

1 **ЧУЛО ВИДА**



Визуелни кортекс

2 **КОРТИКАЛНЕ ЗОНЕ**

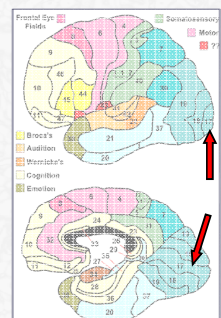
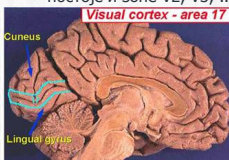
- кора великог мозга се дели на више **зона**
 - Бродманова поља
- зоне имају различите **функције**
 - сензорне
 - вид, слух, кожа, мирис
 - моторне
 - удови, очи
 - когнитивне
 - језичке
 - разумевање, говор
 - емотивне
 - ...



3 **ВИЗУЕЛНЕ КОРТИКАЛНЕ ЗОНЕ**

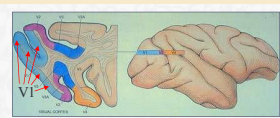
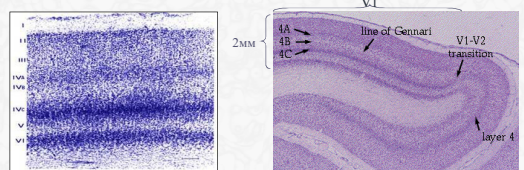
- сигнали из два ЛГНа стижу у **17-та** Бродманова поља леве и десне хемисфере
- други називи ове зоне:
 - примарна кортикална визуелна зона
 - стријатни кортекс
 - V1 (ве-један)
 - данас најчешћи назив
 - постоје и зоне V2, V3, ...

Visual cortex - area 17

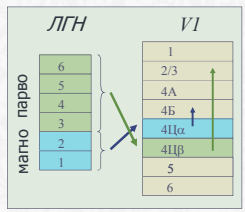

4 **ЗОНА V1**

- особине зоне V1:
 - површина: око 15цм²
 - велики део скривен у завијуцима коре
 - дебљина: 2 мм, број ћелија: око 100 милиона
 - састав: 6 слојева (слој 4 се даље дели на 4А, 4Б, 4Ц)
 - слој 4Б је светла трака: Генаријева линија или 'stria'

5 **ЗОНА V1**

- сигнали из ЛГН-а стижу већином у слој 4Ц
- 4Ц се даље дели на 4Ц α и 4Ц β
- магно \Rightarrow слој 4Ц α
- парво \Rightarrow слој 4Ц β
- главне везе унутар V1:
 - слој 4Ц α \Rightarrow слој 4Б
 - слој 4Ц β \Rightarrow слој 2/3
- слој 2/3
 - нема већих разлика између слоја 2 и 3
 - постоје два подручја:
 - скуп тамнијих мрља: *блорови*
 - светлији међупростор: *интерблор*

6 **ЗОНА V1**

- **ретинотопска репрезентација**
 - активација блиских неурона ЛГН \Rightarrow активација блиских неурона зоне V1
- последица: ЛГН, а тиме и мрежњача, 'прсликава' се на V1



- од раније познато на основу повреда мозга
- **али:** не прсликавају се сви делови мрежњаче **једнако** на зону V1! Наиме, постоји ...

7 **ЗОНА V1**

- **кортикална магнификација:**
 - фовеа ⇒ *већа* кортикална површина (магнификација)
 - периферија ⇒ *мања* кортикална површина

шематски приказ магнификације

рецептивна поља

кортикална репрезентација

репрезентације фовеи

8 **ТИПОВИ ЋЕЛИЈА ЗОНЕ V1**

- **први истраживачи:** Д. Хјубел и Т. Визел
 - Нобелова награда 1982
- **тема: рецептивна поља (РП) ћелија зоне V1**
 - РП: подручје на мрежњачи чија стимулација мења фреквенцу паљења кортикалне ћелије
- **главни налаз:** већина РП је *другачија* него код ганглијских ћелија и ћелија ЛГН
 - другачији оптимални стимулуси
- **главни типови ћелија:**
 - *просте ћелије*
 - *сложене (комплексне) ћелије*
 - *хиперкомплексне ћелије*

9 **ТИПОВИ ЋЕЛИЈА ЗОНЕ V1**

- **просте ћелије (ПЋ):**
 - РП имају антагонистичка подручја у облику *трака*
 - оријентација (нагиб) трака: *доминантна оса* ћелије
 - за све могуће нагибе постоје одговарајуће ћелије
- **две основне групе ПЋ:**
 - **детектори ивица**
 - *оптимални стимулус:* ивица одређеног нагиба
 - **детектори линија**
 - *оптимални стимулус:* линија одређеног нагиба
- **има и сложенијих РП**
 - више од три антагон. подручја

рецептивна поља детектора ивица

рецептивна поља детектора линија

10 **ТИПОВИ ЋЕЛИЈА ЗОНЕ V1**

- **реакције једне ПЋ на различите нагибе стимулуса**

снимање рада простих ћелија

нагиб

импулси

фреквенца

објашњење

стимулус

електрода

слика - 59 A2

време (сек.)

- **најјача реакција на вертикале, мања за остале нагибе**
 - разлог: ова ПЋ има *вертикалну* доминантну осу
 - друге ћелије максимално реагују на друге нагибе

11 **ТИПОВИ ЋЕЛИЈА ЗОНЕ V1**

- **могуће анатомске везе:**
 - више суседних ЛГН ћелија са концентричним РП, распоређеним по правој линији, активирају једну ПЋ

ЛГН ћелије

РП на мрежњачи

проста ћелија у кортексу

слика 4-59Б

- **уочити:** ћелије са концентричним РП *нису* осетљиве за разлике у нагибима (реагују једнако за различите нагибе)
- осетљивост за нагибе (нова функција) код ПЋ настаје специфичном структуром веза

12 **ТИПОВИ ЋЕЛИЈА ЗОНЕ V1**

- **комплексне ћелије (КЋ)**
 - РП има доминантну осу
 - осетљивост за нагибе слична као код ПЋ
 - РП нешто веће него код простих ћелија
 - РП *нема* јасна антагонистичка подручја
 - на већини места и он- и оф- реакција
 - реакција и на појаву и на престанак стимулације
 - спец. осетљивост за *кретање* у одређеном правцу
 - код неких ћелија за оба смера, код других само за један
- **могуће анатомске везе:**
 - више суседних ПЋ, са РП распоређеним у низу, активира једну КЋ

ПЋ

КЋ

ПЋ

ПЋ

слика 4-60

13

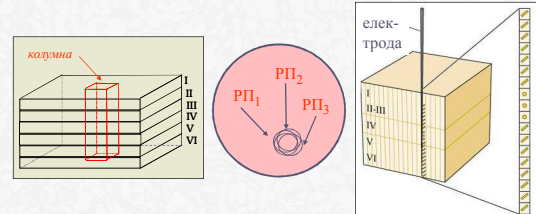
ТИПОВИ ЋЕЛИЈА ЗОНЕ V1

- **хиперкомплексне ћелије**
 - разнолике особине, недовољно испитане
 - **пример:** специјализација за дужи *одређене дужине*
 - како расте дужина стимулуса, фреквенца паљења неурона:
 - прво расте
 - затим достиже максимум
 - онда *опада* (за разлику од ПЋ и КЋ, код којих остаје на максимуму са даљим порастом дужине)
 - могуће анатомске везе:
 - више поређаних суседних комплексних неурона активира један хиперкомплексни неурон

14

ЛОКАЛНА ОРГАНИЗАЦИЈА ЗОНЕ V1

- **вертикална организација: колумна**
 - скуп многих ћелија свих типова, које све леже једне *испод* других, кроз свих 6 слојева
 - РПа ћелија колумне су већином *преклопљена*
 - РПа имају *исту* доминантну осу
 - изузеци: слој 4Ц, блобови (концентрична РПа)

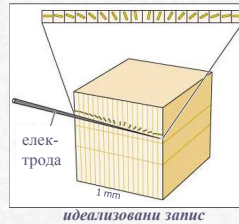


15

ЛОКАЛНА ОРГАНИЗАЦИЈА ЗОНЕ V1

- **хоризонтална организација**

- по *ширини* слоја јавља се систематска промена доминантне осе ћелија
 - у оквиру око 1мм: сви нагиби (од 0 до 180 ст.)
 - за сваки нагиб постоји колумна



- **окуларна доминација**

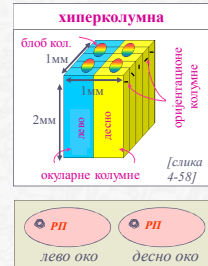
- у слоју 4Ц ћелије су *монокуларне*: примају сигнале само из једног или само из другог ока, али не из оба
- у осталим слојевима ћелије су *бинокуларне*, али многе ћелије примају сигнале *доминантно* (претежно) или из левог или из десног ока

16

ЛОКАЛНА ОРГАНИЗАЦИЈА ЗОНЕ V1

- **хиперколумна:** скуп суседних колумни

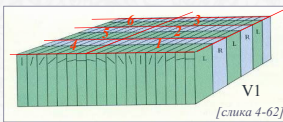
- **окуларне колумне:** доминирани левим или десним оком
- **оријентационе колумне:** доминантне осе свих нагиба
- **блок колумне:** цилиндрични стубићи
 - концентрична РПа (неосетљиве за разлике нагиба)
 - посебна осетљивост за боје
- ћелије имају *преклопљена* РПа, на истим местима две мрежњаче
- скуп РПа свих ћелија: *заједничко РП* хиперколумне
- **функција:** детаљна обрада локалне информације
 - анализа боје и нагиба 'тачке' у свету, од стране оба ока



17

ГЛОБАЛНА ОРГАНИЗАЦИЈА ЗОНЕ V1

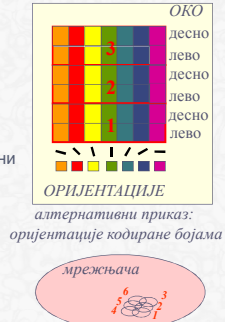
- **организација V1:** систем суседних хиперколумни
- рани (поједностављени) модел Хјубела и Визела:



- у примеру: 6 суседних хиперколумни
- у V1 има их хиљаде

- суседне хиперколумне имају суседна, деломично преклопљена заједничка РП

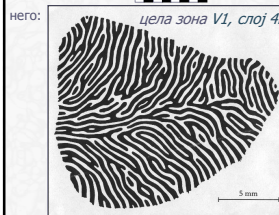
- РПа свих хиперколумни зоне V1 прекривају целу мрежњачу



18

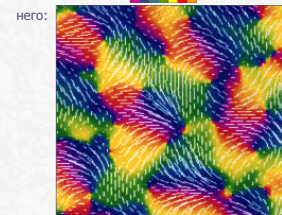
ГЛОБАЛНА ОРГАНИЗАЦИЈА ЗОНЕ V1

- каснији (сложенији) налази о глобалној организацији:
 - добијени испитивањем знатно већих делова зоне V1
- систем *окуларних колумни* није: [diagram]
- систем *оријентационих колумни* није: [diagram]



'зебра' структура

- ћелије доминирани једним оком
- ћелије доминирани другим оком



нагиби доминантних оса



19 ДРУГЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ

- кортекс (за сада) има око 30 визуелних зона!
- V1, V2, V3, MT, TF, ...
- међусобно спојене директним и повратним неуралним везама
 - нпр.: V1->V2 и V2->V1
- зашто толико зона?
- основни разлог: зоне су специјализоване за различите аспекте виђења
 - боја, нагиб, покрет, ...
- али: специјализација свакако није потпуна
 - иста зона – више врста ћелија
 - иста ћелија – више аспеката

кортикалне зоне код мајмуна

20 ЗОНА V2

- **V2:** кортикални сусед зоне V1, сличне величине
 - секундарни визуелни кортекс, 18. Бродманово поље
 - има ретинотопску репрезентацију, РПа већа него у V1
- зона V2 има 'пругасту' структуру:
 - наизменичне *бледи* и *тамне* пруге, са различитим ћелијама
 - две врсте тамних пруга: *танке* и *дебеле*
- анатомске везе V1 и V2:
 - 4Б → тамне дебеле пруге
 - блоб → тамне танке пруге
 - интерблб → бледи пруге
- *тамне дебеле пруге:* ћелије за стерео-виђење (бинокуларно опажање дубине), опажање кретања
- *тамне танке пруге:* ћелије за опажање боја
- *бледи пруге:* ћелије за опажање облика (локални нагиби)

21 ЗОНА V5

- други назив: **MT** (МедиоТемпорална зона)
- *величина зоне:* знатно мања од V1 и V2
- *величина РПа ћелија:* знатно већа него у V1 и V2
- *посебна осетљивост:* правац кретања објеката
 - осетљивост само за један смер кретања, не и за супротни
- *организација:* вертикалне колумне
 - ћелије у *истој* колумни (око 1000) осетљиве су за *исти* смер кретања
 - ћелије у *суседним* колумнама осетљиве су за *сличне* смерове
- вештачком стимулацијом колумне (путем електроде) изазива се одговарајући опажај кретања
- оштећење зоне изазива отежано опажање кретања
 - опажање покрета личи на опажање низа статичних слика

22 ВИЗУЕЛНИ ПУТЕВИ (СТРУЈЕ)

- од мрежњаче до V2 и даље
 - магно и парво путеву (поједностављено)

- ћелије у оквиру путева врше *сличан* тип обраде
 - X, парво ћел., блбови, там. тан. пр.: опажање боја
 - Y, магно ћел., там. деб. пр., V5: опажање кретања
- *даља обрада:* остале визуелне зоне кортекса
 - врло активно савремено подручје истраживања

23 ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ

- врсте снимања рада мозга
 - **електроде**
 - дају детаљну темпоралну информацију о раду неурона
 - снимају само један или неколико неурона истовремено
 - код људи се користе само у медицинске сврхе
 - **електро-енцефалограм (ЕЕГ)**
 - снимање активности већег броја неурона истовремено
 - релативно груба просторна резолуција
 - **технике које омогућавају просторну слику мозга:**
 - раније: CAT, PET
 - савремена техника: MRI
 - најдеталјнија анатомија
 - важна варијанта: fMRI
 - активност мозга

24 ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ

пример коришћења технике fMRI

fMRI: functional magnetic resonance imaging (сликовни приказ функционалног магнетног резонанцом)

активне мождане зоне су кодиране бојама

снимање рада мозга свесног субјекта приликом решавања визуелног задатка

25 **ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ**

- у темпоралном режњу постоје зоне са ћелијама посебно активним приликом опажања лица
 - пример испитивања електродама код мајмуна:

СТИМУЛУСИ				
	мајмунско лице	људско лице	шака	бесмислена шара
РЕАКЦИЈЕ (ИМПУЛСИ)				
	јака реакција	јака реакција	слаба реакција	слаба реакција

26 **ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ**

- пример коришћења fMRI технике код људи

зоне активне приликом посматрања лица су кодирани жутом бојом

27 **ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ**

- пример коришћења веома сложеног стимулуса
 - субјектима се приказује 10 минута филма 'Добар, рђав, ружан' (1966, Клинт Иствуд)

- за време приказивања филма активност можданих зона се снима fMRI техником
- активност различитих зона мења се током времена, и зависи од приказаног филмског садржаја
- различите зоне максимално реагују на различите садржаје
- подаци дају увид у специјализације појединих можданих зона

тренуци максималне активације

28 **ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ**

активност зоне за опажање лица (фузиформни гирус)

A Fusiform gyrus

активација

време (секунде)

29 **ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ**

активност зоне за опажање просторних сцена (колат. сулкус)

B Collateral sulcus

активација

време (секунде)

30 **ВИШЕ ВИЗУЕЛНЕ ЗОНЕ**

активност зоне за опажање покрета руку (пост-цент. сулкус)

Post-central sulcus

активација

време (секунде)