apparaissent des microfoci de nécrose de matière blanche et à 20 Gy des lésions nécrotiques diffuses, fatales pour l'animal".

Nous avons peu d'information concernant l'irradiation en fraction unique d'encéphale in-toto chez l'homme. Une étude du RTOG comparant différents protocoles d'irradiation d'encéphale in-toto pour métastases cérébrales a montré que 10 Gy pouvaient être délivrés sans complications à court terme. Le suivi à long terme n'a pas pu être étudié, la majorité des patients étant décédés dans les mois suivant l'irradiation **(20)**.

Tableau 1:

Comparaison générale entre radiothérapie et radiochirurgie(22).

Critères	Radiothérapie	Radiochirurgie
Technique	fractionnement	Session unique
Sélectivité	Biologique	Anatomique
Dose	faible	élevée
précision	Faible (Cm)	Élevée (1/10 ^{ème} mm)
Distribution de Dose	Homogène	Hétérogène
Indications	Tumeurs Malignes	Tumeurs bénignes et Métastases
Taille des lésions	grande	petite
Tumorigenèse	10%	< 1/10 000
Effets secondaires	Fréquents	Rares
Alopécie	Oui	Non
Effets cognitifs	Oui	Non
Sensibilité sujets âgé et jeune	Oui	Non

Materiel et Médhodes

I - POPULATION ETUDIEE :

Analyse de la base de données prospective des patients traités par Radiochirurgie Gamma Knife sur une période de six ans (durée moyenne de demi-vie des sources), entre juin 2008 et mai 2014 au niveau de l'unité de Radiochirurgie Gamma Knife au Centre National de Réhabilitation et de Neurosciences à RABAT. Seront détaillés tous les caractéristiques des malades en les comparerons aux données d'autres centres dans le monde.

➤ L'outil d'analyse utilisé est l'Excel 2010.

Les données utilisées dans ce travail ont été recueillies à partir de :

- Leksell Gamma Plan.
- Les dossiers informatisés des patients.
- Les dossiers patients physiques.
- Les différents registres du service.

Les items qu'on a relevés sont :

Le numéro d'entrée, la date du traitement, nom et prénom, l'âge et le sexe, l'origine du patient, type de la prise en charge, le médecin référent, la pathologie, le volume de la lésion, le nombre de tirs, et le temps d'irradiation.

Ces données sont organisées selon le tableau Excel suivant :

Année	Numéro d'entrée	Nom	Prénom	Age	Sexe	Type malade P/I/M	Origine	Médecin référent	Path
2011	076/11			58	F	payant	casa	neurochir. rabat	hémangi
2011	077/11			42	M	payant	tanger	neurochir. rabat	adénome h
2011	078/11			50	F	payant	salé	medecin traitant	M.
2011	079/11			47	M	mutualiste	meknes	neurochir. rabat	tumeu
2011	080/11			24	F	mutualiste	rabat	medecin traitant	M.
2011	081/11			42	F	mutualiste	salé	radiothérapeute rabat	métastase
2011	082/11			61	M	payant	safi	medecin traitant	tumeu
2011	083/11			26	F	payant	sidi silmane	medecin traitant	chémod
2011	084/11			48	M	mutualiste	sefrou	ori fes	schwa
2011	085/11			28	F	indigent	salé	medecin traitant	métastase
2011	086/11			51	M	mutualiste	ouled taima	medecin traitant	M.
2011	087/11			80	F	mutualiste	souk larba el gharb	neurochir. rabat	ménir
2011	088/11			47	M	mutualiste	salé	medecin traitant	adénome h
2011	089/11			39	M	payant	casa	medecin traitant	M.
2011	090/11			74	M	mutualiste	casa	medecin traitant	adénome h
2011	091/11				M	payant	mauritanie	medecin traitant	M.
2011	092/11			71	M	payant	rabat	non précis	métastase
2011	093/11			42	M	mutualiste	casa	neurochir. rabat	chémod

Pathologie	pathologie (précision)	Volume de la lésion	date de Traitemen	Temps d'irradiation	Nombre de tirs
hémangioblastome	de la fosse cérébrale postérieure	15000 mm3	6/1/2011	180 min	22
adénome hypophysaire	à GH	7300 mm3	6/6/2011	240 min	48
MAV	rolandique droite	11500 mm3	6/8/2011	120 min	28
tumeur gliale	anaplasique temporo-pariétal droit	50000 mm3	6/8/2011	240 min	27
MAV	rolandique droite	4800 mm3	6/10/2011	120 min	11
métastases multiples	néoplasie mammaire	15000 mm3	6/15/2011	300 min	58
tumeur gliale	frontal kystique	70000 mm3	6/17/2011	300 min	47
chémiodectome	droit	15400 mm3	6/22/2011	180 min	36
schwannome	vestibulaire gauche	216 mm3	6/24/2011	60 min	7
métastases multiples	néoplasie bronhique	10300 mm3	6/27/2011	240 min	37
MAV	temporale gauche	2500 mm3	6/29/2011	120 min	2
méningiome	fronto-temporal gauche atypique	22000 mm3	6/29/2011	240 min	47
adénome hypophysaire	somatotrope	1200 mm3	7/1/2011	240 min	14
MAV	l'angle ponto-cérébelleux gauche	1300 mm3	7/4/2011	120 min	9
adénome hypophysaire	gonadotrope	1500 mm3	7/6/2011	240 min	17
MAV	capsulaire gauche	1500 mm3	7/6/2011	120 min	8
métastases multiples	non précis	3270 mm3	7/8/2011	92 min	15
chémiodectome	gauche	7900 mm3	7/11/2011	240 min	36

Figure 10

Qui représente un extrait du tableau d'exploitation

Ce travail a comme objectif :

- L'analyse des particularités de la population étudiée
- L'évaluation des résultats de la technique en termes de satisfaction des patients
- Donner une idée sur l'apport de cette technique depuis son introduction au Maroc.

II - METHODOLOGIE DE L'ENQUETE DE SATISFACTION :

• Objectifs de l'enquête :

Il s'agit d'un sondage visant à :

- Relever l'avis des patients vis-à-vis du traitement.
- Chercher d'éventuelles complications conséquentes au traitement.

• Population concernée, et mode de consultation :

Parmi les 988 malades traités dans notre centre durant la période de l'étude, on a appelé au hasard 100 malades par téléphone pour leur poser un questionnaire fait de 5 questions.

Le questionnaire est élaboré avec des questions ouvertes et fermées, ainsi que des questions avec échelle d'évaluation. Selon les règles de bases suivantes :

- Distinguer les catégories d'informations recherchées :
Faits, connaissances, opinions, attitudes ou comportements, convictions, Motivations . . .
- Pertinence et utilité des questions
- Motiver et faciliter la tâche de l'enquêté avant de simplifier celle du chargée d'études
- Souci d'objectivité (neutralité)
- Tenir compte du mode de consultation utilisée (par enquêteur, enquête postale, par téléphone, . . .)
- Penser aux étapes ultérieures : dépouillement, codification, saisie, vérifications, traitements, . . .

➤ L'enquêteur était indépendant.

➤ 5 questions ont été posées.

Les questions ont porté sur :

- L'expérience du patient lors du traitement par la Radiochirurgie Gamma Knife.
- Les informations reçus par les spécialistes.
- La survenue ou pas de complications après le traitement.
- Son opinion sur l'efficacité du traitement.
- Est-ce qu'il recommanderait la radiochirurgie à un proche.
- A la fin est ce qu'il est satisfait ou pas.

➤ Le questionnaire :

1. L'expérience globale: bonne / acceptable / mauvaise.
2. Informations reçues de la part de l'équipe soignante: suffisante / moyenne / insuffisante.
3. L'opinion sur l'efficacité: favorable / moyenne / mauvaise.
4. La survenue de complications après le traitement: oui / non, si oui lesquelles.
5. Recommanderiez-vous le traitement par Radiochirurgie Gamma Knife si l'indication est posée: oui / non.

On a fait 430 appels téléphoniques, 100 participants, 47refus. En cas de non réponse on a pris le numéro suivant parmi les numéros pris au hasard jusqu'à compléter les 100 réponses.

L'enquête s'est faite en une semaine, 16 heures d'appels.

III-LA PROCEDURE DE RADIOCHIRURGIE AU CENTRE NATIONAL DE REHABILITATION ET DE NEUROSCIENCES A RABAT :

A / Introduction

La radiochirurgie, telle qu'elle est pratiquée au CNRNS de Rabat, suit une procédure définie. Elle implique la participation d'un :

- Neurochirurgien
- Neuroradiologue
- Radiothérapeute
- Physicien
- Neuro-anesthésiste (pour les cas faits sous anesthésie générale, surtout des enfants).

Expliquant le terme de multidisciplinarité souvent utilisé pour la qualifier.

Les 4 étapes de la radiochirurgie sont :

1. Fixation du cadre : repère spatial invariable.
2. Imagerie: repérage du volume cible.
3. Dosimétrie: définition de la balistique.
4. Traitement: irradiation.

Ces quatre étapes sont réalisées le même jour car elles doivent vérifier un impératif: le cadre stéréotaxique, qui permet de garder un repère spatial invariable, doit être laissé en place pendant toute la procédure, de l'acquisition morphologique (scanner, angiographie et IRM) au traitement.

Différentes sortes de marqueurs radio-opaques, fixés au cadre stéréotaxique, servent à la visualisation du repère orthonormé invariable sur l'imagerie. Il s'agit de localisateurs en forme de carré en angiographie et de "Z" au scanner. La position du patient est le décubitus dorsal.

B/ La chronologie

- Analyse et discussion du dossier par l'équipe multidisciplinaire.
- Toutes les indications sont réalisées au cours d'un staff multidisciplinaire hebdomadaire.
- Hospitalisation en neurochirurgie le matin de la procédure ou la veille au maximum.
- Au cours des consultations préalables, toutes les informations concernant le déroulement des opérations et les effets indésirables possibles sont données au patient.
- Le jour du traitement radiochirurgical:
 - 7h30 mise en place du cadre stéréotaxique sous anesthésie locale au bloc opératoire ou sous sédation voir même anesthésie générale pour les patients claustrophobes et les enfants.

N.B : iconographie prise au CNRNS à RABAT.



Figure 11 : Pose du cadre stéréotaxique à l'aide de vis serrés sur la table externe de la voute sous anesthésie locale.

Le cadre stéréotaxique est fixé, dans un plan transversal, par 4 pointes serrées sur la table externe de la voûte crânienne.

Le patient est acheminé ensuite à l'unité d'IRM : des séquences spécifiques seront réalisées:

Séquences T1 3D (Multiplanar Reconstruction : MPR) avec ou sans injection du Gadolinium.

Séquence de transfert de magnétisation : MTC +injection du Gadolinium pour les métastases.

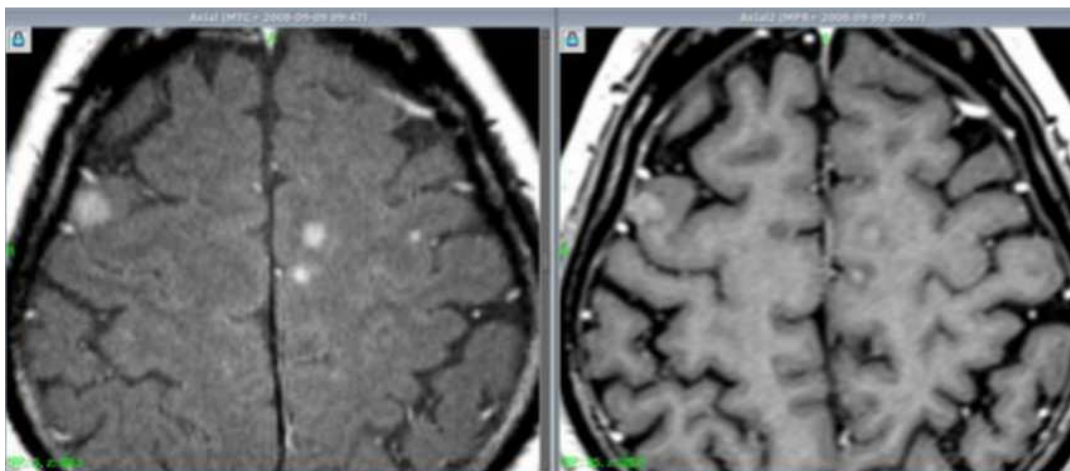


Figure 12 : Séquence MTC+ à gauche et séquence MPR+ à droite

Autres séquences :

- Ciss-, Ciss+ : pour les neurinomes.
- T2 coronale : pour les tumeurs de l'hypophyse proches du nerf optique.
- Densité de protons + 3D TOF Angio : pour la MAV
- Scanner : pour les éléments osseux.
- Angiographie : pour la définition du nidus des MAV.



FIGURE 13 : Le patient est acheminé avec le cadre stéréotaxique à l'IRM ou vont être réalisées des séquences particulière.

Une détermination des marqueurs situés sur le cadre stéréotaxique est effectuée automatiquement et validée.

Après repérage des marqueurs, le neurochirurgien détermine la cible sur les coupes IRM.

.8h00 : Réalisation de la dosimétrie par le neurochirurgien, le radiothérapeute et le physicien, la planification se fait selon un mode Multi-isocentrique.

L'utilisation d'une option particulière : Dynamics shaping, permet d'épargner les structures sensibles telles que les voies visuelles et la cochlée. Les coordonnées du traitement sont vérifiées pour prévenir toute collision.

Prescription de la dose :

La prescription de la dose se fait de façon concertée entre le radiothérapeute et le neurochirurgien en fonction de la dose à délivrer à la périphérie du volume cible. Cette dose dépend des caractéristiques de la lésion

- Nature (MAV, SV, méningiome ou métastase)
- Taille
- Localisation (protection d'organes à risques voisins tels que les voies optiques et les zones cérébrales fonctionnelles)

La Dose moyenne pour les principales indications:

- Les Schwannomes vestibulaires : de 11 à 12 Gy à l'isodose 50% selon la fonction auditive et la topographie de la lésion **(23)**.
- Les Méningiomes: La dose moyenne est de 14 Gy à l'isodose 50% modulée selon la localisation du méningiome et son volume **(24)**.
- Les Adénomes Hypophysaires: Dose moyenne : de 19 Gy à la 50% pour les adénomes sécrétants jusqu'à 30Gy **(25)**.
- Les Métastases Cérébrales: Dose moyenne : de 18 à 24 Gy à l'isodose 50% selon la taille et la topographie de la lésion, l'association ou non à une radiothérapie pancrébrale **(26)**.
- Les Malformations artérioveineuses cérébrales: Dose moyenne : 24 Gy à l'isodose 50% selon la taille et la topographie de la lésion **(27)**.
- Les Névralgies Faciales: Dose moyenne : 90 Gy à l'isodose 100% centrée sur le nerf à 6-8mm de la Root Entry Zone (REZ) **(28) (29)**.

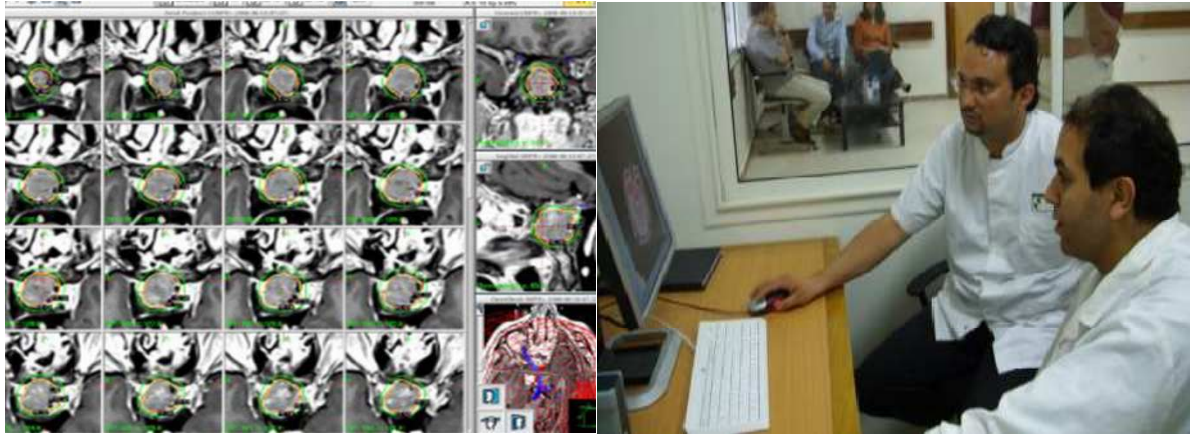


Figure 14: Réalisation de la dosimétrie par l'équipe de radiochirurgie du CNRNS.

9h00 : Installation et irradiation du patient sous surveillance médicale.

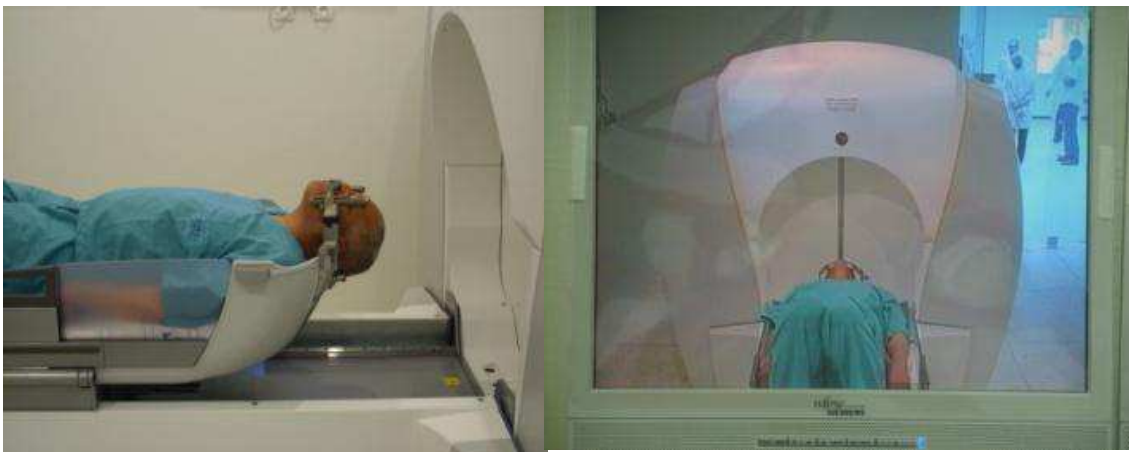


Figure 15 : Installation et irradiation du patient

14h00 : Fin du traitement et retrait du cadre.



Figure 16 : Fin de la procédure et dépose du cadre stéréotaxique

Le retour à domicile se fait le soir même ou le lendemain au maximum.

C/Matériel utilisé :

- Cadre Stéréotaxique : cadre de Leksell (G frame).
- IRM: 1.5 tesla, Scanner, Angiographie.
- Dosimétrie : traitement des images sur console Gamma plan® (version 10.3)
- Traitement: Gamma Knife® Perfexion™ (Elekta Instrument AB. Stockholm. Sweden).

Résultats

1 - Nombre de traitements réalisés :

Quelques chiffres :

Depuis juin 2008 jusqu'à fin 2014, 1087 traitements ont été réalisés au CNRNS. Soit, 167.23 traitements par an en moyenne. L'année avec le plus de traitements a été 2014 avec 205 traitements, et l'année avec le moins de traitements a été 2008 avec seulement 69 traitements (activité de 6 mois). La moyenne mensuelle est environ 14 traitements par mois.

Tableau2:

Nombre de traitements réalisés chaque année:

Année	Nombre de traitements
2008	69
2009	139
2010	158
2011	146
2012	192
2013	178
2014	205

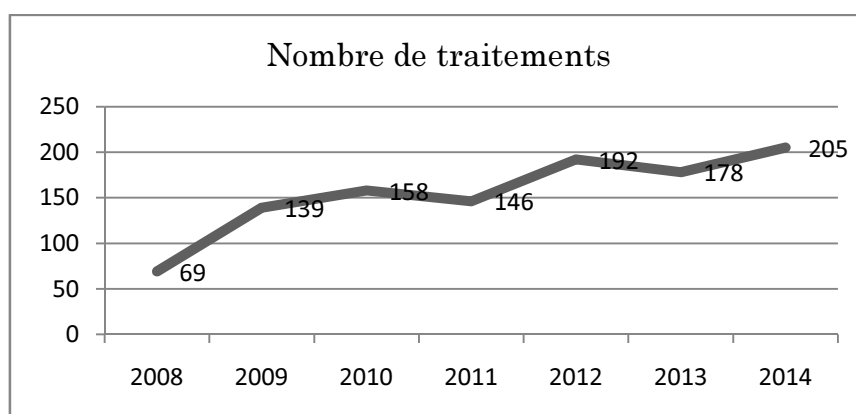


Figure 17 : Evolution du nombre des procédures réalisées au CNRNS

Le nombre des sujets traités augmente de manière régulière, il est passé de 69 traitements sur 6 mois en 2008 à 205 traitements en 2014.

1 - Âge et sexe :

a - Répartition des patients traités au centre en fonction du sexe :

L'analyse montre une légère prédominance masculine.

Tableau 3 :

Sexe	Fréquence	%
Féminin	489	49.49 %
Masculin	499	50.51 %
Total	988	100 %

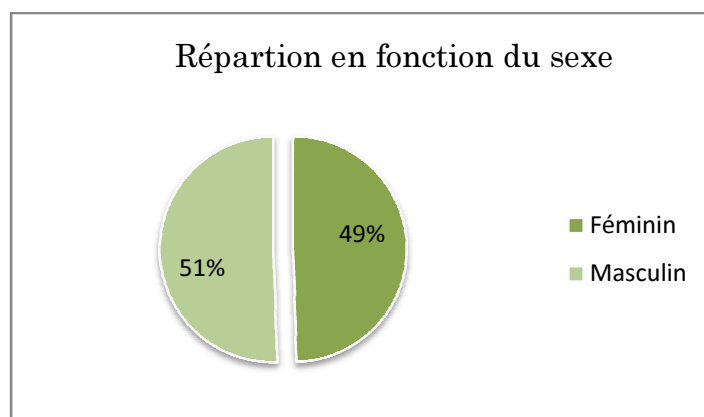


Figure 18 : Répartition des patients en fonction du sexe

b - Répartition des malades selon l'âge :

Les patients traités sont âgés entre 02 ans et 84 ans, l'enfant de 02 ans était traité en 2014 pour un hamartome hypothalamique, et le patient âgé de 84 ans était traité en 2013 pour tumeur gliale. L'âge moyen était de : 46 ans.

Le tableau et la figure suivantes représentent la répartition des patients selon leur catégorie d'âge

Tableau :3

Catégorie d'âge	Nombre de traitements	%
Moins de 18 ans	91	9.37%
Entre 18 et 39 ans	268	27.60%
Entre 40 et 59 ans	432	44.49%
60 ans et plus	180	18.54%

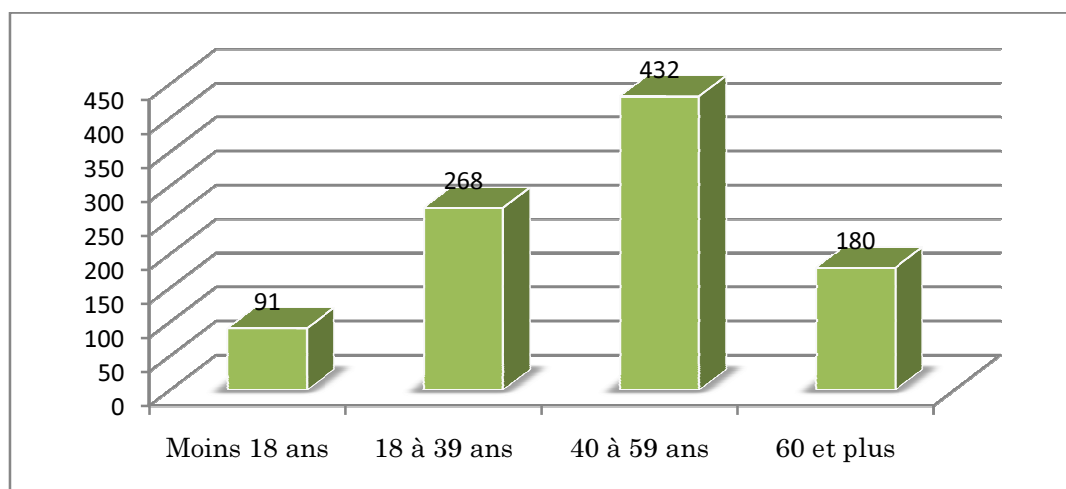


Figure 19 : Nombre de traitements pour chaque catégorie d'âge

- Les patients âgés entre 40 et 59 ans représentent 44 % de la population étudiée (435 patients).
- La population pédiatrique représente 9 %, (91 patients).
- Les patients âgés entre 18 et 39 ans représentent 27 %, (268 patients).
- Les sujets âgés de 60 ans et plus représentent 18.5 %, (180 patients).

3 - Les pathologies traitées :

a – En fonction du type de la pathologie:

La pathologie la plus fréquente est la malformation artérioveineuse, 259 malades qui représentent 26 % de tous les patients traités, suivie par le méningiome 205 patients représentant 20 % de tous les patients traités, puis les métastases 149 cas (62 métastases unique 41.6 %, et 87 multiples 58.4 %) représentant 15 %, le neurinome 107 cas représentant 10 %, et l'adénome hypophysaire 76 cas (7 %), suivis par les tumeurs gliales (gliomes, astrocytomes, oligodendrocytomes, épendymomes) 65 cas (6.63 %), le craniopharyngiome 25 cas (2.55 %), le cavernome 16 cas (1.63 %), les tumeurs de la région pinéale 13 cas (1.33 %), puis la maladie de Parkinson et tremblement Essentiel 11 cas (1.12 %).

Le tableau suivant représente les principales pathologies traitées au centre (CNRNS) pendant 6 ans:

Tableau 5 :

Pathologie	Nombre de traitements	%
MAV	259	26.40%
Méningiome	205	20.90%
Métastase	149	15.19%
Neurinome de l'acoustique	107	10.91%
Adénome hypophysaire	76	7.75%
Tumeur gliale	72	7.34%
Craniopharyngiome	25	2.55%
Cavernome	16	1.63%
Tumeur de la région pinéale	13	1.33%
Maladie de Parkinson	11	1.12%
Autres	48	4.89%
Total	981	100 %

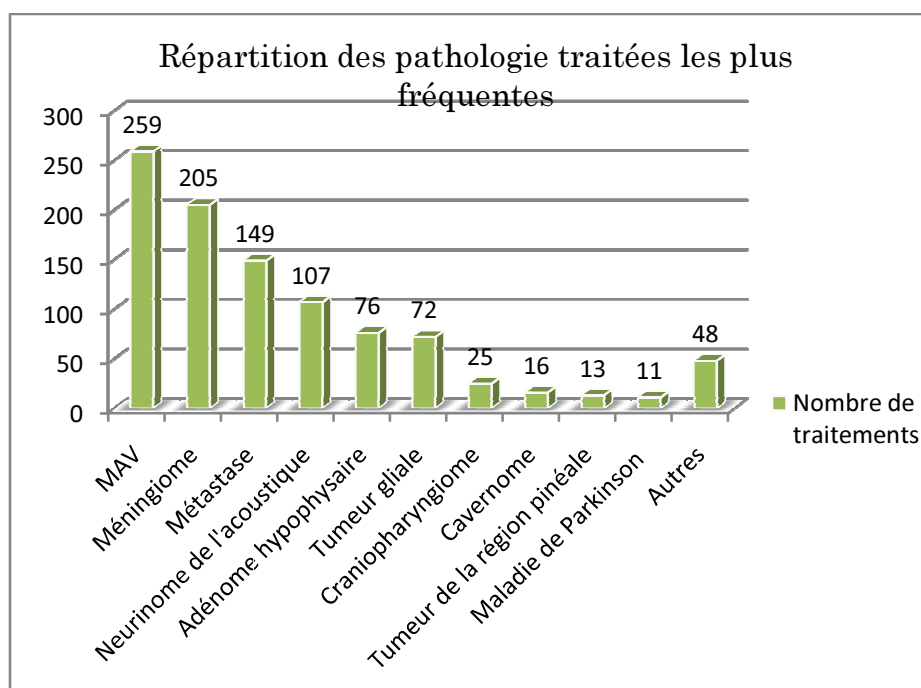


Figure 20 : Les pathologies traitées au CNRNS

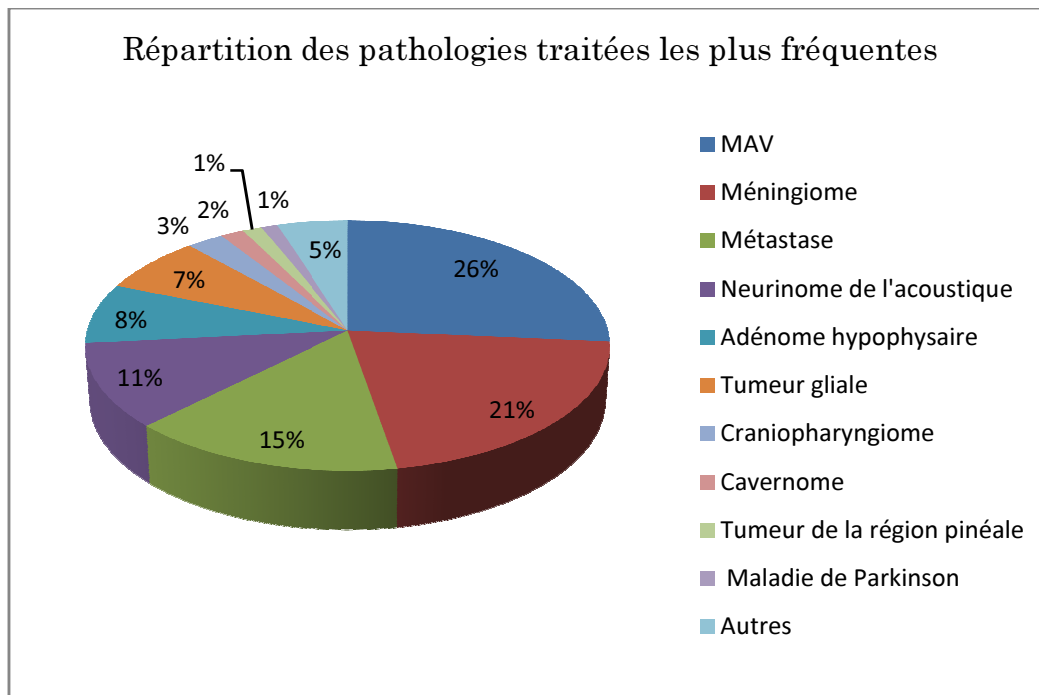


Figure 21 : Les pathologies traitées au CNRNS

D'autres pathologies sont traitées au centre, et qui sont moins fréquentes (ne dépassant pas 7 cas sur les 6 ans). Comme les chémodectomes/paragangliomes 6 cas, 6 cas de fistule durale artérioveineuse, 5 cas pour: hémangio-blastomes, neurofibromatoses, névralgie du V, hamartome hypothalamique, 3 cas pour les médulloblastomes et les hémangio-péricytomes, 2 cas de kyste épidermoïde, et 2 cas de tumeurs malignes de la région pinéale, 2 cas de chordome, puis un cas de chacune de ces pathologies: hémangiome, léiomyosarcome, tumeur rhabdoïde, angiosarcome.

Le tableau 6 :

Représente le reste des pathologies traitées

Autres pathologies	Nombre de cas
Chémoadectome	6
Hémangio-blastome	5
Neurofibromatose	5
Névralgie du V	5
Hamartome hypothalamique	5
Fistule durale artérioveineuse	6
Médulloblastome	3
Hémangio-péricytome	3
Kyste épidermoïde	2
Tumeur maligne de la région pinéale	2
Chordome	2
Hémangiome	1
Léiomyosarcome	1
Tumeur rhabdoïde	1
Angiosarcome	1
Total	48

Ces pathologies représentent 4.89 % des pathologies traitées durant les 6 ans d'étude

b – En fonction de la nature de la pathologie :

Toutes les pathologies traitées peuvent être réparties en 4 classes :

- Tumeurs bénignes :

Parmi les pathologies bénignes traitées au centre; les méningiomes, les neurinomes de l'acoustique, les adénomes hypophysaires fonctionnels ou non fonctionnels, les hémangio-blastomes, les hémangio-péricytomes, les tumeurs bénignes de la région pinéale, les cavernomes et les chordomes.

- **Tumeurs malignes :**

Qui sont les métastases uniques ou multiples, et les tumeurs gliales, léiomyosarcomes, angiosarcomes. Les tumeurs malignes de la région pinéale.

- **Troubles vasculaire :**

Qui sont les malformations artérioveineuses (MAV), les fistules cavernieuses, fistules durales.

- **Troubles fonctionnels :**

Comme la Maladie de Parkinson, tremblement Essentiel, névralgie du V, épilepsie (Hamartome hypothalamique).

Tableau 7 : Montrant la fréquence de chaque type de pathologie

Pathologie	Nombre de traitements	%
Tumeurs bénignes	458	46.69%
Troubles vasculaires	281	28.64%
Tumeurs malignes	220	22.43%
Troubles fonctionnels	16	1.63%
Autres	6	0.61%
Total	981	100 %

Les tumeurs bénignes sont les plus traitées dans notre centre surtout les méningiomes, et neurinomes, elles représentent 47 % de toutes les pathologies traitées, puis les troubles vasculaires principalement les MAV 29 %, puis les tumeurs malignes 22 % principalement les métastases, enfin on trouve les troubles fonctionnels 1.5 % principalement la maladie de Parkinson, tremblement Essentiel et névralgie faciale.

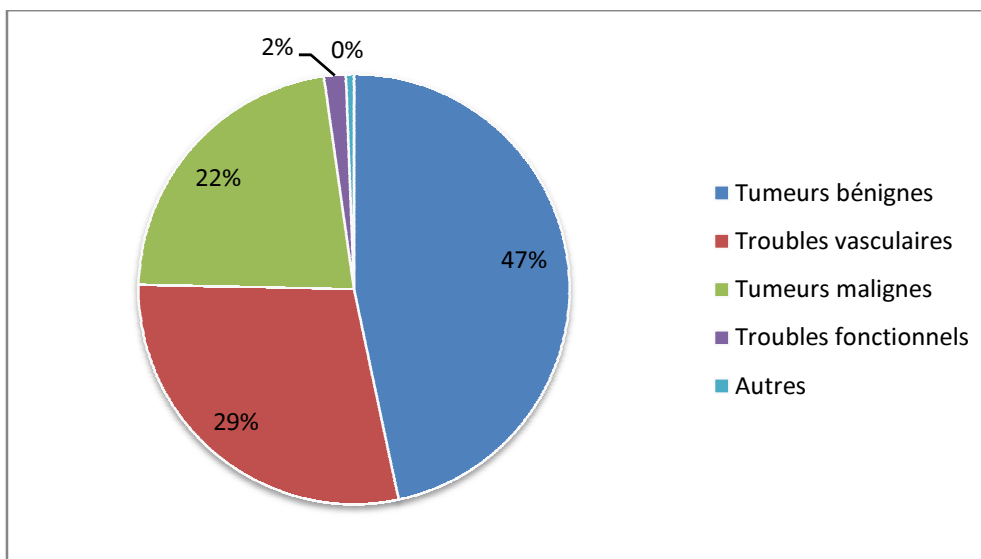


Figure 22 : Fréquence de chaque type de pathologie

4 - Evolution des indications avec le temps :

Tableau 8 :

Pathologie	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MAV	27	37	43	39	40	50
Métastase	11	26	28	25	17	28
Méningiome	9	26	40	31	40	30
Neurinome de l'acoustique	6	20	13	4	32	18
Adénome hypophysaire	8	9	10	9	22	10
Tumeur gliale	6	4	9	10	14	11

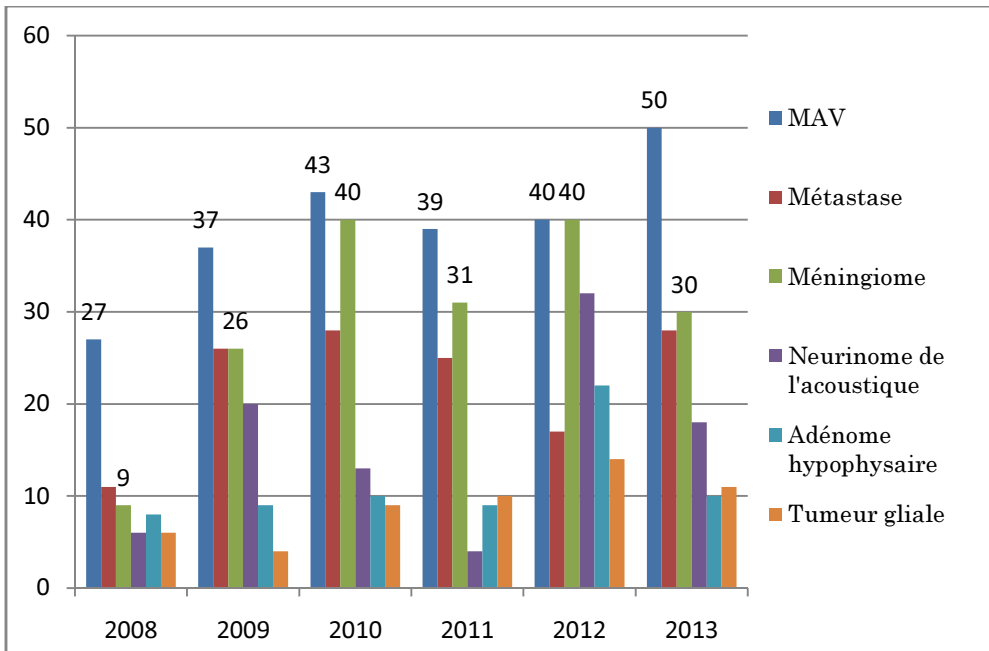


Figure 23 : Evolution des indications avec le temps

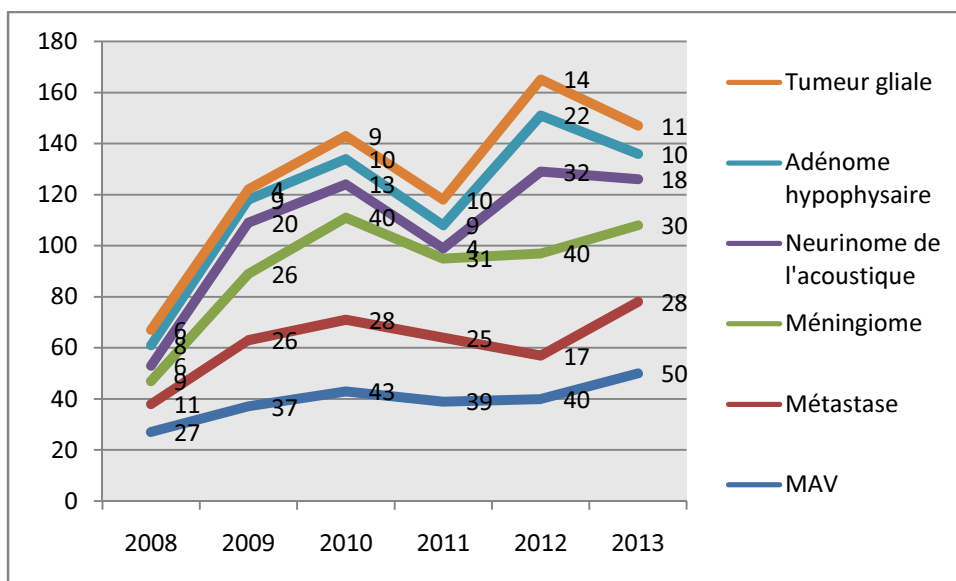


Figure 24: Evolution des indications avec le temps

On observe une augmentation globale des indications, avec quelques variations pour chaque pathologie, mais sans changement pour l'ordre général.

5 - Principales pathologies et en fonction du sexe :

Tableau9 :

Pathologies	Féminin	Masculin
MAV	86	173
Méningiome	135	70
Métastase	81	68
Adénomehypophysaire	30	46
Neurinome de l'acoustique	64	43
Tumeur gliale	26	30
Craniopharyngiome	9	16
Maladie de Parkinson	3	8
Cavernomes	11	2

On observe une prédominance masculine dans les MAV, les adénomes hypophysaires, les tumeurs gliales, les craniopharyngiomes, et la Maladie de Parkinson

Par contre, prédominance féminine dans les méningiomes, les métastases, les neurinomes de 'acoustique et les cavernomes.

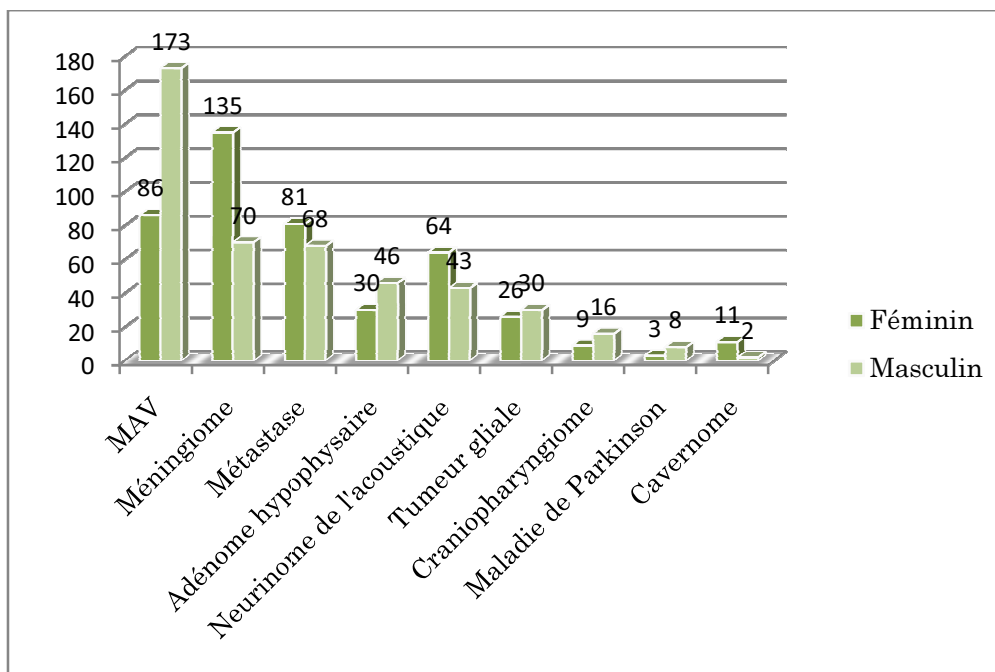


Figure 25 : Les pathologies en fonction du sexe

6 - Principales pathologies en fonction de l'âge :

Pour la catégorie d'âge :

- *Moins de 14 ans*

Cette catégorie formée par 50 patients qui sont répartis en fonction des pathologies selon le tableau et figure suivants :

Tableau 10 :

Pathologie	Nombre de cas	%
MAV	22	44 %
Tumeur gliale	11	22 %
Hamartome hypothalamique	4	8 %
Craniopharyngiome	4	8 %
Autres	9	18 %
Total	50	100 %

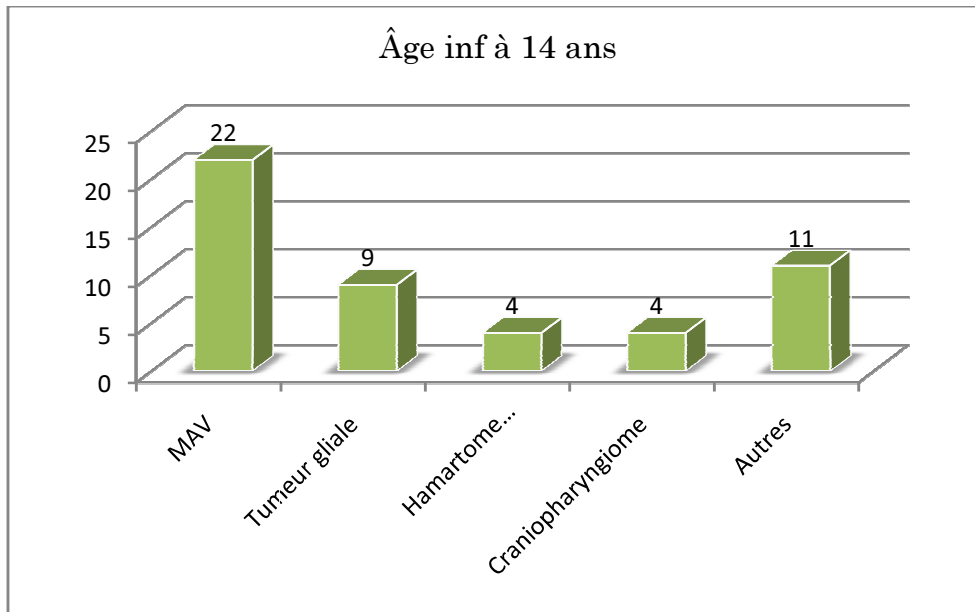


Figure 26 : Les pathologies traitées pour les enfants âgés de moins de 14 ans

La MAV est la pathologie la plus fréquente dans cette catégorie d'âge (44 %), puis la tumeur gliale (22 %), les hamartomes hypothalamiques et les craniopharyngiomes la même fréquence (8 %), et puis d'autres pathologies qui sont: 2 cavernomes, 2 neurinomes de l'acoustique, 2 médulloblastomes, une tumeur rhabdoïde, une tumeur bénigne de la région pinéale, et un cas d'hémangiome.

- *Entre 14 et 24 ans :*

Cette catégorie formée par 128 patients qui sont répartis en fonction des pathologies selon le tableau et figure suivants:

Tableau 11 :

Pathologie	Nombre de cas	%
MAV	75	58.59 %
Tumeur gliale	16	12.5 %
Craniopharyngiome	11	8.59 %
Neurinome	5	3.91 %
Adénome hypophysaire	5	3.91 %
Méningiome	4	3.13 %
Autres	12	9.38 %
Total	128	100 %

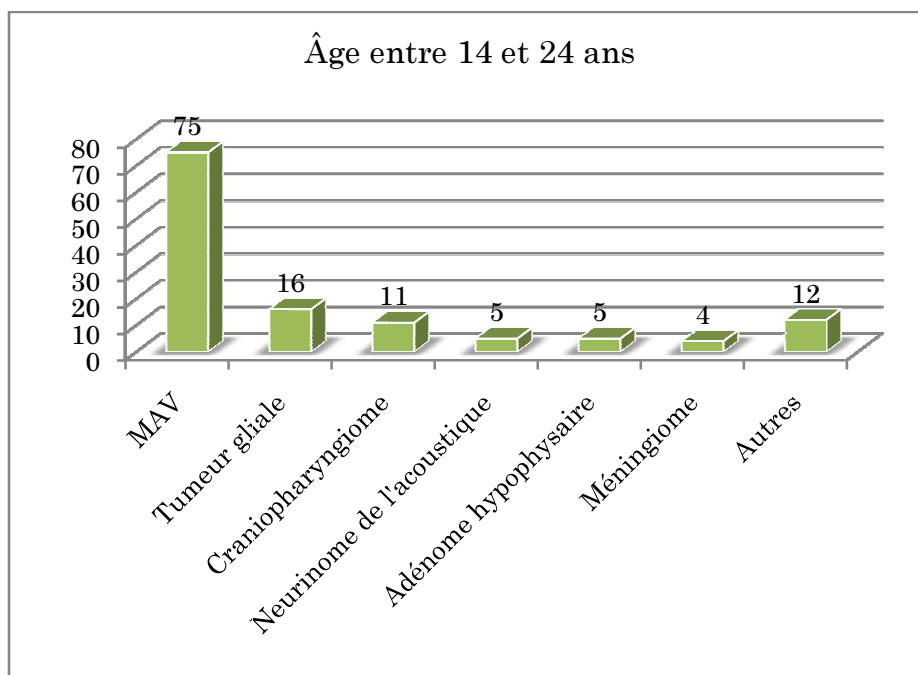


Figure 27 : Les pathologies traitées pour les patients âgés entre 14 et 24 ans

La MAV représente la principale indication de radiochirurgie pour la population jeune (58.5 %), puis la tumeur gliale (12.5 %), le craniopharyngiome (8.6 %), l'adénome hypophysaire (3.91 %), le neurinome (3.91 %), le méningiome (3.13 %), et d'autres pathologies moins fréquentes dont l'ensemble fait 9.38% qui sont:

3 cas de tumeur bénigne de la région pinéale, 3 cas de neurofibrome, 2 cas d'hémangio-blastome, 1 cas de cavernome, 1 cas d'hamartome hypothalamique, 1 cas de pinéaloctome et 1 cas de tremblement du mouvement.

- *Entre 25 et 44 ans :*

Cette catégorie formée par 277 patients qui sont répartis en fonction des pathologies dans le tableau et figure suivants :

Tableau 12 :

Pathologie	Nombre des cas	%
MAV	103	37.18%
Méningiome	49	17.69%
Neurinome	38	13.72%
Méningiome	28	10.11%
Adénome hypophysaire	21	7.58%
Tumeur gliale	12	4.33%
Craniopharyngiome	4	1.44%
Autres	22	7.94%
Total	277	100 %

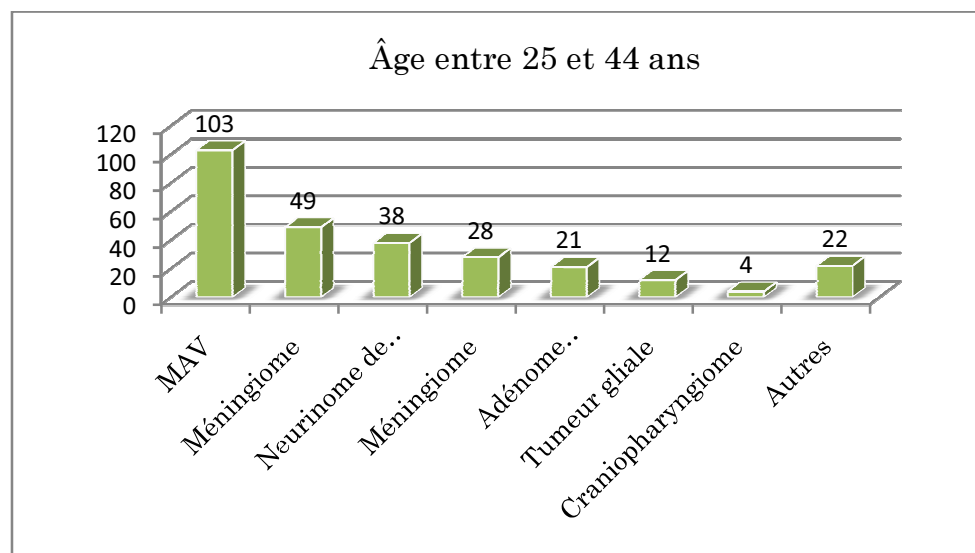


Figure 28 : Les pathologies traitées pour les patients âgés entre 25 et 44 ans

Entre 24 et 44 ans la principale indication est la MAV(37 %), puis le méningiome (17 %), le neurinome de l'acoustique (13 %), les métastases (10 %), l'adénome hypophysaire (7 %), la tumeur gliale (4.33 %), le craniopharyngiome (1.5 %), et d'autres pathologies moins fréquentes dans cette catégorie d'âge représentant 8 % qui sont:

4 cas de cavernomes, 5 cas de tumeur bénigne de la région pinéale, 2 cas de chémodectome, 2 cas kyste épidermoïde, 2 cas de neurofibrome, 2 cas de tumeur maligne, 2 cas d'hémangio-péricytome, un cas de fistule durale, un cas de médulloblastome et un cas de névralgie du V.

- *Entre 45 et 65 ans*

Cette catégorie formée par 437 patients qui sont répartis en fonction des pathologies selon le tableau et figure suivants :

Tableau 13 :

Pathologie	Nombre des cas	%
Méningiome	127	29.06%
Métastase	96	21.97%
MAV	55	12.59%
Neurinome	48	10.98%
Adénome hypophysaire	46	10.53%
Tumeur gliale	28	6.41%
Cavernome	8	1.83%
Craniopharyngiome	5	1.14%
Maladie de Parkinson	4	0.92%
Autres	20	4.58%
Total	437	100 %

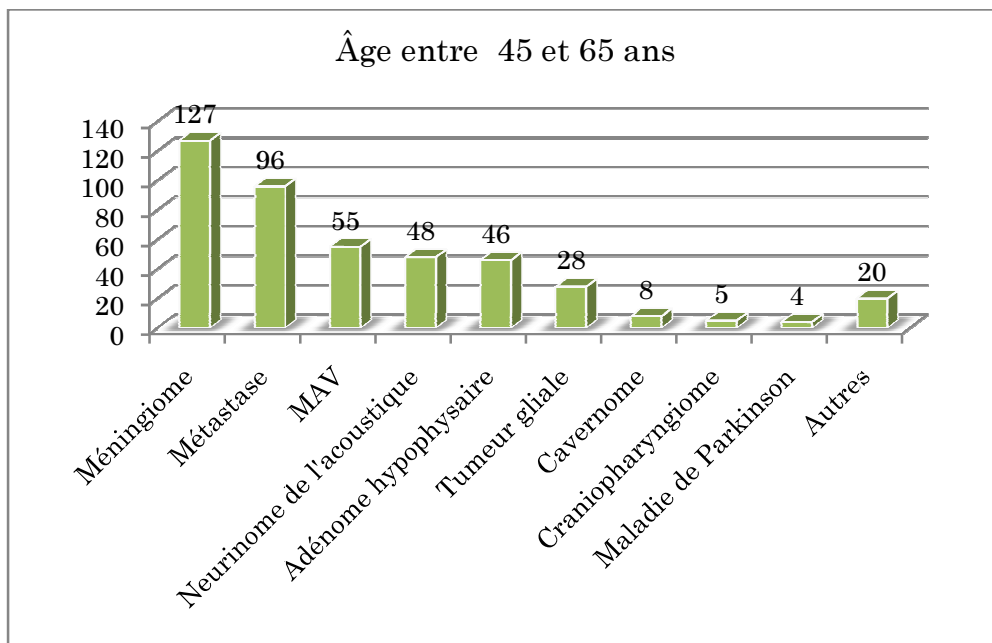


Figure 29 : Les pathologies traitées pour les patients âgés entre 45 et 65 ans

Le méningiome est l'indication principale dans cette population (29 %), puis les métastases (21 %), la MAV (12 %), le neurinome (11 %), l'adénome hypophysaire (10 %), la tumeur gliale (6 %), le cavernome(2 %), le craniopharyngiome (1 %), la maladie de Parkinson et tremblement essentiel (1 %).

Et d'autres pathologies moins fréquentes qui sont:5 cas de fistule durale, 3 cas d'hémangio-blastome, 4 cas de tumeur bénigne de la région pinéale, 2 cas de névralgie du V, 2 cas de chordome, 1 cas de léiomyosarcome, angiosarcome, chémodectome, chondrosarcome.

- 65 ans et plus :

Cette catégorie formée par 89 patients qui sont répartis en fonction des pathologies selon le tableau et figure suivants :

Tableau 14 :

Pathologie	Nombre de cas	%
Métastase	25	28.09%
Méningiome	25	28.09%
Neurinome	14	15.73%
Tumeur gliale	6	6.74%
Maladie de Parkinson	6	6.74%
Adénome hypophysaire	4	4.49%
MAV	4	4.49%
Autres	5	5.62%
Total	89	100 %

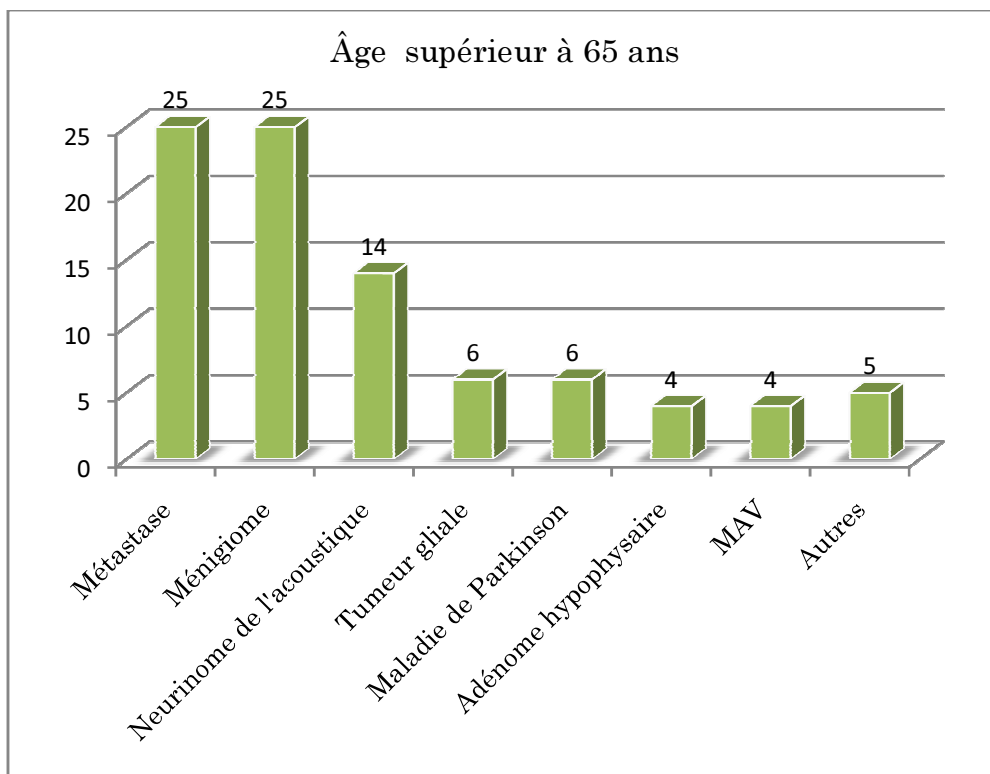


Figure 30 : Les pathologies traitées pour les patients âgés plus de 65 ans

Les métastases et le méningiome sont les principales indications de la radiochirurgie pour la population âgée à plus de 65 ans,

56 % des patients de cette catégorie d'âge sont traités pour des métastases(28%) et méningiome (28 %),après ces deux indication son trouve le neurinome de l'acoustique 15 %, la tumeur gliale 6 %, maladie de Parkinson et tremblement essentiel (6 %), l'adénome hypophysaire et la MAV même fréquence (4.5 %) , puis les autres pathologies qui sont moins fréquentes (ensemble forment 5.6 %) et qui sont:

2 cas de névralgie du V, 1 cas de cavernome, 1 cas de craniopharyngiome, 1 cas d'hémangio-péricytome.

Tableau récapitulatif présentant le pourcentage de chaque catégorie d'âge au sein de la population étudiée, avec la pathologie principale de chaque catégorie d'âge.

Tableau 15 :

Âge	Nombre de cas	%	Pathologie principale
<14	437	5.10 %	MAV (44 %)
14-24	277	13.05 %	MAV (58.5 %)
25-44	128	28.24 %	MAV (37.18%)
45-65	89	44.55 %	Méningiome (29.6%)
> 65	50	9.07 %	Méningiome et Métastase (28 %)

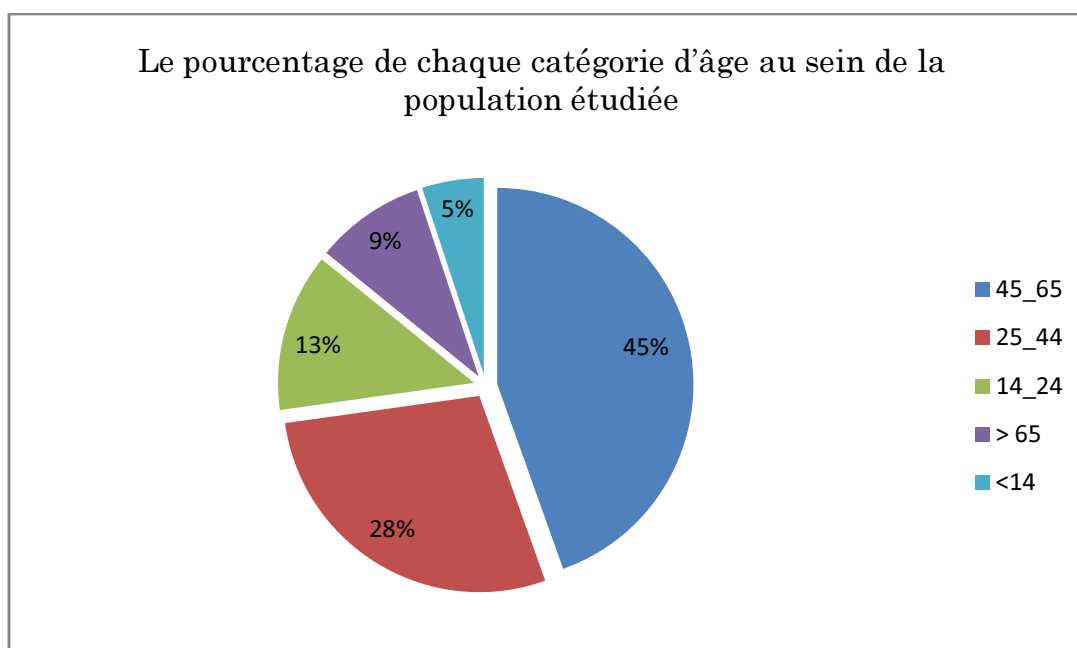


Figure 31

7 - La prise en charge des patients traités :

475 sujets traités sont pris en charge par les assurances(52.84 %), 401 sujets ont payé leur traitement (44.61 %) et participe également à la prise en charge de quelques patients, 23 patients (2.56%) ont été pris en charge par la Fondation Hassan II pour la prévention et la lutte contre les maladies du système nerveux, dans le cadre de la convention la liant avec le CHU Ibn Sina Rabat. Le tableau et la figure suivants illustrent cette répartition :

Tableau 16 :

Nature de la prise en charge	Nombre	%
Pris en charge par organisme d'assurance	475	52.84%
Payant	401	44.61%
Pris en charge par la Fondation Hassan II	23	2.56%
Total	899	100 %

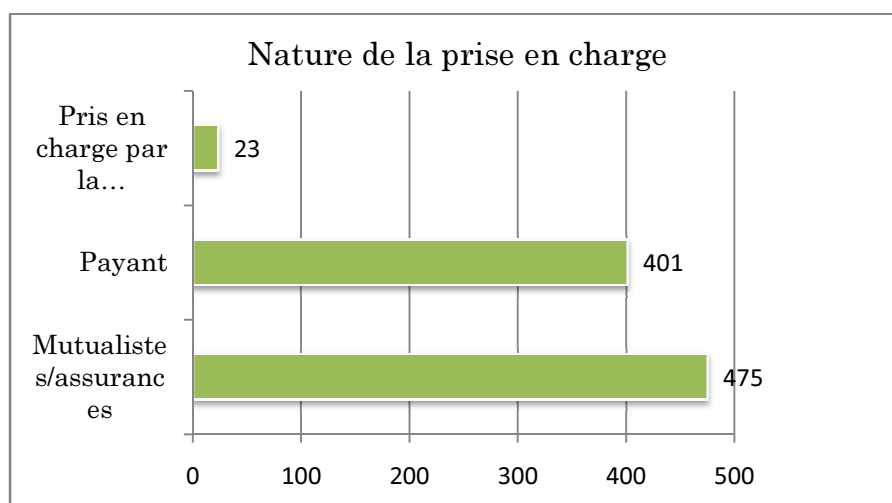


Figure 32 : Nature de la prise en charge de la population traitée au CNRNS

8 - Le médecin référent:

Tableau 17 :

Médecin référent	Nombre de référés	%
Neurochirurgien H.S.R	309	40.29 %
Neurochirurgien Rabat	199	25.95 %
Autre Neurochirurgien	155	20.21 %
Radiothérapeute	34	4.43 %
Oncologue	27	3.52 %
Neurologue	23	3.00 %
ORL	11	1.43 %
Autres spécialités	9	1.17 %
Total	767	100 %

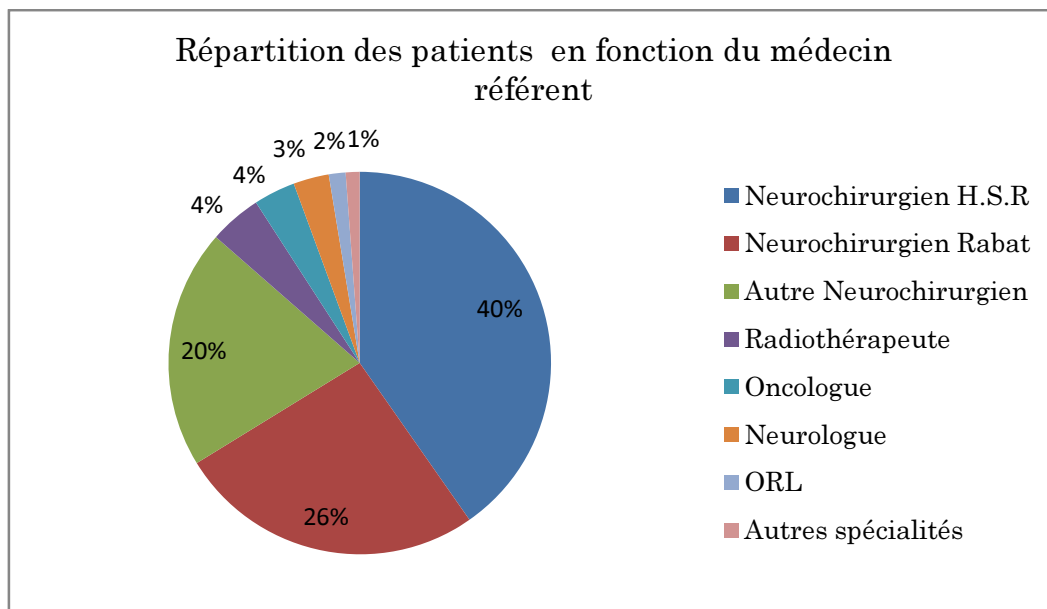


Figure 33 : Les médecins référents

40.29 % (309) des patients sont référés par des neurochirurgiens de l'hôpital des spécialités de Rabat.

25.95 % (199) des patients sont référés par des neurochirurgiens à Rabat en dehors de l'HSR, soit des neurochirurgiens à l'hôpital Cheikh Zaid, hôpital militaire, cliniques privées.

20.21 % (155) des médecins référents sont des neurochirurgiens des autres villes, publiques et privés, CHU Casablanca, Fès, Marrakech. Ou de l'étranger; de la Mauritanie, Congo Brazzaville, Algérie, Sénégal.

Puis les patients qui sont référés de la part d'autres spécialistes: 34 sujets référés par un radiothérapeute, 27 référés par un oncologue, 11 référés par un Orl. Et quelques patients référés soit par un pédiatre, un gynécologue, ou un réanimateur pédiatrique.

- *La spécialité du médecin référent:*

Tableau 18 :

Spécialité	Nombre	%
Neurochirurgiens	663	86.44%
Radiothérapeutes	34	4.43%
Oncologues	27	3.52%
Neurologues	23	3.00%
ORL	11	1.43%
Autres spécialités	9	1.17%
Total	767	100%

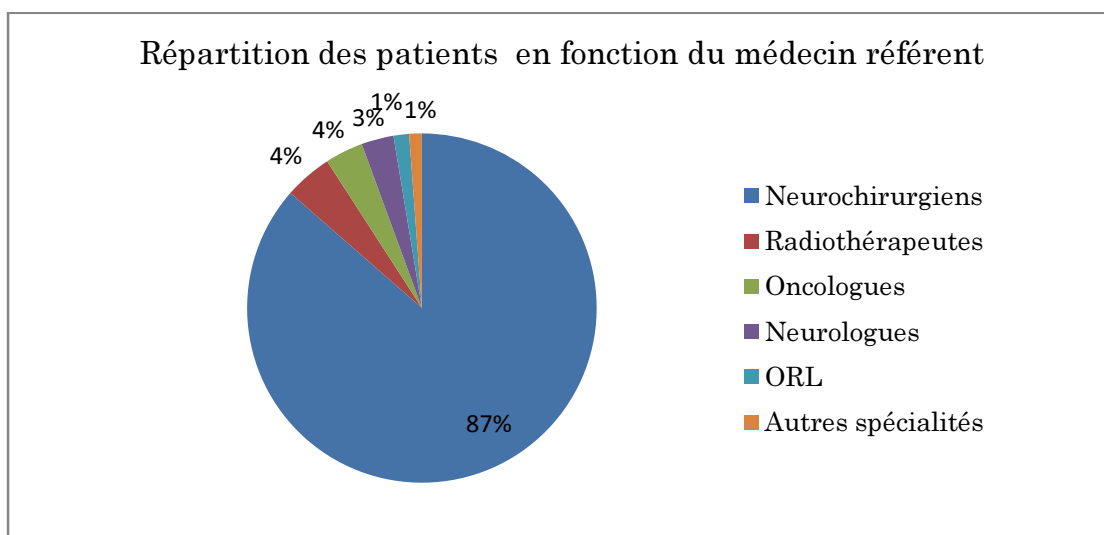


Figure 34: Spécialité du médecin référent

La majorité des patients traités au centre sont référés par des neurochirurgiens 86 %

- *Les neurochirurgiens :*

Tableau 19 :

Neurochirurgiens	Nombre	%
Rabat	508	76.62 %
Autres villes	155	23.38%

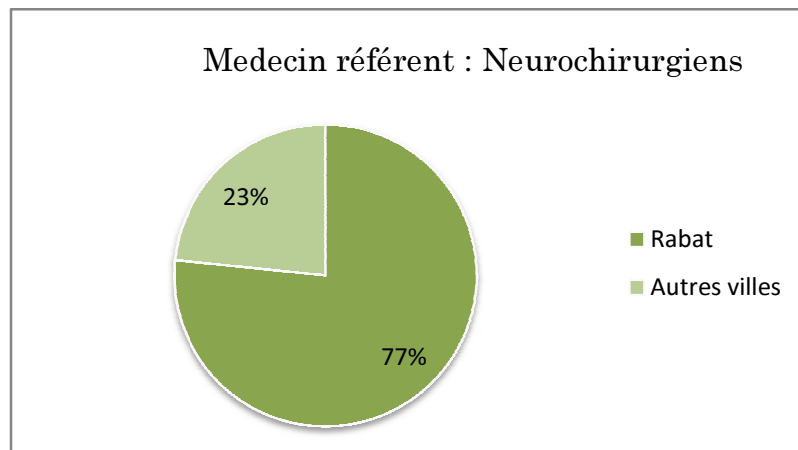


Figure 35

La majorité des patients sont référés à partir de Rabat 76.62%, le reste est référé à partir des autres villes du royaume

9 - Origines des patients:

- Les patients locaux

Sont issues de toutes les régions du pays, et sont répartis selon la ville dans le tableau et figure suivants :

Tableau 20 :

ville d'origine	nombre	%
Rabat	184	25.88%
Casablanca	121	17.02%
Etrangers	54	7.59%
Salé	40	5.63%
Fès	25	3.52%
Tanger	22	3.09%
Meknès	19	2.67%
Nador	17	2.39%
Marrakech	16	2.25%
Oujda	16	2.25%
Taza	12	1.69%
Agadir	11	1.55%
Kenitra	11	1.55%
Témara	10	1.41%
Khouribga	9	1.27%
Tétouan	9	1.27%
Mohammadia	8	1.13%
Settat	8	1.13%
El jadida	7	0.98%
Souk larbaa	6	0.84%
Beni mellal	6	0.84%
Errachidia	5	0.70%
Laayoune	5	0.70%
Autres	90	12.66%
Total	711	100 %

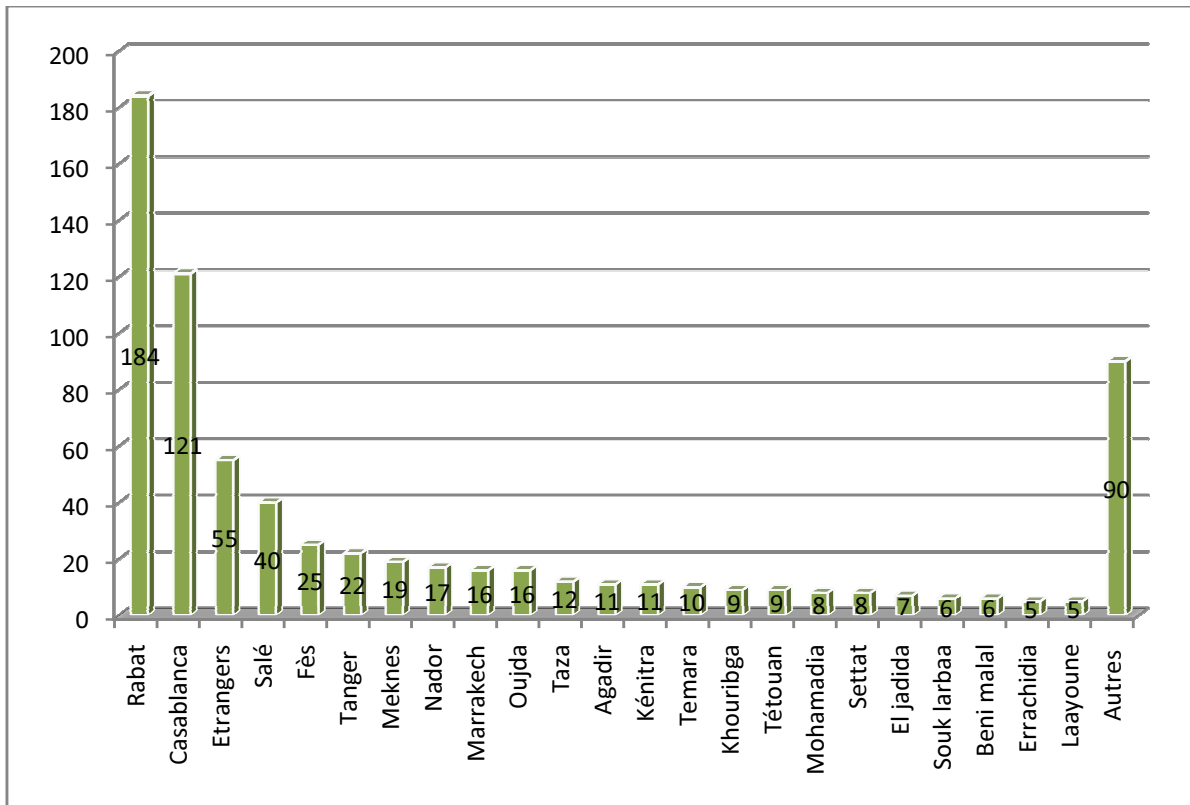


Figure 36 : Origines des patients traités par Gamma Knife au CNRNS

25 % Les malades traités proviennent de rabat, 17 % de Casablanca, 7.59 % des étrangers, 5.63 % de Salé, 3.52 % de Fès, 3.09 % de Tanger, sont les principales villes d'origine.

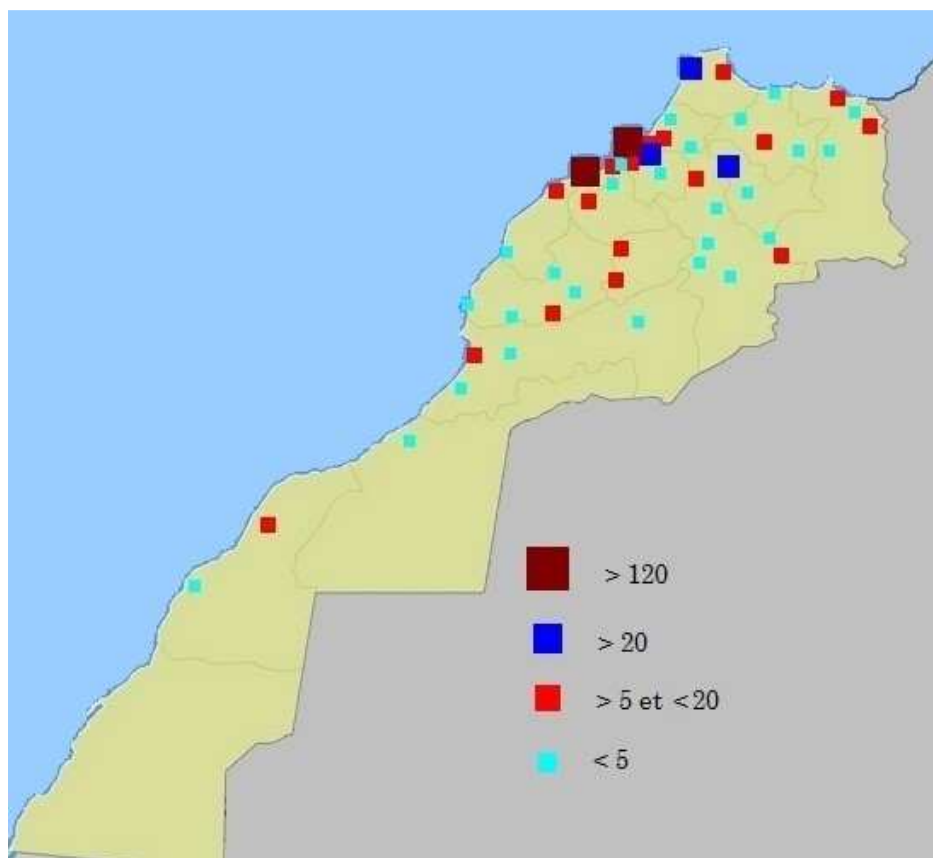


Figure 37: Répartition des patients Marocains selon leurs villes d'origines

- Les patients étrangers :

Tableau 21:

Etrangers	Nombre	%
La Mauritanie	30	54.55%
L'Algérie	6	10.91%
Congo Brazaville	5	9.09%
Bénin	3	5.45%
Négeria	3	5.45%
Congo Kinshassa	2	3.64%
La Tunisie	1	1.82%
Gabon	1	1.82%
Sénégal	1	1.82%
Burkina Fasso	1	1.82%
Oman	1	1.82%
Arabie Saudite	1	1.82%
Total	55	100.00%

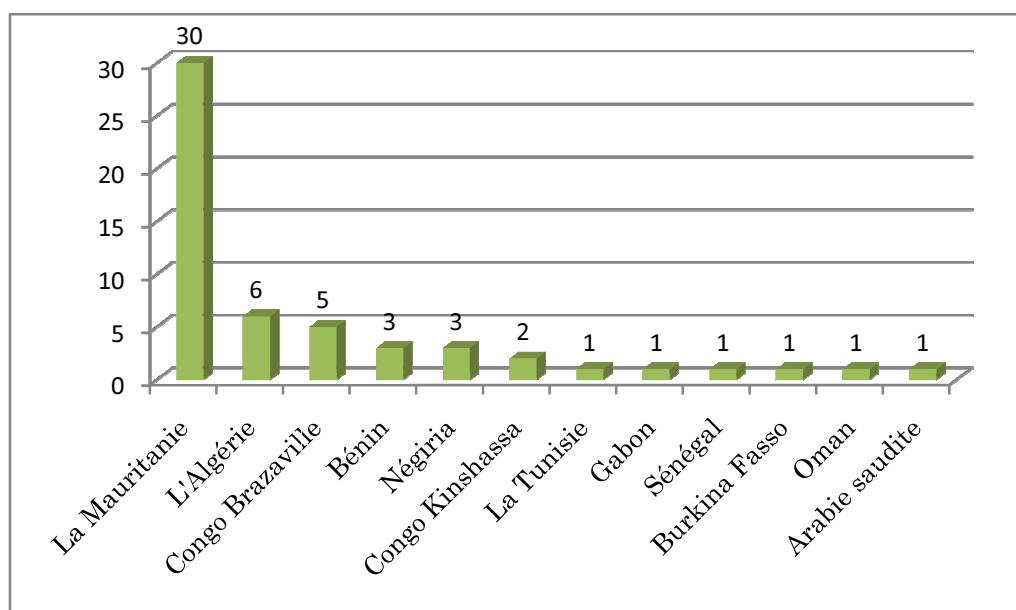


Figure 38: Répartition des patients étrangers selon leurs pays d'origine

Les Mauritanien(ne)s sont les premiers patients étrangers avec 30 patients représentant 55 % des étrangers suivis par les Algérien(ne)s 6 patients (11 %). 5 patients venus du Congo Brazzaville, 3 patients du Nigeria et du Bénin, 2 patients venus du Congo Kinshasa, un patient traité de la Tunisie, du Gabon du Sénégal, et 3 patients Marocain(ne)s résidents à l'étranger (2 en Arabie saoudite, 1 en Oman).

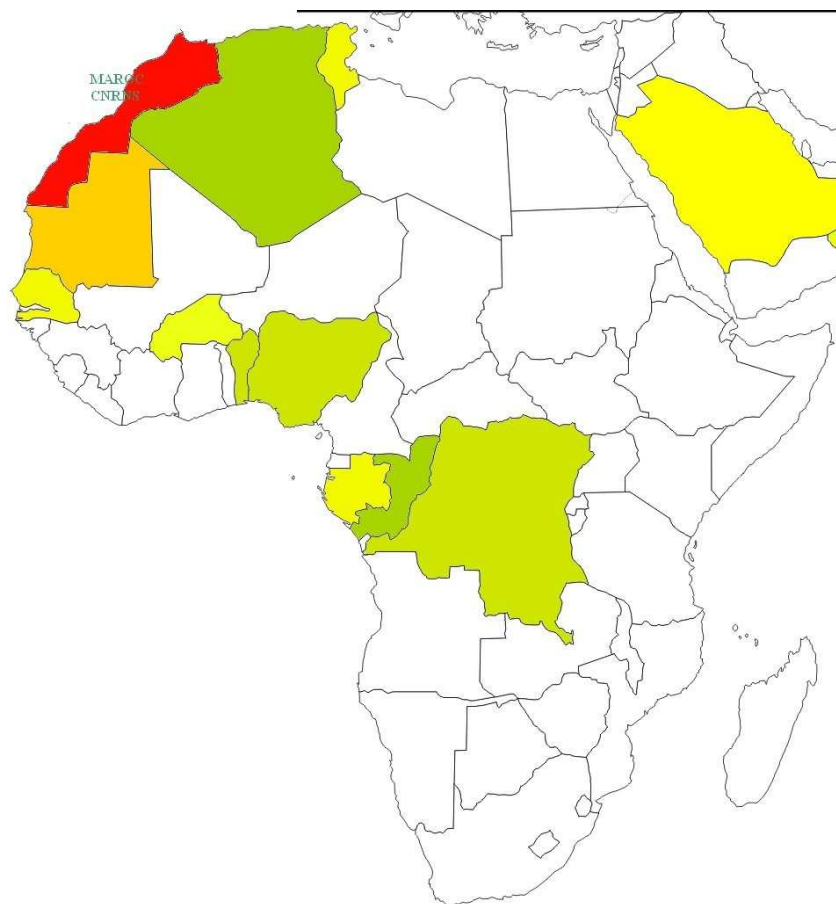


Figure 39: Carte présentant la répartition des patients étrangers en fonction de leurs pays d'origine

10 - Volume des lésions traitées

➤ Les lésions traitées au CNRNS ont des volumes compris entre :

- *Volume minimal*

15 mm³, il s'agissait d'une métastase punctiforme dans le cadre de métastases multiples.

- *Volume maximal*

Etait de 102 cc, il s'agit d'un astrocytome anaplasique de grade III, traité après échec de multiples chirurgies, la chimiothérapie et radiothérapie, avec une évolution défavorable liée à l'évolution de la tumeur en rapport avec sa nature histologique agressive.

- *Volume moyen*

Etait de 5190 mm, soit 5.2 cc

Le volume de 68.63 % des lésions traitées était inférieur à 10 cc (diamètre de lésion <2.7 cm). 31.37 % des lésions traités mesuraient plus de 10 cc (diamètre de lésion >2.7 cm), le volume de 21.93 % des lésions était entre 1 et 3 cc, de 20.57 % des lésions était entre 5 et 10 cc, de 14.06 % des lésions était entre 3 et 5 cc, de 12.07 % des lésions était inférieur à 1 cc.

Tableau 22 :

Volume de la lésion	Fréquence	%
Inférieur à 1 cc	115	12.07%
Entre 1 et 3 cc	209	21.93%
Entre 3 et 5 cc	134	14.06%
Entre 5 et 10 cc	196	20.57%
Entre 10 et 14 cc	91	9.55%
Entre 14 et 33 cc	160	16.79%
Egal ou supérieur à 33 cc	48	5.04%
Total	953	100.00%

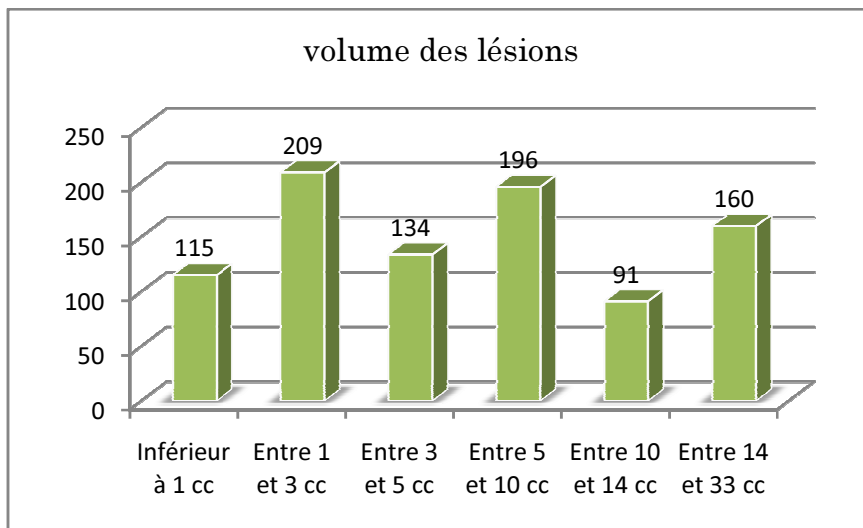


Figure 42 : Montrant la répartition des lésions en fonction de leur volume

11 - Durée de traitement :

a- Temps d'irradiation varie entre:

- *Durée minimale*

17 min, était le temps nécessaire pour traiter un cavernome de 690 mm³

20 min, était le temps nécessaire pour traiter une MAV de 570 mm³

- *Durée maximale*

720 min soit 12 heures, pour le traitement des métastases multiples (38 lésions).

- *Durée moyenne*

Est de 120 min, soit 2 heures.

b-Comparaison du temps d'irradiation des 6 premiers mois par rapport aux derniers mois :

- **6 premiers mois** : (de juin 2008 à décembre 2008, avec débit de dose égale à 3.393 gy/minute)

Durée moyenne de traitement : 120 minutes

Durée totale : 9554 minutes

Max : 480 minutes

Min : 22 minutes

- **6 derniers mois** : (de janvier 2014 à mai 2014, avec débit de dose égale à 1.545gy/minute)

Durée moyenne de traitement : 162 minutes

Durée totale : 17693 minutes

Maximale : 660 minutes

Minimale : 60 minutes

Le temps nécessaire pour le traitement augmente avec le temps, ceci est en relation avec le décroissement du débit de Dose de la machine.

c- Débit de dose de la machine :

- Valeur lors de début de l'étude : 3.393 gy/minute
- Valeur lors de la fin de l'étude : 1.545 gy/minute

Le débit de dose de la machine a diminué de 45.53 % pendant 6 ans.

d- La durée de la procédure :

- Durée maximale 840 minutes, soit 14 heures.
- Durée minimale 140 minutes.
- Durée moyenne 240 minutes, soit 4 heures de la pose du cadre jusqu'à la fin de la procédure. (1 heure pose de cadre et imagerie, 1 heure de Planning, 2 heures de traitement).

12 - Paramètres dosimétriques (nombre de tirs)

Le nombre des tirs ou collimateurs est compris entre :

- 01 tir, pour le traitement de :
 - La maladie de Parkinson, névralgie faciale, et lésions de volume moyen égal à 565 mm³
- 146 tirs utilisés pour :
 - Traiter un méningiome, et 141 tirs pour traiter des métastases multiples
- Nombre moyen de tirs : 22 tirs.

13 - Enquête de satisfaction :

Résultats :

Parmi les 100 patients interrogés ayant répondu :

- 86 % ont passé une bonne expérience durant la séance d'irradiation, 7 % ont passé une expérience acceptable, et 7 % avaient déclaré d'avoir passé une mauvaise expérience.
- 84 % connaissaient très bien le déroulement de la procédure du traitement et son objectif grâce aux informations et explications fournies par les spécialistes, 14 % rapportaient une connaissance moyenne, et 2 % méconnaissaient la technique.
- 83 % des sujets avaient une opinion favorable sur le traitement, 8 % des patients avaient une opinion moyenne, et 9 % avaient une opinion défavorable sur le traitement.
 - ⇒ En résumé 92 % des patients étaient satisfaits par le traitement par GKRS, contre 8 % qui n'étaient pas satisfaits.

Les complications:

- 79 % n'avait aucune complication, 21 % rapportent avoir des complications suite au traitement par GKRS.

Ces complications sont soit :

Mineurs :

Les plus fréquents (18%) comme l'apparition de certains troubles tel des céphalées, vertiges, nausées, un syndrome inflammatoire léger, douleurs oculaires, dyspnée, fourmillement des membres, dysesthésie faciale, léger trouble de l'odorat et de l'audition, un ralentissement mental (ces troubles sont passagers sans conséquences sur la vie quotidienne des patients).

Majeurs :

Moins fréquentes (2 %), 1 cas d'aggravation de la pathologie existante, et un cas de crises convulsives répétées.

Au final, 93 % des patients questionnés recommanderaient le traitement par GKRS à un de leur proche en cas d'indication.

Discussion

I-INTRODUCTION SUR LA RADIOCHIRURGIE GAMMA KNIFE DANS LE MONDE:

Plus de 700,000 patients traités vers 2012

70,000 patients traités chaque année

Plus de 2,500 publications scientifiques sur la radiochirurgie Gamma Knife (8)

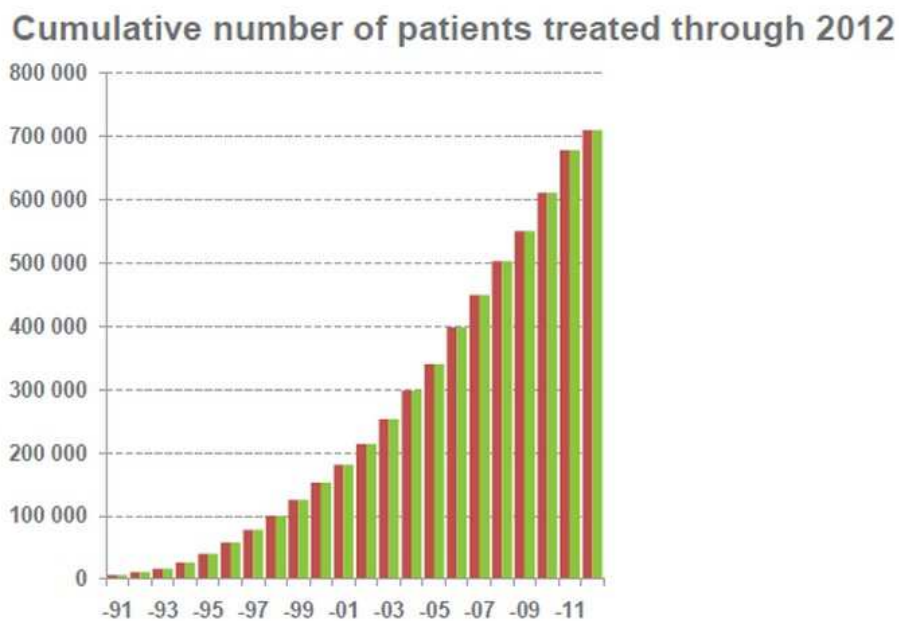


Figure 43: Evolution des traitements par Gamma Knife dans le monde
(statistiques d'Elekta)(8)

II-ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE :

Notre expérience peut être surtout comparée à l'expérience du Centre Gamma Knife de l'ULB, car elle présente des résultats similaires aux nôtres, pour et les autres centres la comparaison n'intéresse que quelques paramètres car leurs résultats sont parcellaires.

1- Nombre de traitements par Radiochirurgie Gamma Knife :

Comparaison avec d'autres expériences rapportées :

- **7 Years of Gamma Knife Radiosurgery: The Lancaster General Hospital Experience**

1188 procédures de Gamma Knife pendant 7 ans, avec une moyenne de 169.70 traitements par an **(30)**.

- **First year experience with newly developed Leksell Gamma Knife® Perfexion University of Pittsburgh Medical Center**

445 patients sont traités en un an, par LGK PFX **(31)**.

- **Expérience de radiochirurgie au Kuwait :**

158 traitements en 3 ans, avec une moyenne de 52.6 traitements par an **(32)**.

- **Expérience : CHUS (Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke)**

534 traitements par gamma Knife pendant la période entre 17 août 2004 et 1 janvier 2007 (2 ans 4 mois 13 jour = 2.37 ans)

Une moyenne de 225.3 traitements par an **(33)**.

- **L'Activité clinique du Centre ULB :**

Entre 1999 et 2008, le centre a réalisé 2028 traitements

En :

- 2000 150 traitements
- 2001 157 traitements

- 2003 192 traitements
- 2004 218 traitements
- 2005 257 traitements
- 2006 267 traitements
- 2007 276 traitements
- 2008 287 traitements

Avec une moyenne de 225.5 traitements par an.

La croissance moyenne du nombre de traitements annuels est de 8,7% (+/- 7,7%), les croissances annuelles extrêmes étant de +1,37% et +22,3%. Les traitements Gamma Knife peuvent être réalisés les 5 jours ouvrables de la semaine, toute l'année ; entre 1 et 4 patients peuvent être traités par jour (34).

Répétition de traitements par Gamma Knife au Centre de l'ULB:

Sur les 1743 patients traités, 1533 patients (88%) ont bénéficié d'une seule procédure de radiochirurgie Gamma Knife ; 167 patients (10%) ont eu besoin de 2 traitements, 26 patients de 3 traitements, 8 patients de 4 traitements, 8 patients de 5 traitements et 1 patient de 8 traitements Gamma Knife. Les indications de traitements répétés de radiochirurgie Gamma Knife étaient, par ordre décroissant de fréquence, les métastases cérébrales (53%), la névralgie du trijumeau (23%), les méningiomes (8%), les schwannomes vestibulaires (7%), les gliomes (5%), et les MAV cérébrales (4%). Les raisons justifiant la réalisation de traitements Gamma Knife répétés étaient :

1) l'apparition d'une nouvelle lésion ou d'une nouvelle localisation de la lésion traitée (métastases, gliomes...);

- 2) l'évolution d'une seconde localisation connue de la lésion traitée (méningiomes, métastases...);
- 3) la récurrence de l'affection traitée (névralgie du trijumeau...);
- 4) l'échappement de la lésion traitée au contrôle local (schwannomes vestibulaires, métastases...);
- 5) un traitement volontairement réalisé en 2 temps (staged radiosurgery) lorsque le volume tumoral est trop important (MAV, méningiomes...) (34).



Figure 44: Les traitements réalisés chaque année à l'ULB(34).

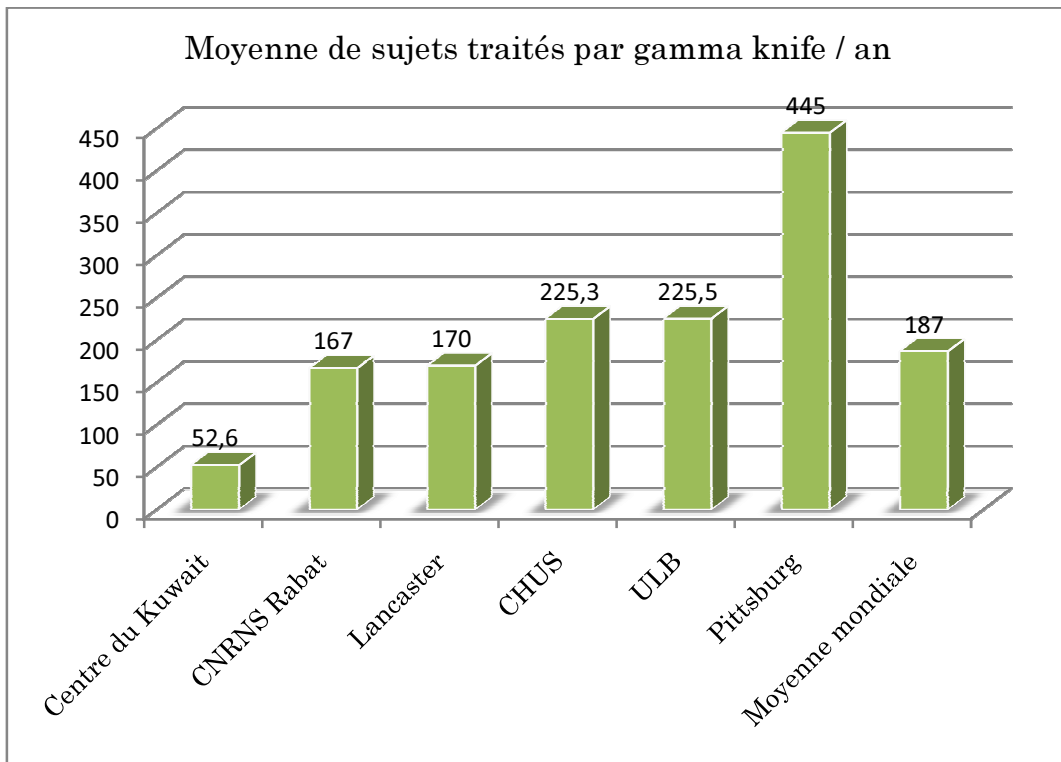
Statistiques par Elekta :

- 70,000 patients traités chaque année dans le monde(8).

Tableau 23 :

**Résumé de la moyenne des traitements par an dans différents centres de
traitements par GKRS :**

	Centre du Kuwait	CNRNS Rabat	Lancaster	CHUS	ULB	Pittsburg	Moyenne mondiale
Moyenne de sujets traités par Gamma Knife / an	52.6	167	170	225.3	225.5	445	187



**Figure 45 : Moyenne annuelle des traitements réalisés dans différents
centres Gamma Knife**

Le nombre des traitements réalisés chaque année par GKRS varie entre 52.6 qui était la moyenne annuelle du Centre du Kuwait, et 445 / an, la moyenne annuelle du centre de Pittsburg. Ce dernier centre qui avait réalisé un nombre de traitement supérieur de deux fois, par rapport aux autres centres de GKRS.

Notre centre avec une moyenne de 167 traitements par année (205 en 2014), ce chiffre reste encore largement en dessous de la capacité de l'unité qui permettrait le traitement de jusqu'à 660 patients en un an, mais la position de notre centre est correcte par rapport à la moyenne mondiale (187 traitements par année).

On peut poser la question du pourquoi le nombre des patients traités dans le centre Gamma Knife du CNRNS reste insuffisant.

On a noté une bonne adhésion des neurochirurgiens en général. Par contre il semble exister quelques réticences des autres spécialités.

2-Âge et sexe :

1-Sexe :

L'expérience réalisée au Centre du Kuwait a montré une légère prédominance masculine 81 hommes (51.26%) contre 77 femmes(48.74 %)(32).L'expérience de l'université de Toronto a trouvé une prédominance féminine: 59% des femmes contre 41% des hommes (35).D'autre part l'expérience réalisée au Centre de l'université de Virginie a montré une prédominance féminine:60% des femmes avec 40 % des hommes (36).

Donc le sexe des patients traités est variable selon les centres, dans notre centre on ne trouve pas de prédominance masculine ou féminine, (50.51 % des hommes contre 49.49 % femmes).

2 -L'âge :

Comparaison avec d'autres expériences rapportées :

Selon l'expérience faite par Massager au Centre Gamma Knife de l'ULB, l'âge moyen des patients traités était de 54 ans ; le patient le plus jeune ayant bénéficié d'un traitement avait 2 ans 1/2 et le patient le plus âgé avait 94 ans. Parmi les 2025 procédures Gamma Knife, 63 ont concerné des enfants (moins de 18 ans le jour du traitement), soit 3% des traitements réalisés dans le Centre de l'ULB (34). Dans l'expérience du centre gamma du Kuweit, l'âge des sujets traités par Gamma Knife était entre 12 et 76 ans(32). Au Centre de l'Université de Virginie, l'âge moyen était de 57 ans avec variation entre 18 t 73 ans (36). Au centre de la Timone (étude faite par Jean Régis), la moyenne d'âge était de 55 ans(37).

Tableau 24 :

Qui résume la moyenne d'âge des patients traités dans différents centres de traitements par GKRS :

	CNRNS Rabat	ULB	La Timone Régis	University of Virginia	University of Toronto
moyenne d'âge des patients traités par GKRS	46	54	55	57	63.1

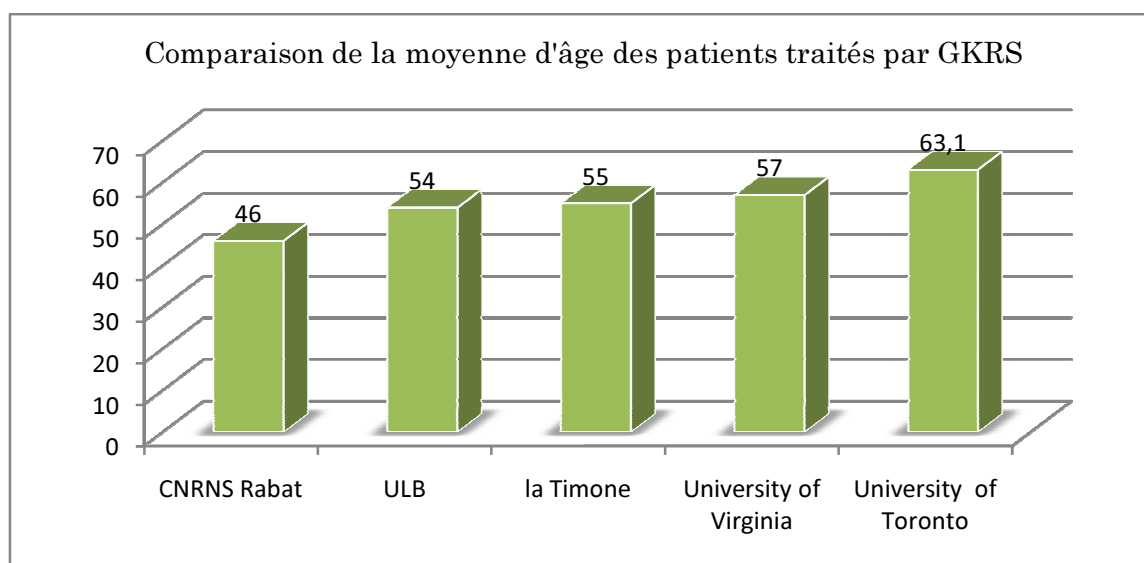


Figure 46 : Moyenne d'âge des patients traités dans différents centre Gamma Knife

Les moyennes d'âge varient entre 46 et 63 ans

La moyenne d'âge de la population traitée dans notre centre est moins importante (46 ans) par rapport à la moyenne d'âge des populations traitées au niveau d'autres centres de Gamma Knife, ULB : 54 ans, la Timone 55 ans, Virginie 57 ans, université de Toronto 63 ans.

En général il s'agit d'une population adulte d'une moyenne d'âge qui varie selon les centres entre 46 et 63 ans, c'est la tranche d'âge la plus représentée.

3-Les pathologies traitées :

Statistiques mondiales fournies par Elekta:

Tableau 25 :

Diagnostic	Incidence annuelle / million	Traitement possible par LGK	Traitements / million / an
MAV	19	70 %	13
Méningiome	41	50 %	20
Neurinome	15	75 %	11
Métastase cérébrale	62	47 %	292
Névralgie	51	50 %	26
Autres tumeurs	12	25 %	3

Tableau qui montre le taux des pathologies dont le traitement est possible par la radiochirurgie Gamma Knife. **(8)**

- La plupart des MAV et neurinomes, sont traitables par LGK.
- La moitié des méningiomes et des métastases cérébrales, des névralgies sont traitables par la radiochirurgie.
- Le traitement par LGK peut être indiqué pour le quart des autres tumeurs.

Si l'on rapporte ces incidences à la population Marocaine de 34 million d'habitants, on arrive à un nombre potentiel de 2554 candidats à la Radiochirurgie chaque année au Maroc.

- De grands efforts en termes de diagnostic et de traitement restent à faire.

Tableau 26 :

Indications	Pourcentage
Tumeurs bénignes	44 %
Tumeurs malignes	35 %
Troubles vasculaires	13 %
Troubles fonctionnels	08 %
Troubles oculaires	01 %

Les principales indications de la radiochirurgie gamma Knife **(8)**

- Les tumeurs bénignes représentent la première indication 44 %
Comme les méningiomes, les schwannomes vestibulaires, les adénomes hypophysaires sécrétant ou non sécrétant, tumeurs gliales bénignes.
 - Puis les tumeurs malignes forment la deuxième indication 35 %
Comme les métastases cérébrales, les tumeurs gliales malignes.
 - La troisième indication est représentée par les troubles vasculaires 13 % :
les malformations artérioveineuses.
 - Après ce sont les troubles fonctionnels 8 %, comme les névralgies, épilepsie, parkinson.
 - A la fin, les troubles oculaires ; mélanome uvéal seulement 1 % **(8)**.
- Il existe une grande variabilité selon les régions, comme montre la figure suivante :

Cumulative share

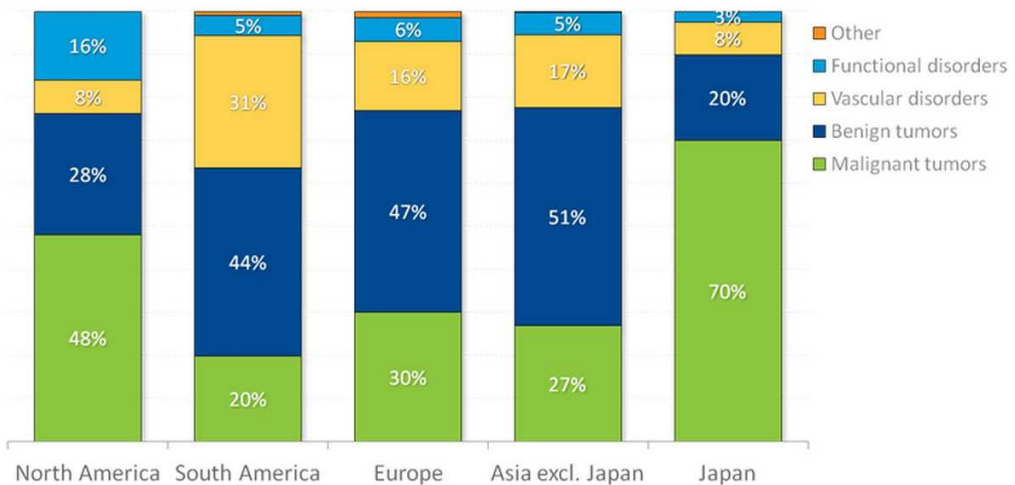


Figure 47: Répartition des indications en fonction des régions (1991-2012) (87).

En comparaison avec les pathologies traitées aux différents centres Gamma Knife

Les pathologies traitées au centre de l'ULB(34).

Centre Gamma Knife	
1999 – 2008 : 2.025 traitements	
<u>INDICATION</u>	<u>NOMBRE</u>
1. Métastase	654 traitements
2. Schwannome vestibulaire	356 traitements
3. Méningiome	323 traitements
4. Névralgie du trijumeau	288 traitements
5. Malformation artério-veineuse	165 traitements
6. Gliome	85 traitements
7. Adénome hypophysaire	45 traitements
8. Autre schwannome	26 traitements
9. Autres indications	83 traitements

Nombre de traitements réalisés pour chaque indication.

Figure 48 : Nombre des pathologies traitées à l'ULB (34)

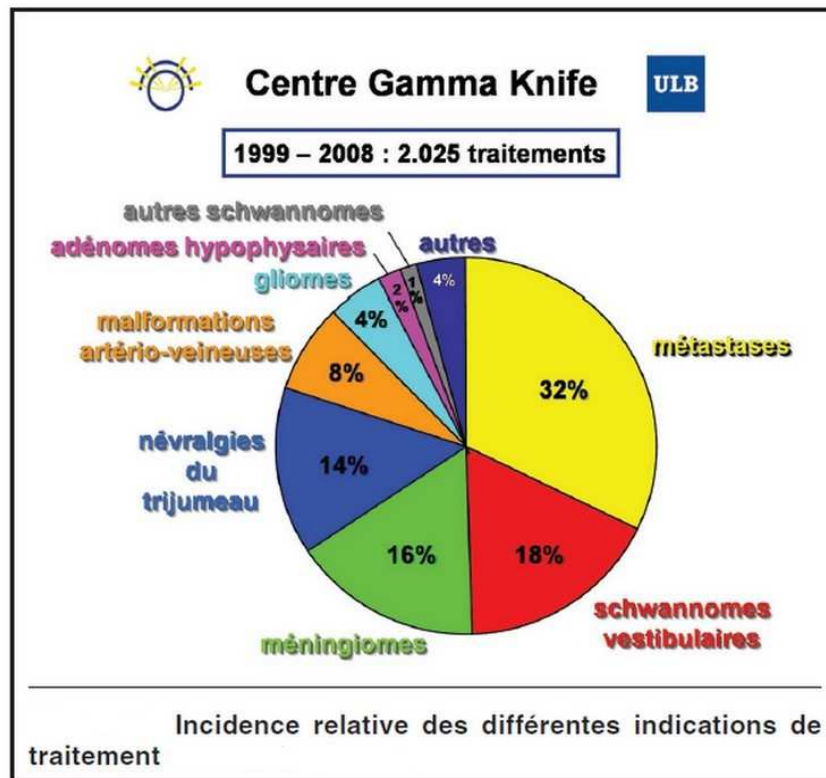


Figure 49(34)

L'expérience du centre de Lancaster:(The Lancaster General Hospital Experience) (30).

Parmi 1044 patients traités :

350cas de **métastases cérébrales** 33 %

218 cas de **méningiome**20 %

193 cas de **névralgie du trijumeau** 18 %

137 cas de **neurinome de l'acoustique**13 %

78 cas de **tumeur gliale** 07 %

47 cas de **l'adénome hypophysaire**04 %

22 cas de **malformation artérioveineuse**02 %

14 cas de **cavernome** 1.3 %

Ces pathologies seules représentent plus de 98 % des pathologies traitées. Les métastases viennent en première place suivies par les méningiomes et les névralgies du trijumeau.

Les pathologies traitées par GKRS au centre du Kuweit : (32).

- 81 traitements pour tumeurs bénignes :
- 23 gliomes, 22 métastases cérébrales,
- Troubles vasculaires :
- 23 MAV, et 3 cavernomes,
- 6 patients traités pour Névralgie du trijumeau

Les pathologies traitées au CHUS (Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke): (33).

- Métastases cérébrales 112 cas
- Tumeurs de l'hypophyse 11 cas
- Méningiomes 28 cas
- Névralgie du trijumeau 119 cas
- Malformation artérioveineuse 15 cas
- Tumeurs bénignes des nerfs crâniens (neurinomes) 35 cas
- Hémangiomes caverneux 5 cas

Ce qui montre que la névralgie du trijumeau, les métastases cérébrales, les tumeurs bénignes des nerfs crâniens et les tumeurs bénignes des méninges cérébrales constituent 85 % des pathologies traitées au CHUS par scalpel gamma selon une proportion respective de 34 %, 32 %, 11 % et 8 %. Bien que la malformation artérioveineuse soit une pathologie admissible au traitement par scalpel gamma, elle ne représente que 3 % des pathologies que le CHUS traite avec cette technologie.

Les premières indications dans les différents centres :

Dans notre centre CNRNS Rabat, la MAV est la première indication 26 %. Les métastases cérébrales représentent la première indication de traitement par GKRS au centres du Japon 59.6 %, de Pittsburg 51 %, de Lancaster 33 % et au centre de l'ULB, la névralgie du trijumeau représente la première indication au centre de CHUS.

D'autre part les tumeurs bénignes constituent la première indication de traitement par GKRS Selon les statistiques d'Elekta, Dans notre centre et au centre de l'ULB. Par contre les tumeurs malignes constituent la première indication aux centres de Japon (38). Lancaster. Quant au centre du CHUS On trouve les troubles fonctionnels au premier rang à côté des tumeurs malignes.

Cette variation en termes d'indications est expliquée soit par l'orientation, ou le siège du centre Gamma Knife, soit le niveau d'expertise. Notre unité est située au sein d'un centre de neurosciences, par conséquent les premières indications sont surtout en relation avec la neurochirurgie, la place prédominante des MAV est expliquée par le fait que notre centre est un centre de référence national pour le traitement des MAV. La faible représentabilité des métastases par rapport aux statistiques mondiales prouve qu'il existe encore une réticence des oncologues et radiothérapeutes à confier leurs patients présentant des métastases cérébrales pour la radiochirurgie.

Tableau 27 :

Qui résume l'incidence des pathologies traitées dans différents centre de traitements par GKRS :

(%)	CNRNS Rabat	ULB	CHUS	LANCASTER	PITTSBURG	JAPAN (1 an)
MAV	26	8	4	2	7	7.8
Méningiome	20	16	8	20	15	7.7
Métastase	15	32	32	33	51	59.6
Neurinome de l'acoustique	11	18	11	13	11	6.6
Adénomehypophysaire	7	2	3	4	2	3.3
Tumeur gliale	6	4	2.8	7	2	9.4
Névralgie du trijumeau	0.5	14	34	18	3	3.4

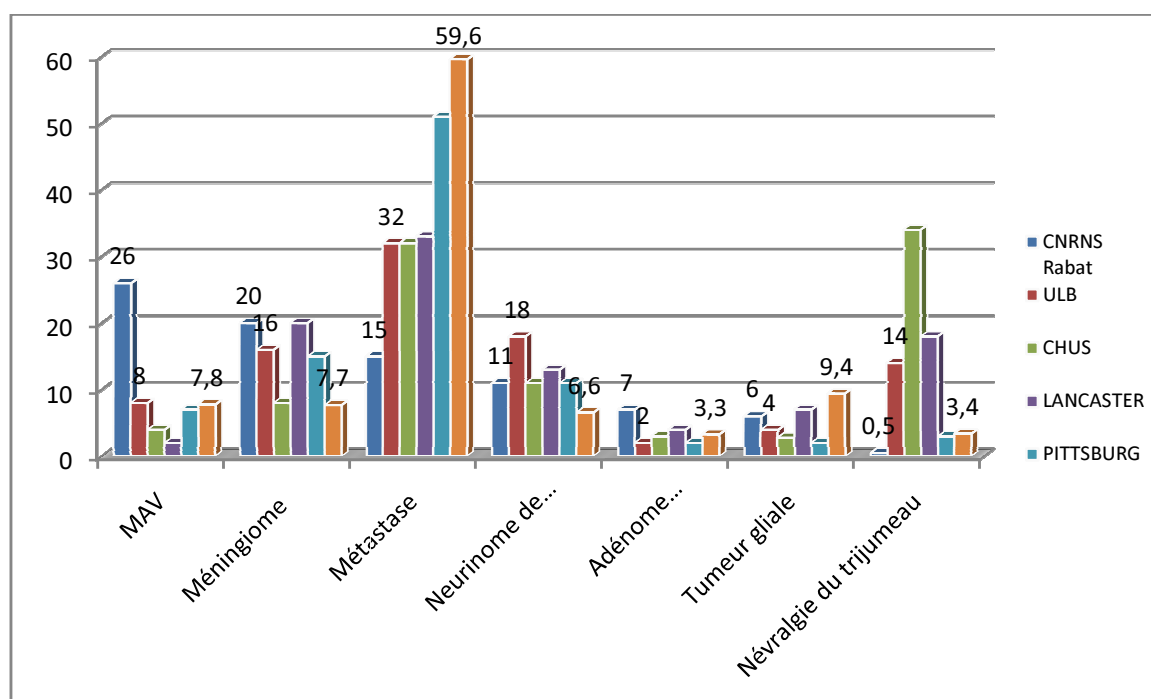


Figure 50 : Pourcentage des pathologies traitées dans différents centre de traitements par GKRS

Tableau 28 :

Qui résume l'incidence des types de pathologies (comparaison entre divers centres de traitement par GKRS):

(%)	CNRNS Rabat	ULB	CHUS	Lancaster	Japan (1 an)	Elekta (monde)
Tumeurs bénignes	46.7	37	22	38.5	18.9	44
Tumeurs vasculaires	28.7	8	3	3.5	8.4	13
Tumeurs malignes	22.5	36.5	35	41	69.2	35
Troubles fonctionnels	1.63	14	35	18.5	3.4	8

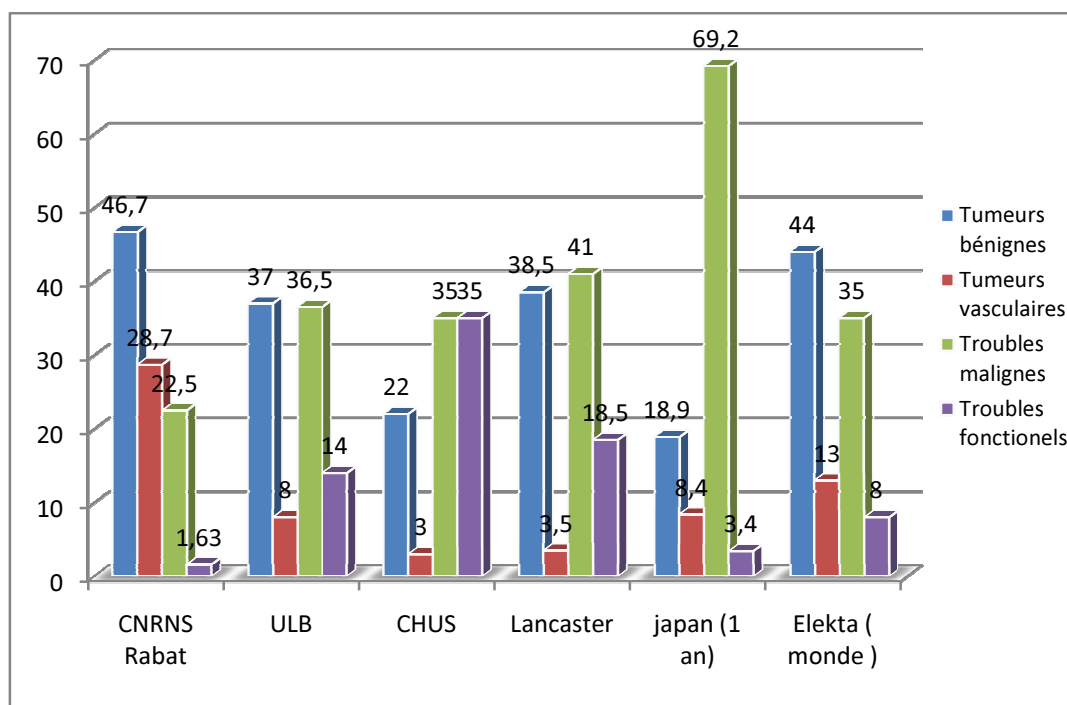


Figure 51 : L'incidence de types de pathologies (comparaison entre divers centres de traitement par GKRS):

4-Evolution des indications avec le temps :

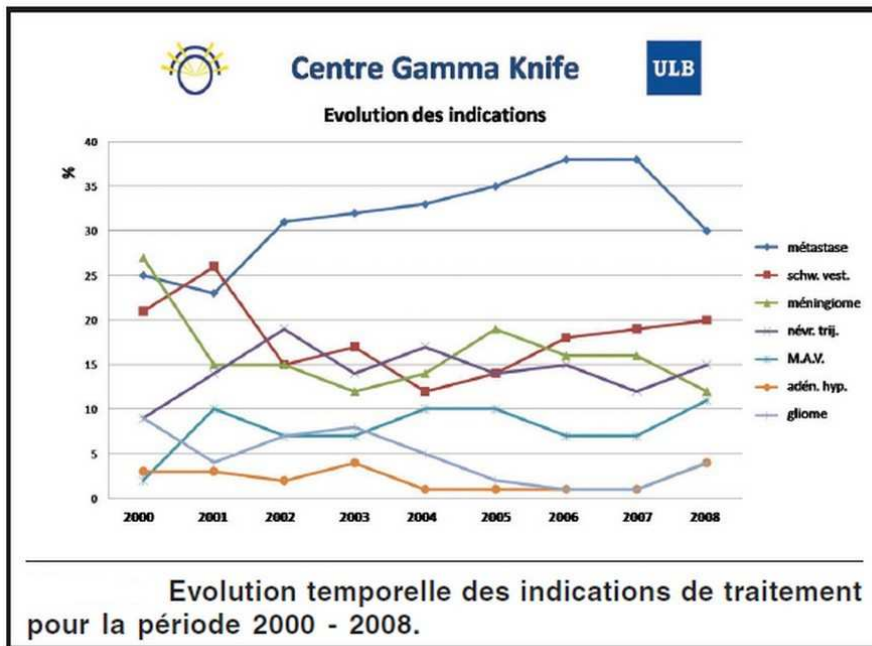
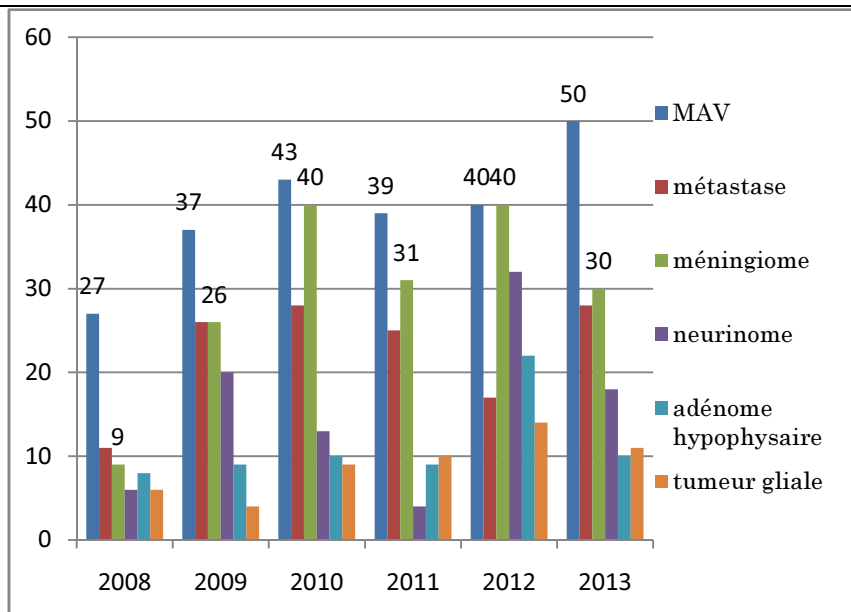


Figure 52 : Evolution des indications avec le temps Rabat/ULB

Evolution des indications avec le temps au niveau du centre l'ULB:

La Figure montre l'évolution temporelle des indications de traitement par Gamma Knife dans notre centre sur la période 2000-2008. On observe que des fluctuations importantes se sont produites lors des 2 premières années d'activité clinique, reflétant une activité débutante avec des indications encore méconnues pour beaucoup de médecins référents et une confiance dans l'efficacité du traitement radio chirurgical encore limitée. A partir de la 3ème année d'activité, les incidences des indications de traitement Gamma Knife se sont stabilisées; elles ne se sont ensuite que très peu modifiées. Les indications de traitement des métastases cérébrales se sont accrues progressivement d'année en année, à l'exception de la dernière année. L'incidence des traitements Gamma Knife des schwannomes vestibulaires a légèrement diminué sur la période 2000-2004, alors qu'entre 2004 et 2008 l'incidence s'est accrue de manière continue, passant de 12% à 20%. Les méningiomes représentent une indication globalement stable, fluctuant de manière assez aléatoire d'année en année entre 12% et 19%.

La situation est identique pour la névralgie du trijumeau dont l'incidence varie également depuis 2002 entre 12% et 19% selon les années. L'incidence des traitements des malformations artérioveineuses (MAV) cérébrales est très stable (7 à 11%) entre 2001 et 2008. Les indications de traitement des gliomes cérébraux se sont nettement réduites au fur et à mesure de notre expérience. Les adénomes hypophysaires représentent une indication plus rare de traitement par Gamma Knife, variant entre 1 et 4% des indications, et relativement stable dans le temps (34).

Evolution des indications avec le temps dans notre centre:

On observe une augmentation globale des indications, avec des variations pour chaque pathologie. Pour les MAV traités leur nombre a augmenté de manière régulière depuis 2008 avec un pic en 2013 (50 traitements), même constatation pour les adénomes hypophysaires début par 8 traitements en 2008 puis augmentation remarquable pour atteindre 22 traitements en 2012, par ailleurs augmentation régulière des indications des tumeurs gliales même si leur fréquence reste moins importante par rapport à celle des autres indications. Les incidences des traitements Gamma Knife des neurinomes de l'acoustique et des méningiomes étaient relativement stables entre 2009 et 2013, variation moins de 15.4 %. L'indication des métastases avait une évolution relativement stable.

5 –Profil épidémiologique (âge et sexe ratio de différentes pathologies)

Dans notre centre :

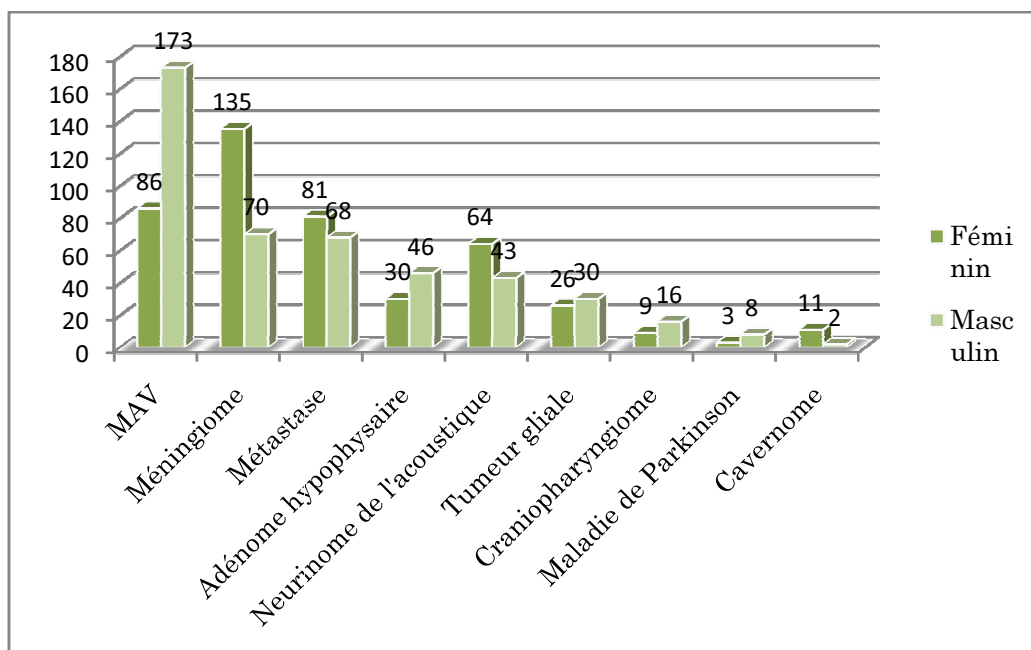


Figure 53 : Les pathologies en fonction du sexe

Tableau 29 :

Données épidémiologiques globales de la littérature concernant les différentes pathologies en comparaison avec les données de notre étude.

	Données de la littérature		Données de Notre série	
	Âge moyen	Sexe ratio	Âge moyen	Sexe ratio
MAV	- L'âge moyen : 33.7 ans (39) . - La moyenne d'âge des patients se situe entre 30 et 40 ans (68) . - L'âge moyen est de 35 ans, avec des extrêmes allant de 4 à 70 ans (40) .	- Littérature 1/1 (39) . Expérience ULB: 89 H, 76 F (40) .	- 31 ans	- Femmes 33.20 %. - Hommes 66.80 %.
Méningiome	- Surviennent généralement à partir de la 5e décennie (45) (66) . - La moyenne d'âge se situe entre 48 et 68 ans (45) . - L'âge médian est 61 ans (67) .	- Deux fois plus fréquent chez la femme que chez l'homme (43, 44, 45) . - 1/2 avec une surreprésentation des femmes (48) .	- 56 ans	- Femmes 65.85 %. - Hommes 34.15 %.
Neurinome de l'acoustique	- Ils apparaissent généralement vers 45-50 ans (57) (71) . - La moyenne d'âge est 53 ans, de 11 à 88 ans (72) .	- Légèrement en faveur des femmes, 12 % de plus que les hommes (56)(57) .	- 47 ans	- Femmes 59.54 %. - Hommes 40.46 %.
Adénome hypophysaire	- Touche l'adulte, exceptionnellement l'enfant et l'adolescent (32) . - L'âge moyen 49 ans, de 19 à 79 ans (50) . - Sont découvertes le plus souvent entre 35 et 65 ans (70) .	- Plus nombreuses chez la femme (53%) (49) . - 26 femmes et 19 hommes (expérience de l'ULB) (50) .	- 50 ans	- Femmes 39.40 %. - Hommes 60.53 %.
Tumeur gliale	- Le pic de fréquence se situe entre 50 et 60 ans (22) .	- Plus fréquente chez l'homme que chez la femme (32) .	- 36.5 ans	- Femmes 45.24 %. - Hommes 54.76 %.
Névralgie du Trijumeau	- La moyenne d'âge de survenue dans la sixième décennie (60) (73) .	- (3 femmes pour 2 hommes) (60)(61) .	- 63.5 ans	- Femmes 40 %. - Hommes 60 %.
Maladie de Parkinson	L'âge moyen d'apparition est de 55 ans (59) .	- Légèrement plus les hommes que les femmes (59) .	- 70 ans	- Femmes 27.27 %. - Hommes 72.73 %.
Craniopharyngiome	- avec trois pics de fréquence : entre 7 et 13 ans, 20 et 25 ans, 60 et 65 ans (58) .	- Légère prédominance masculine (<i>sex-ratio</i> : 55/45) (58) .	- 20 ans	- femmes 36 %. - Hommes 64 %.

- Généralement les pathologies traitées par la radiochirurgie surviennent chez les sujets adultes âgés entre 45 et 60 ans, sauf pour les MAV, les craniopharyngiomes qu'on peut retrouver chez la population pédiatrique de bas âge.
- Le profil épidémiologique des patients traités par Radiochirurgie Gamma Knife est globalement similaire au profil épidémiologique des patients atteints par les pathologies constituant les indications de la Radiochirurgie.

6- Nature de la prise en charge :

Dans son article publié dans la Revue Médicale de Bruxelles en 2009, N. Massager rapporte qu'en Belgique, le système de sécurité sociale en vigueur est particulièrement performant; la quasi-totalité des habitants de notre pays possèdent une couverture sociale. Cette situation permet à la très grande majorité de la population de pouvoir bénéficier d'un traitement radio chirurgical par Gamma Knife sans devoir en assumer le coût financier. En effet, le coût des traitements Gamma Knife est intégralement pris en charge par la sécurité sociale belge.

Environ 2% des patients traités dans le Centre de l'ULB sont issus de pays étrangers, parmi eux des marocains (34).

Dans notre centre :

475 sujets traités sont pris en charge par les assurances (52.84 %), 401 sujets ont payé leur traitement (44.61 %), et 23 patients (2.56%) ont été pris en charge par la fondation Hassan II pour la prévention et la lutte contre les maladies du système nerveux.

- On aurait souhaité que le nombre des malades pris en charge par la Fondation Hassan II pour la prévention et la lutte contre les maladies du système nerveux, soit plus important que 23 patients (2.56%), sachant que l'objectif serait d'atteindre les 10%. Mais le nombre encore insuffisant de patients traités au centre ne permet pas la couverture des frais de fonctionnement et la prise en charge des indigents.

7- Le médecin référent :

- On note la bonne adhésion des neurochirurgiens, puisque 87 % des patients ont été référés par les neurochirurgiens, les autres spécialités référent moins de patients (13.56%). La participation des oncologues et radiothérapeutes pourrait être plus importante dans le volet oncologique avec les métastases cérébrales.

8-Origine des sujets traités:

Selon l'expérience faite au centre de l'ULB, les patients Belges traités dans le centre sont issus de toutes les parties du pays tous les centres hospitaliers du pays peuvent adresser leurs patients dans le Centre, sans aucune limitation.

Pour plus de 80% des patients traités, une seule procédure Gamma Knife a été nécessaire pour le traitement de leur pathologie. L'âge des patients traités est très variable, incluant la population pédiatrique jeune et la population gériatrique. Cette situation s'explique d'une part par la variété des différentes pathologies pouvant faire l'objet d'un traitement par Gamma Knife. D'autre part, la très grande facilité de réalisation du traitement et le très faible risque de celui-ci permettent de facilement proposer le traitement à des patients de tout âge **(34)**.

➤ En comparant avec notre centre :

La majorité des patients appartiennent aux grandes villes comme Rabat (25.88%), Casablanca (17.02%), Salé (5.63%). Cette répartition peut être expliquée par la position du centre Gamma Knife à Rabat à côté du CHU Ibn Sina, ce qui permet aux populations locales de bénéficier du traitement par radiochirurgie. Mais cela n'empêche pas les habitants des villes les plus éloignées de bénéficier de la radiochirurgie.

A côté des patients Marocains, on trouve un grand nombre de patients étrangers (54 patients soit 7.59%) ont été traité chez nous, surtout les Mauritaniens en raison d'une convention entre les deux pays voisins.

9-Volumes des lésions traitées par Radiochirurgie Gamma Knife.

Comparé à d'autres expériences

Selon l'étude de l'université de Virginie:

- Volume moyen 7.3 cc avec des extrêmes entre: 1.24 et 22.7cc**(36)**.

Etude HAS pour les schwannomes vestibulaires (57) :

- Le volume tumoral moyen ou médian est généralement compris entre 0,75 et 10,8 cm³. Une étude portant exclusivement sur les schwannomes intra-canalaires a inclus des patients avec un volume tumoral médian de 0,122 mm³ très inférieur aux autres séries **(73)**.

Etude HAS pour les méningiomes :

- Le volume tumoral est généralement compris entre 3,9 et 8 cm³, sauf pour les études de Ganz *et al.* **(74-63)** 15,9 cm³ et d'Hasegawa *et al.* **(75)** 13,8 cm³ et pour les séries de radiothérapie stéréotaxique

fractionnée, qui portent sur des méningiomes de grande taille : 30 à 35 cm³ en moyenne (76,77), (48)

Volume moyen des MAV:

- Les MAV sont essentiellement localisées en sus-tentorial (90%), et le plus souvent tirent leurs pédicules nourriciers de l'artère cérébrale moyenne. Leur taille est dans 40% des cas < 2,5 cm, 50% sont comprises entre 2,5 et 5 cm, 10% sont supérieures à 5 cm (78).
- Le volume de la malformation (du *nidus*) varie de 1,43 à 4,5 cc dans les séries Gamma Knife (68).
- 9.7 % des malades ont des MAV de volume moins de 1 cc, 62.1 % volume entre 1 et 10 cc, et 28.2 % volume plus que 10 cm³ (79).
- Expérience du centre l'ULB pour les MAV :
 - Volume moyen 4.46 cc avec extrêmes de 4 à 31 cc (40).

Expérience du centre l'ULB pour l'adénome hypophysaire :

- Volume moyen 2.08 cc avec extrêmes de 0.03 mm³ à 11.9 cc (50).

Expérience du centre l'ULB pour le schwannome de l'acoustique :

- Volume moyen 1.56 cc avec extrêmes de 0.01 cc à 9.40 cc (72)
- Les volumes des lésions traitées sont variables en fonction de la pathologie et en fonction de la population étudiée, environ 68 % des lésions mesurant entre 1 et 10 cc.

On dit en général que la Radiochirurgie Gamma Knife n'est applicable que pour les lésions de taille inférieure à un diamètre de 3 à 4 cm soit un volume

sphérique entre 14.13 et 33.5 cm³. Mais dans la pratique la majorité des lésions sont de volume < 10 cc soit 68.63 %, alors que 9.55 % des lésions sont de volume entre 10 et 14 cc, 16.79 % entre 14 et 33 cc, et 5.04 % sont de volume supérieur à 33 cc.

Le traitement de volumes plus larges a été rendu possible et facilité grâce à la nouvelle génération de machine Gamma Knife type Perfexion.

10- Durées de traitement:

a. Temps d'irradiation:

Selon l'expérience du Centre Hospitalier de Marseille faite par Jean Régis, la moyenne du temps d'irradiation était de 34.7 minute (37). Sachant que cette expérience n'a porté que sur les 100 premiers cas traités par Gamma Knife Perfexion.

b. Durée de la procédure :

Selon l'expérience du centre hospitalier de Marseille faite par Jean Régis:

La moyenne de la durée totale du traitement était 44.5 minutes (37).

- Pour la durée de traitement c'est le temps d'irradiation qui est le plus variable en fonction du volume et du type de la pathologie en question. Par exemple le temps nécessaire pour traiter des métastases multiples de 13 cc (720 minutes), est supérieur au temps nécessaire pour traiter une MAV mesurant 570 mm³ (20 minutes).

L'analyse de l'évolution du temps d'irradiation avait montré que ce dernier avait augmenté de plus 35 % en 6 ans, cela peut être expliqué par la décroissance du débit de dose de la machine au fil du temps, qui a passé de 3.393 gy/minutes en juin 2008 à 1.545 gy/minutes en mai 2014.

Pour une machine Gamma Knife considérée comme une irradiation de haut débit, on peut traiter jusqu'à un débit de dose de 1.21 Gy/min **(88)**. Voir 1.1 Gy/min.

11-Paramètres dosimétriques (*les tirs*) :

Comparé à d'autres expériences

Selon l'expérience de Pittsburgh, Le nombre moyen de tirs pour les métastases multiples était de 9 tirs (entre 3 et 21), et le nombre moyen des tirs pour les tumeurs bénignes était de 13 tirs (entre 5 et 24) **(31)**.

Selon l'expérience du Centre Hospitalier de Marseille faite par Jean Régis, Le nombre moyen des isocentres utilisée était de 10.67**(37)**.

Selon l'expérience du centre de l'ULB pour les MAV, Le nombre moyen d'isocentres était de 9, avec des extrêmes allant de 1 à 27 isocentres**(80)**.

- Le nombre moyen des tirs se situe entre 9 et 22 tirs, ce nombre dépend de l'étude, de la nature et le volume de la pathologie cérébrale, un seul tir était utilisé pour traiter des troubles fonctionnels (maladie de parkinson, névralgie du trijumeau) ou des tumeurs de volume moyen à 565 mm³. Par contre, les tumeurs volumineuses nécessitent un grand nombre de tirs, par exemple dans notre expérience on avait traité un patient ayant des métastases cérébrales multiples de 9 cc par 141 tirs.

La machine de type Gamma Knife du fait de sa robotisation complète permet de multiplier facilement le nombre de tirs.

Au cours de l'élaboration de la dosimétrie on s'attache à définir le nombre de tirs optimum (la plus bas) pour couvrir toute la lésion à traiter.

III-ENQUETE DE SATISFACTION:

Comparé aux résultats d'autres études rapportées :

Selon l'expérience du centre de l'ULB:

95 % MAV complètement oblitérée (La durée moyenne entre l'irradiation Gamma Knife et l'angiographie démontrant l'oblitération complète de la MAV est de 2,1 ans), 5 % non oblitérée,

- Morbidité : hémorragie cérébrale 1.6 %
- Œdème cérébral 12.5 %
- Déficit neurologique permanent 3.1 % **(80)**.

Selon l'expérience du Centre Hospitalier Kuwait:

Sur 158 patients traités , 142 (90 %) sont contactés , le résultat était excellent , 10 patients (6.3 %) ont eu des complications , 3 entre eux ont bénéficié d'une reprise chirurgicale après le traitement par gamma Knife, 15 patients (9.4 %) 12 métastases cérébrales et 3 tumeurs gliales, sont décédés par l'évolution de la tumeur primitive pendant la première année qui suivait le traitement par radiochirurgie gamma Knife**(32)**.

Selon l'expérience de l'hôpital général de Lancaster:

Les complications aiguës quelques jours après le traitement (convulsions, céphalées, vomissements, vertiges qui disparaissent rapidement et totalement, complications tardives sont dû à l'œdème cérébral provoque ou non un déficit, comme radionécrose ou nécrose du tissu sain adjacent, ou chroniques

Cette expérience, était très favorable, avec moins de 2 % des patients ont eu des complications significatives, avec absence de cas de tumeurs radio induite, pas de chute des cheveux, pas de perte des fonctions cognitives**(30)**.

Selon l'étude de l'université de Toronto faite entre aout 2007 et aout 2008 sur 29 participants (article in journal of Neuro-Oncology June 2009).

Tous les patients qui ont reçu le traitement ont exprimé leur satisfaction par toute l'expérience. La majorité des patients déclare d'être fiers de subir ce traitement, et recommande la même procédure pour leurs membres de famille ou leurs amis.

Les patients ont eu une bonne connaissance à propos de GKRS, la majorité connaissait bien les options de leur traitement et comprenaient la raison pour laquelle ils sont référés vers la GKRS.

Témoignages:

- *It was just like going to a spa but I had holes in my head...*
- *I think that was the easiest treatment I ever had...*
- *Very positive experience...*
- *Well worth the discomfort...*
- *It's not as bad as it looks*

59 % des patients se plaignaient d'une aggravation transitoire des symptômes ou de légères complications suite au traitement.

50 % des patients se plaignaient de céphalées suite au traitement, pendant que 33.3 % se plaignaient douleur au site du cadre stéréotaxique.

De sévères symptômes comme des convulsions généralisées ou déficit neurologique ont été rapportés par d'autres auteurs **(35)**.

- Le taux de satisfaction de notre étude était de 92%, ce qui est similaire à celui de la majorité des expériences rapportées. Ce chiffre de l'ordre de 90 % des patients satisfaits correspond parfaitement au taux d'efficacité globale de la technique sur les différentes indications, et au taux de morbidité faible ne dépassant pas les 10%. Au vu de cette efficacité de la Radiochirurgie Gamma Knife, le nombre de ses indications a connu une grande évolution partout dans le monde avec le développement continu des machines dédiées à la radiochirurgie.

IV- CAS ILLUSTRATIFS :

➤ Ces images sont prises du Gamma Plan, au CNRNS.

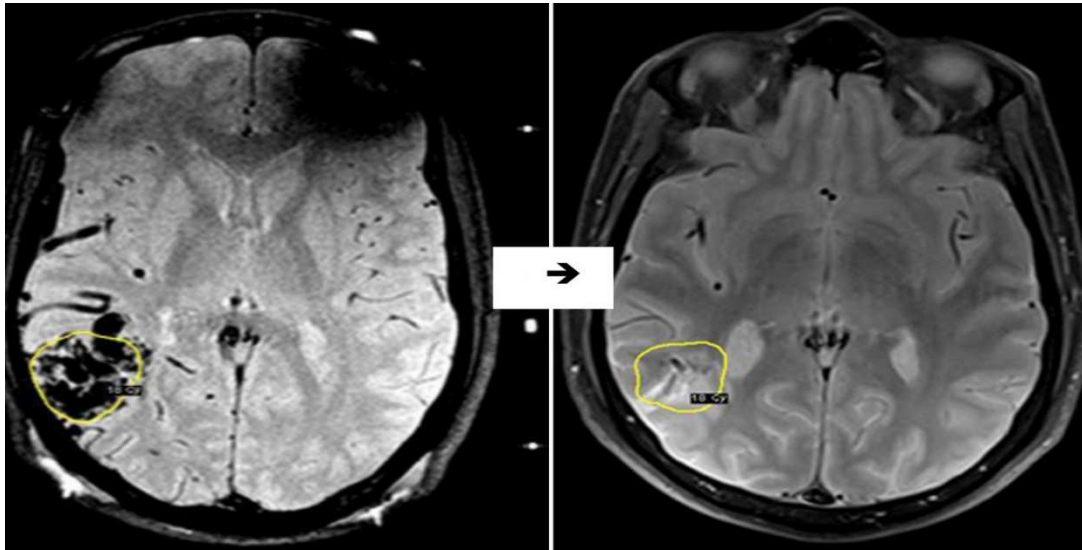


Figure 54 : MAV, contrôle à 2 ans Réduction de >90% du volume
Patient sans plainte

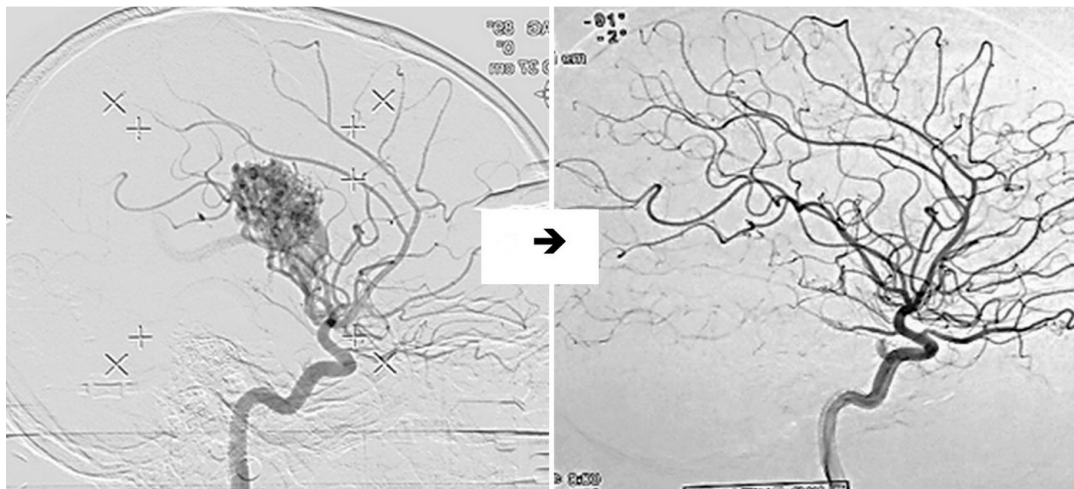


Figure 55: Contrôle artériographique à 3 ans guérison de la MAV

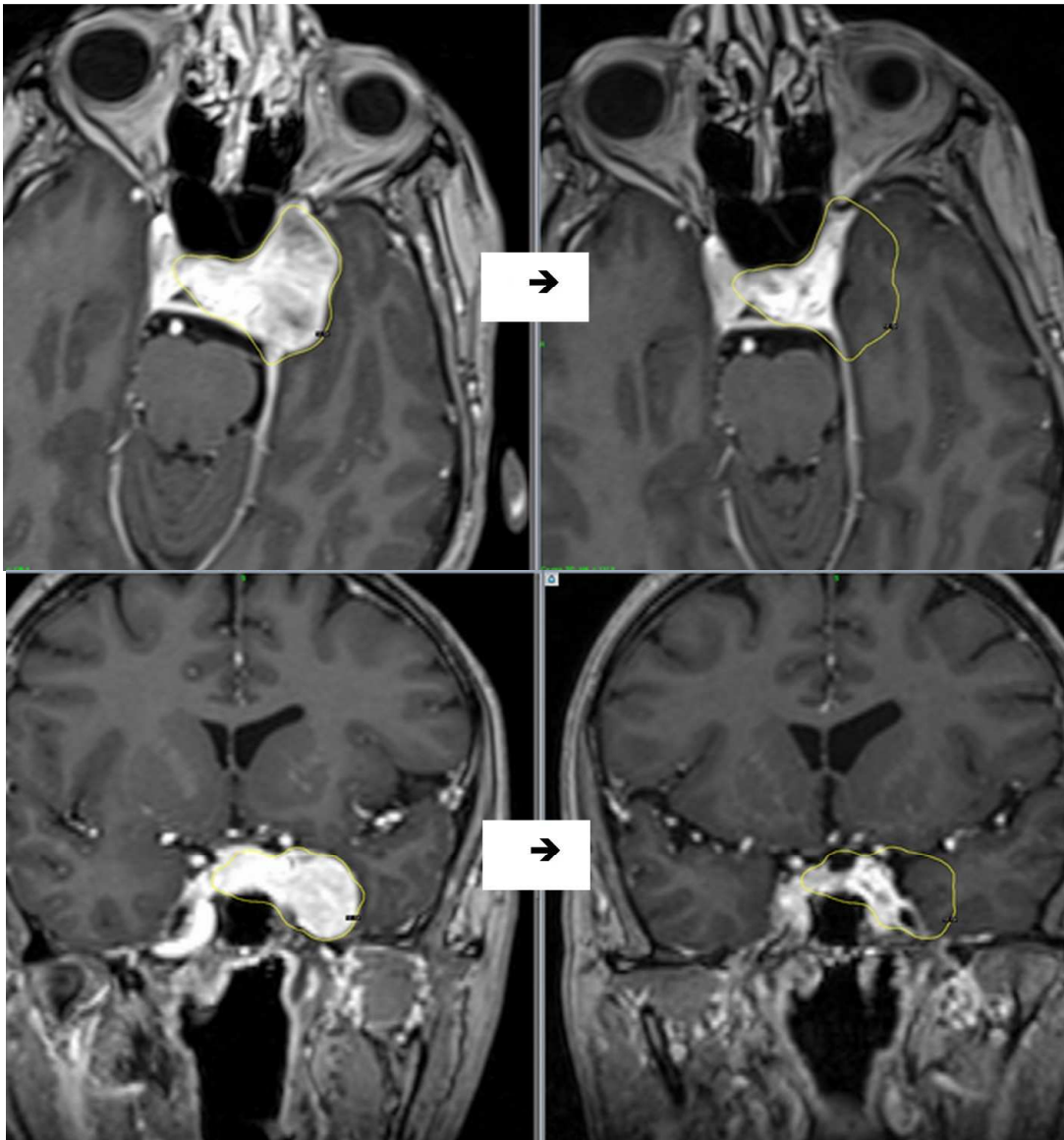


Figure 56: Tumeur bénigne, méningiome
Contrôle à 3ans nette réduction de volume

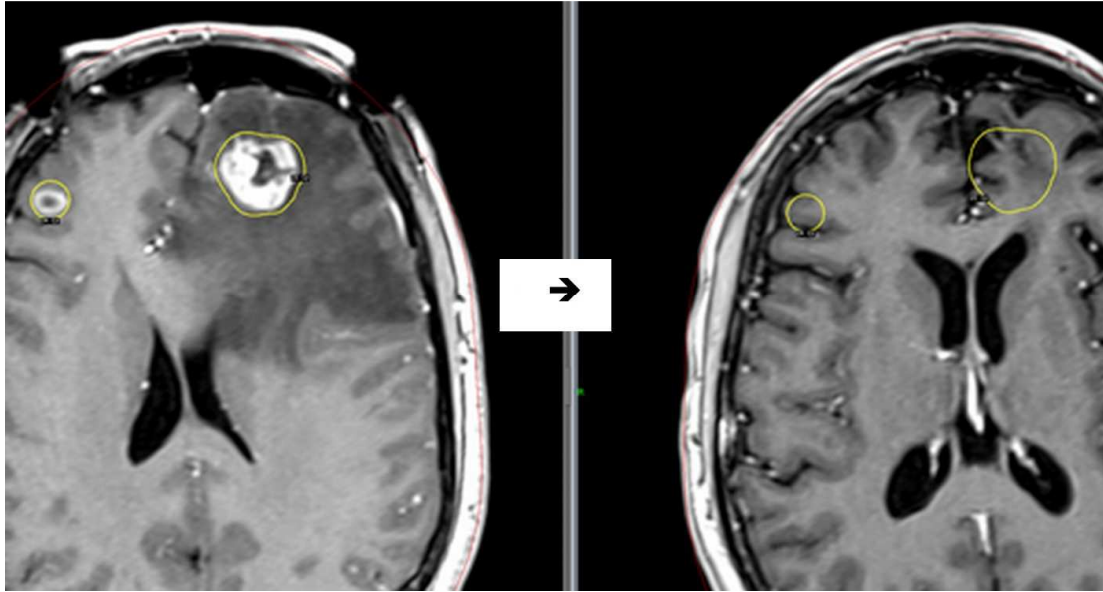


Figure 57: Métastases cérébrales multiples
Patiente toujours vivante 5 ans plus tard, pas de nouvelle lésion évolutive en bon état général, asymptomatique sur le plan neurologique

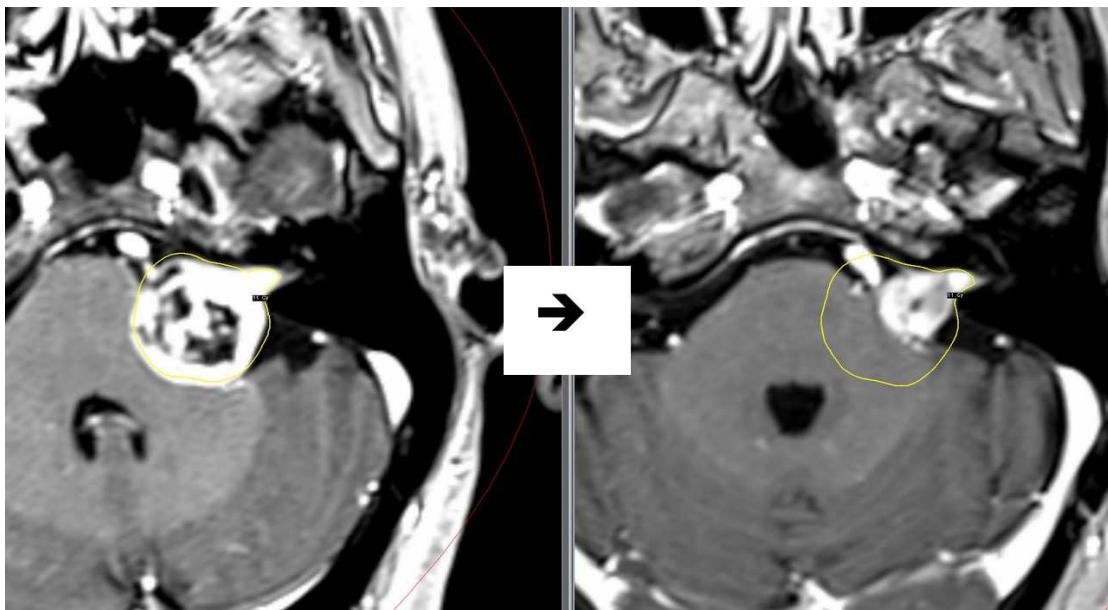


Figure 58: Schwannome vestibulaire
Contrôle à 4 ans, nette réduction de volume

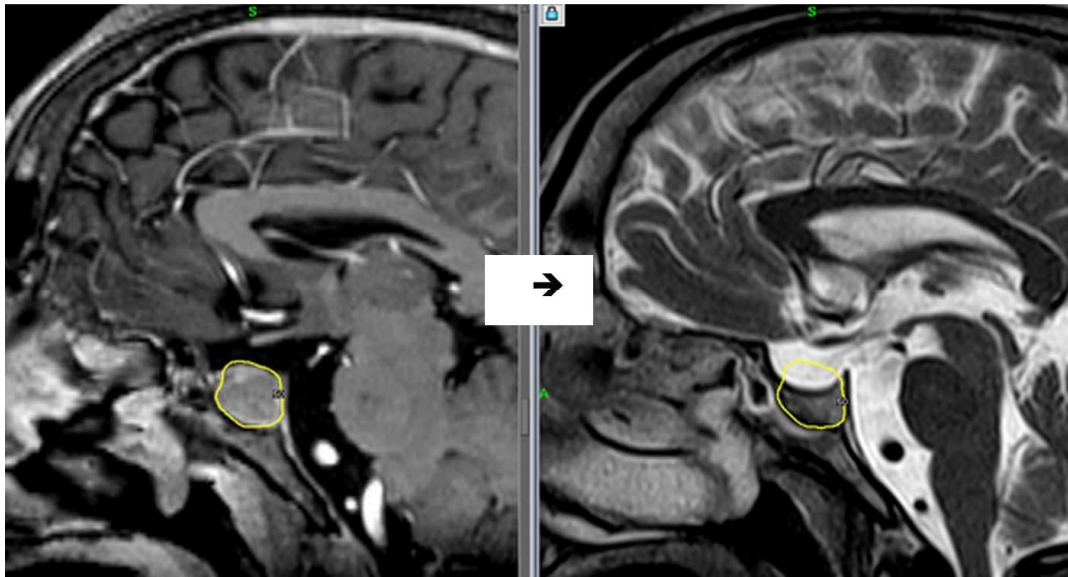


Figure 59 : Adénome hypophysaire après 2 ans de traitement
Nette réduction de volume Normalisation de la sécrétion hormonale

Conclusion

La radiochirurgie Gamma Knife est une technique de référence pour le traitement d'une grande variété de tumeurs intracrâniennes, son intérêt est croissant vu ses avantages par rapport aux autres choix thérapeutiques à savoir la chirurgie crânienne et la radiothérapie conventionnelle,

C'est une technique qui est sécurisée offrant aux patients une meilleure qualité de vie car présentant moins de risques, moins d'effets secondaires que la chirurgie conventionnelle, plus d'économie du temps en raison de la courte durée d'hospitalisation. Le patient traité par GKRS peut reprendre sa vie normale le lendemain du traitement. Ces éléments expliquent le haut taux de satisfaction chez les malades traités comme retrouvé dans notre étude.

Les limitations de notre étude sont, sa nature d'évaluation sur un mode d'échantillon bien que représentatif, et le caractère non spécifique de l'évaluation par pathologie. Cependant cette étude ouvre la voie par l'élaboration d'une base de données à d'autres études plus détaillées qui pourraient mettre le jour sur l'efficacité de la technique dans chaque pathologie en particulier.

Résumés

Résumé

Titre : RADIOCHIRURGIE GAMMA KNIFE PERFEXION. Expérience de l'unité du Centre National de Réhabilitation et de Neurosciences Bilan de six années d'activité.

Auteur: TEGHIDA Adel

Mots clés : Radiochirurgie Gamma Knife, activité clinique, Centre National de Réhabilitation et Neurosciences Rabat Maroc.

Le centre GAMMA KNIFE du CNRNS situé au sein de l'hôpital des spécialités Rabat, a été inauguré en juin 2008, c'est l'unique centre de Gamma Knife Perfexion au Maroc et dans la région. Depuis le démarrage et jusqu'à fin Mai 2014, 988 patients ont bénéficié du traitement par GKRS. Ces patients âgés entre 2 et 84 ans, sont référés au centre par les spécialistes de toutes les régions du royaume, le centre traite aussi des patients issus des pays voisins.

Cette nouvelle méthode constitue une thérapie alternative ou complémentaire à une intervention neurochirurgicale ou une radiothérapie pour certaines affections cérébrales lorsque la cible est de volume adapté. Les pathologies traitées les plus fréquentes sont par ordre décroissant, les MAV 259 cas 26 % , les méningiomes 205 cas 20.90 % , les métastases cérébrales 149 cas 15.19 % , les schwannomes vestibulaires 107 cas 10.91 % , les adénomes hypophysaires 76 cas 7.75 % , les tumeurs gliales 65 cas 6.63 % , les craniopharyngiomes 25 cas 2.55 % , les cavernomes 16 cas 1.63 % . Le nombre de patients traités a augmenté chaque année pour se situer au environ de 200 patients par an.

Les résultats étaient globalement excellents : L'enquête de satisfaction que nous avons faite a objectivé que 92 % des patients sont satisfaits du traitement.

Summary

Title: GAMMA KNIFE PERFEXION RADIOSURGERY The CNRNS Rabat experience 6 years activity report

Author : TEGHIDA Adel

Key Words: Radiosurgery Gamma Knife Perfexion, activity report, Rabat, Morocco

The National Center of Rehabilitation and Neuroscience at RABAT (CNRNS) is the first and unique GK center where a Gamma Knife Radiosurgery treatment can be performed in Morocco. Since it's inauguration, it has treated about 988 patients over a 6 years period, with age ranging from 2 to 84 years old, referred from all the kingdom's regions, the center has treated also some patients coming from abroad.

Gamma Knife Radiosurgery represents an alternative or complementary therapy to neurosurgery or radiotherapy for the treatment of some brain disorders or tumors.

The most frequent indications were arteriovenous malformations (259 cases, 26%), meningiomas (205 cases, 20.90%), brain metastases (149 cases, 15.19%), vestibular schwannomas (107 cases, 10.91%), pituitary adenomas (76 cases, 7.75%), gliomas (65 cases, 6.63%), craniopharyngiomas (25 cases, 2.55%), some cavernomas (16 cases, 1.63%). The number of treatments performed is growing since the beginning of clinical activities of the Center.

The overall results were good, since 92% of patients were fully satisfied with their experience of Gamma Knife treatment.

ملخص

العنوان : الجراحة المجسمية بالأشعة غاما تجربة وحدة المركز الوطني للترويض والعلوم العصبية

بالرباط تقرير نشاط المركز

الكاتب: تغيدة عادل

كلمات البحث: الجراحة بالأشعة غاما، المركز الوطني للترويض والعلوم العصبية بالرباط، النشاط السريري.

تعتبر وحدة العلاج بالأشعة غاما التابعة للمركز الوطني للترويض والعلوم العصبية المتواجد بمستشفى الإختصاصات بالرباط، الوحدة الأولى في المغرب و المنطقة. منذ افتتاحها في يونيو 2008 وإلى حدود مايو 2014 تم فيها القيام بعملية علاج بالأشعة غاما لـ 988 مريض أعمارهم تتراوح بين سنتين و 84 سنة، أتوا من جميع جهات المملكة، كما قدم المركز علاجاً لعدة أفراد من بلدان مجاورة. هذه التقنية الحديثة تعد بمتابة بديل أو علاج تكميلي للجراحة التقليدية أو العلاج بالأشعة السينية، بالنسبة للعديد من أمراض الدماغ حين يكون حجم الورم مناسباً. من أهم الأمراض التي تم علاجها حسب ترددتها: التشوهات الشريانية الوريدية 259 حالة بنسبة 26 % . السحائي 205 حالة بنسبة 20.90 % . الإنبثات الدماغية 149 حالة بنسبة 15.19 % . الأورام العصبية 107 حالة بنسبة 10.91 % . أورام الغدة النخامية 76 حالة بنسبة 7.75 % . الأورام الدبقية 65 حالة بنسبة 6.63 % . الورم القحفي البلعوسي 25 حالة بنسبة 2.55 % ، ثم الأورام الكهفية 16 حالة بنسبة 1.63 % . كما أن عدد العلاجات يتطور كل سنة. وكانت نتائج هذه التقنية ممتازة، حيث أن 92 % من المرضى راضون عن تجربة العلاج.

Bibliographie

(1) Leksell L.

Stereotactic Radiosurgery. J NeurolNeurosurgPsychiat 46: 797–803; 1983.

(2) Larsson B.

Radiobiological Fundamentals in Radiosurgery. In Radiosurgery: Baselines and Trends. Ed Steiner L et al. Raven Press Ltd., New York: pp 3–14; 1992.

(3) Chin LS, Regine WF eds.

Principles and Practice of Stereotactic Radiosurgery. Springer

Verlag, New York; 2008.

(4) Barcia-Salorio JL, Barcia JA, Hernandez G, Lopez-Gomez L:

Radiosurgery of epilepsy: Long term results. Acta Neurochir Suppl (Wien), 1994,62, 111-13.

(5) Levy RP, Fabrikant JI, Frankel KA, Phillips MH, Lyman JT.

Charged-particle Radiosurgery of the brain. Neurosurg Clin N Am, 1990, 1:4, 955-90.

(6) Hartmann GH, Bauer-Kirpes B, Serago CF, Lorenz WJ.

Precision and accuracy of stereotactic convergent beam irradiations from a linear accelerator. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1994, 28:2,481-92.

(7) Dr I. Latorzeff, Dr P. Bousquet, Pr Y. Lazorthes.

La radio chirurgie stéréotaxique des tumeurs du crâne. Pour le Centre Régional de Radio Chirurgie Stéréotaxique. Pour le groupe ONCORAD GARONNE.

(8) **Precision, Precisely, Clinically proven**

Leksell Gamma Knife® Perfexion™ Version 2.0, October 2013.

(9) Muriel BOTTI.

Radiochirurgie par LINAC des métastases cérébrales : étude rétrospective nantaise de 82 patients présentant 1 à 3 métastases cérébrales. 24 oct. 2008.

(10) Joseph J, Adler JR, Cox JR, Hancock SL.

Linear accelerator-based stereotaxic radiosurgery for brain metastases: the influence of number of lesions on survival.

(11) Cheick Oumar THIAM, D.E.A. DE PHYSIQUE

Option C : **Rayonnements et leurs applications. RAPPORT DE STAGE**

Simulation Monte Carlo de l'accélérateur linéaire clinique SL-ELEKTA, Etude dosimétrique dans un fantôme d'eau. Juin 2003.

(12) Dr I. Latorzeff, Dr P. Bousquet, Pr Y. Lazorthes.

La radio chirurgie stéréotaxique des tumeurs du crâne. *Pour le Centre Régional de Radio Chirurgie Stéréotaxique. Pour le groupe ONCORAD GARONNE.*

(13) Hadron Thérapie.

Les centres et techniques d'hadron thérapie. 2010.

(14) Kalkanis SN, Kondziolka D, Gaspar LE, Burri SH, Asher AL, Cobbs CS, Ammirati M, Robinson PD, Andrews DW, Loeffler JS, McDermott M, Mehta MP, Mikkelsen T, Olson JJ, Paleogios NA, Patchell RA, Ryken TC, Linskey ME:

The role of surgical resection in the management of newly diagnosed brain metastases: a systematic review and evidencebased. clinical guideline. *J Neurooncol* 2010 ; 96 : 33-43.

(15) Marc LEVIVIER.

LA RADIOCHIRURGIE DANS LE TRAITEMENT DES TUMEURS DU CERVEAU.

(16) Marc LEVIVIER.

La radiochirurgie dans le traitement des tumeurs du cerveau.

(17) Julie Milia:

Implication de RHOB dans les mécanismes cellulaires de réponse aux rayonnements ionisants. Le 27 juin 2005.

(18) Fertil, B. and Malaise, E. P.(1985).

Intrinsic radiosensitivity of human cell lines is correlated with radioresponsiveness of human tumors: analysis of 101 published survival curves. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* **11**, 1699-707.

(19) G.T. Szeifert. D. Kondziolka. M. Levivier. L.D. Lunsford.

Radiosurgery and Pathological Fundamentals.

(20) ABBOUD HILAL.

Apport de la radiochirurgie gammaknife dans le traitement des métastases cérébrales 07/12/2012.

(21) Dr I. Latorzeff, Dr P. Bousquet, Pr Y. Lazorthes.

La radio chirurgie stéréotaxique des tumeurs du crâne. Pour le Centre Régional de Radio Chirurgie Stéréotaxique. Pour le groupe ONCORAD GARONNE

(22) **Radiobiologie de la radiochirurgie** séminaire CU Février 2015.

(23) Régis J, Delsanti C, Roche PH, Thomassin JM, Pellet W.

Functional outcomes of radiosurgical treatment of vestibular schwannomas: 1000 successive cases and review of the literature. *Neurochirurgie*. 2004 Jun;50(2-3 Pt 2):301-11. Review.French.

(24) Kondziolka D, Mathieu D, Lunsford LD, Martin JJ, Madhok R, Niranjan A, Flickinger JC.

Radiosurgery as definitive management of intracranial meningiomas. *Neurosurgery*. 2008 Jan;62(1):53-8; discussion 58-60.

- (25) Pollock BE, Cochran J, Natt N, Brown PD, Erickson D, Link MJ, Garces YI, Foote RL, Stafford SL, Schomberg PJ.
Gamma knife radiosurgery for patients with nonfunctioning pituitary adenomas: results from a 15-year experience.
 Int J RadiatOncolBiol Phys. 2008 Apr 1;70(5):1325-9. Epub 2007 Oct 29.
- (26) Kim SH, Weil RJ, Chao ST, Toms SA, Angelov L, Vogelbaum MA, Suh JH, Barnett GH.
Stereotactic radiosurgical treatment of brain metastases in older patients. Cancer.2008 Jun 5.
- (27) Starke RM, Komotar RJ, Hwang BY, Fischer LE, Otten ML, Merkow MB, Garrett MC, Isaacson SR, Connolly ES Jr.
A comprehensive review of radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations: outcomes, predictive factors, and grading scales.
 StereotactFunctNeurosurg. 2008;86(3):191-9. Epub 2008 Apr 18.
- (28) Massager N, Lorenzoni J, Devriendt D, Levivier M.
Radiosurgery for trigeminal neuralgia. ProgNeurol Surg. 2007;20:235-43.
- (29) Massager N, Lorenzoni J, Devriendt D, Desmedt F, Brotchi J, Levivier M.
Gamma knife surgery for idiopathic trigeminal neuralgia performed using a far-anterior cisternal target and a high dose of radiation. J Neurosurg. 2004 Apr;100(4):597-605.
- (30) Eddy Garrido, M.D., Lancaster Neuroscience & Spine Associates Kenneth Berkenstock, M.D., Lancaster Radiology Associates, Ltd. Charles Fuller, Ph.D., D.A.B.R. Medical Physicist, Lancaster General Cancer Center Christine Burfete, R.N., B.S.N., Gamma Knife Nurse, Lancaster General Hospital. **7 Years of Gamma Knife Radiosurgery: The Lancaster General Hospital Experience.** Spring 2007 - Vol.2, No.1
- (31) Jagdish P. Bhatnagar, Josef Novotny, Jr., Ajay Niranjana, Douglas Kondziolka, John Flickinger, Dade Lunsford, and M. SaifulHuq. University of Pittsburgh Medical Center.

**First year experience with newly developed Leksell Gamma Knife®
Perflexion™**

(32)Web, wikipédia

(33)Unité étms, direction de l'évaluation des modes d'intervention et des technologies en santé chus 2008. **Service provincial le scalpel Gamma au CHUS**

(34) N. Massager, D. Devriendt, F. Desmedt, A. Wagner, F. Schoovaerts, R. Kamouni, E. Rios, D. Dumont, C. Watty, V. 'Tfelt, P. David, S. Simon, P. Van Houtte, O. De Witte Centre de Radiochirurgie par Gamma Knife, U.L.B. - Hôpital Erasme. **Bilan de 10 années d'activité clinique du centre de radiochirurgie cérébrale par Gamma Knife de l'ULB.**

(35) Kate Khu : The University of Calgary

Michael D Cusimano : University of Toronto

Eva Knifed : University of Toronto

Gamma Knife patients' experience: Lessons learned from a qualitative study. ARTICLE in JOURNAL OF NEURO-ONCOLOGY · JUNE 2009

Impact Factor: 3.07 · DOI: 10.1007/s11060-009-9830-7 · Source: PubMed

(36)ZhiyuanXu : University of Virginia

David J Schlesinger : University of Virginia

Multisession Gamma Knife Radiosurgery: A Preliminary Experience with a Non-invasive, Relocatable Frame. ARTICLE in WORLD NEUROSURGERY · AUGUST 2014, Impact Factor: 2.88 · DOI: 10.1016/j.wneu.2014.07.042

(37)Jean Régis : Assistance Publique Hôpitaux de Marseille

Shoji Yomo : AizawaHospital

Denis Porcheron : Assistance Publique Hôpitaux de Marseille

Radiosurgery with the world's first fully robotized Leksell Gamma Knife Perfexion in clinical use: a 200-patient prospective, randomized, controlled comparison with the Gamma Knife...ARTICLE in NEUROSURGERY · MARCH 2009. Impact Factor: 3.62 · DOI: 10.1227/01.NEU.0000337578.00814.75 · Source: PubMed.

(38) Masaaki YAMAMOTO and Bierta E. BARFOD. *Katsuta Hospital Mito Gamma House. An Overview of Gamma Knife Radiosurgery: Focusing on Brain Metastasis.* JMAJ 46(4): 167–177, 2003

(39) **Malformation artérioveineuses cérébrales:**

D'une amélioration des techniques d'imagerie vers un changement de paradigme des traitements Frédéric Clarenécon.

(40) N. Massager, D. Devriendt.

Indications et résultats du traitement radiochirurgical par Gamma Knife des malformations artério-veineuses cérébrales. Centre de Radiochirurgie par Gamma Knife, U.L.B. - Hôpital Erasme.

(41) Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé.

La radiochirurgie stéréotaxique par accélérateur linéaire et gamma knife. Montréal: AETMIS; 2002.

(42) Kalamarides M, Goutagny S.

Méningiomes. Rev Prat 2006;56(16):1792-8.

(43) Loiseau H, Huchet A, Baldi I.

Épidémiologie des tumeurs cérébrales primitives. Neurologie.com 2009;2(1):1-4.

(44) Bondy ML, Scheurer ME, Malmer B, Barnholtz-Sloan JS, Davis FG, Il'yasova D, *etal.*

Brain tumor epidemiology: consensus from the Brain Tumor Epidemiology Consortium. Cancer 2008; 113(7 Suppl):1953-68.

(45) Kalamarides M, Goutagny S.

Méningiomes. Rev Prat 2006;56(16):1792-8.

(46) Christensen HC, Kosteljanetz M, Johansen C.

Incidences of gliomas and meningiomas in Denmark, 1943 to 1997. Neurosurgery 2003; 52(6):1327-33.

(47) Oncolor.

Meningiomas. Référentiels 2009.

(48) Haute Autorité de Santé / SEAP – SEESP / novembre 2011

Service évaluation des actes professionnels. Service évaluation économique et santé publique. **Place de l'irradiation intracrânienne en conditions stéréotaxiques (Radiochirurgie et Radiothérapie Stéréotaxique) dans le traitement de pathologies non cancéreuses. TOME I : LES MÉNINGIOMES**

(49) Gilles BRASSIER.

Neurochirurgie Les adénomes hypophysaires.

(50) N. Massager, D. Devriendt

Indications et résultats du traitement radiochirurgical par Gamma Knife des adénomes hypophysaires.

Centre de Radiochirurgie par Gamma Knife, U.L.B. - Hôpital Erasme.

(51) Gal TJ, Shinn J, Huang B.

Current epidemiology and management trends in acoustic neuroma.

Otolaryngol Head Neck Surg 2010;142(5):677-81.

(52) Tos M, Stangerup SE, Caye-Thomasen P, Tos T, Thomsen J.

What is the real incidence of vestibular schwannoma? Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2004;130(2):216-20.

(53) Stangerup SE, Caye-Thomasen P, Tos M, Thomsen J.

The natural history of vestibular schwannoma. OtolNeurotol 2006;27(4):547-52.

(54) Howitz MF, Johansen C, Tos M, Charabi S, Olsen JH.

Incidence of vestibular schwannoma in Denmark, 1977-1995. Am J Otol 2000;21(5):690-4.

(55) Propp JM, McCarthy BJ, Davis FG, Preston-Martin S.

Descriptive epidemiology of vestibular schwannomas. NeuroOncol 2006;8(1):1-11.

(56) Medical Services Advisory Committee.

Gamma knife radiosurgery. Canberra: Commonwealth of Australia; 2006.

(57) Service Évaluation des actes professionnels.

Service Évaluation économique et santé publique. **Place de l'irradiation intracrânienne en conditions stéréotaxiques (Radiochirurgie et Radiothérapie Stéréotaxique) dans le traitement de pathologies non cancéreuses**

TOME III : LES SCHWANNOMES VESTIBULAIRES. Novembre 2011.

(58)R. Van Effenterre, A.-L. Boch,

Les craniopharyngiomes, Service de neurochirurgie, groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière.

(59) Antoine-Flavien Eger, Christophe Gaudet-Blavignac, Arthur Hammer.

La maladie de Parkinson 26/06/2009. Université de Genève.RAPPORT D'ÉVALUATION TECHNOLOGIQUE.

(60) Haute Autorité de Santé / SEAP – SEESP / novembre 2011

Service évaluation des actes professionnels. Service évaluation économique et santé publique. **Place de l'irradiation intracrânienne en conditions stéréotaxiques (Radiochirurgie et Radiothérapie Stéréotaxique) dans le traitement de pathologies non cancéreuses** TOME V : LA NÉVRALGIE DU TRIJUMEAU

- (61) American Academy of Neurology Society, European Federation of Neurological Societies, Gronseth G, Cruccu G, Alksne J, Argoff C, *et al.* Practice parameter:

The diagnostic evaluation and treatment of trigeminal neuralgia (an evidence-based review). *Neurology* 2008;71(15):1183-90.

- (62) Hall GC, Carroll D, Mcquay HJ.

Primary care incidence and treatment of four neuropathic pain conditions: a descriptive study, 2002- 2005. *BMC FamPract* 2008;9:26.

- (63) Koopman JSHA, Dieleman JP, Huygen FJ, de Mos M, Martin CGM, Sturkenboom MCJM. **Incidence of facial pain in the general population.** *Pain* 2009;147(1-3):122-7.

- (64) Van Kleef M, van Genderen WE, Narouze S, Nurmikko TJ, van Zundert J, Geurts JW, *et al.* **Trigeminal neuralgia.** *Pain Pract* 2009;9(4):252-9.

- (65) Knafo H, Kenny B, Mathieu D.

Trigeminal neuralgia: outcomes after gamma knife radiosurgery. *Can J NeurolSci* 2009;36(1):78- 82.

- (66) Hartmann C, Boström J, Simon M.

Diagnostic and molecular pathology of meningiomas. *Expert Rev Neurother* 2006;6(11):1671-83.

- (67)J. Brunon. Dufour H.

Méningiomes suprasellaires à insertion limbo-tuberculo-diaphragmatique. A propos d'une série de 100 cas et revue de la littérature. Thèse Med. Marseille 1992, 143p.

- (68) Service évaluation des actes professionnels. Service évaluation économique et santé publique. **Place de l'irradiation intracrânienne en conditions stéréotaxiques (Radiochirurgie et Radiothérapie Stéréotaxique) dans le traitement de pathologies non cancéreuses**

TOME IV : LES MALFORMATIONS ARTÉRIO-VEINEUSES, octobre 2011.

- (69) T. Khalil

Métastases cérébrales. Service neurochirurgie CHU Clermont-Ferrand.

- (70) Gilles BRASSIER,

Neurochirurgie, les adénomes hypophysaires.

- (71) Medical Services Advisory Committee.

Gamma knife radiosurgery. Canberra: Commonwealth of Australia; 2006.

- (72) N. Massager, D. Devriendt.

Indications et résultats du traitement radiochirurgical par Gamma Knife des schwannomes vestibulaires. Centre de Radiochirurgie par Gamma Knife, U.L.B. - Hôpital Erasme.

- (73) Niranjana A, Mathieu D, Flickinger JC, Kondziolka D, Dade Lunsford L.

Hearing preservation after intracanalicular vestibular schwannoma radiosurgery. Neurosurgery 2008;63(6):1054-62.

- (74) Ganz JC, Reda WA, Abdelkarim K.

Gamma Knife surgery of large meningiomas: early response to treatment. Acta Neurochir 2009;151(1):1-8.

- (75) Hasegawa T, Kida Y, Yoshimoto M, Koike J, Iizuka H, Ishii D.

Long-term outcomes of Gamma Knife surgery for cavernous sinus meningioma. J Neurosurg 2007;107(4):745-51.

(76) Milker-Zabel S, Zabel A, Schulz-Ertner D, Schlegel W, Wannemacher M, Debus J.

Fractionated stereotactic radiotherapy in patients with benign or atypical intracranial meningioma: long-term experience and prognostic factors.Int J Radiat Oncol BiolPhys 2005;61(3):809-16.

(77) Milker-Zabel S, Zabel-du Bois A, Huber P, Schlegel W, Debus J.

Fractionated stereotactic radiation therapy in the management of benign cavernous sinus meningiomas. Long-term experience and review of the literature.StrahlentherOnkol 2006;182(11):635-40.

(78) **Malformations vasculaires intracrâniennes** (Cours DCEM, janvier 2006, professeur Patrick Toussaint)

(79) L. DadeLunsford.

Stereotactic radiosurgery for arteriovenous malformations of the brain.J Neurosurg 75:512-524, 1991.

(80) N. Massager, D. Devriendt.

Indications et résultats du traitement radiochirurgical par Gamma Knife des malformations artério-veineuses cérébrales. Centre de Radiochirurgie par Gamma Knife, U.L.B. - Hôpital Erasme.

(81) A. MELHAOUI Mémoire.

Organisation Pratique d'une unité de Radiochirurgie par Gamma Knife® PERFEXION™Juillet 2008.

(82) Barcia-Salorio JL, Hernandez G, Broseta J, Gonzalez-Darder J, Ciudad J:

Radiosurgical treatment of carotid-cavernous fistula. Appl Neurophysiol, 1982, 45, 520-22.

(83) International Radiosurgery Association.

Stereotactic radiosurgery for patients with intractable typical trigeminal neuralgia who have failed medical management. Harrisburg: IRSA; 2009.

- (84) Jean Régis : Assistance Publique Hôpitaux de Marseille
Noemie Resseguier : Aix-Marseille Université
Romain Carron : Assistance Publique Hôpitaux de Marseille
Jean Gaudart : Aix-Marseille Université

Long-term safety and efficacy of Gamma Knife surgery in classical trigeminal neuralgia: a 497-patient historical cohort study ARTICLE in JOURNAL OF NEUROSURGERY · SEPTEMBER 2015. Impact Factor: 3.74 · DOI: 10.3171/2015.2.JNS142144 · Source: PubMed

- (85) Hartmann C, Boström J, Simon M.

Diagnostic and molecular pathology of meningiomas. Expert Rev Neurother 2006;6(11):1671-83.

- (86) International RadioSurgery Association.

Stereotactic radiosurgery for patients within tractable typical trigeminal neuralgia who have failed medical management. Harrisburg: IRSA; 2009.

- (87) LEKSELL GAMMA KNIFE SOCIETY.

Patients treated with Leksell Gamma Knife® 1991 – 2012.

- (88) Arai Y¹, Kano H, Lunsford LD, Novotny J Jr, Niranjan A, Flickinger JC, Kondziolka D.

Does the Gamma Knife dose rate affect outcomes in radiosurgery for trigeminal neuralgia? J Neurosurg. 2010 Dec;113 Suppl:168-71.

قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الصحية أتعهد علانية:

- بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية؛
- وأن أحترم أساتذتي وأُعرف لهم بالجميل الذي يستحقونه؛
- وأن أمارس مهنتي بوازع من ضميري وشرفي جاعلا صحة مريض هدفي الأول؛
- وأن لا أفشي الأسرار المعمودة إلي؛
- وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب؛
- وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي؛
- وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي؛
- وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها؛
- وأن لا أستعمل معلوماتي الصحية بصريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد؛
- بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسم بشرفي.

• والله على ما أقول شهيد.

الجراحة المجسمية بالأشعة غاما

تجربة وحدة المركز الوطني للترويض والعلوم العصبية بالرباط
تقرير نشاط المركز

أطروحة :

قدمت ونوقشت علانية يوم :

من طرفه

السيد : تغيدة عادل

المزاداد في 17 أبريل 1989 بسيدي بطاش

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية : الجراحة بالأشعة غاما، المركز الوطني للترويض والعلوم العصبية بالرباط،
النشاط السريري.

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة :

- | | |
|-------|---|
| رئيس | السيد : عبد الصمد الوهابي
أستاذ في جراحة المخ والأعصاب |
| مشرف | السيد : عادل ملحاوي
أستاذ مبرز في جراحة المخ والأعصاب |
| أعضاء | السيد : محمد جيدان
أستاذ في التصوير الشعاعي العصبي |
| | السيد : نورالدين بن جعفر
أستاذ في المعالجة بالإشعاع |
| | السيدة : نجية العبادي بندحان
أستاذة في جراحة المخ والأعصاب |
| | السيد : ياسر أرخا
أستاذ مبرز في جراحة المخ والأعصاب |
| | |