

3B SCIENTIFIC® BIOLOGY



...going one step further

Érzékszerv fiziológiai készlet W16120 [1005071]

Kísérleti leírások

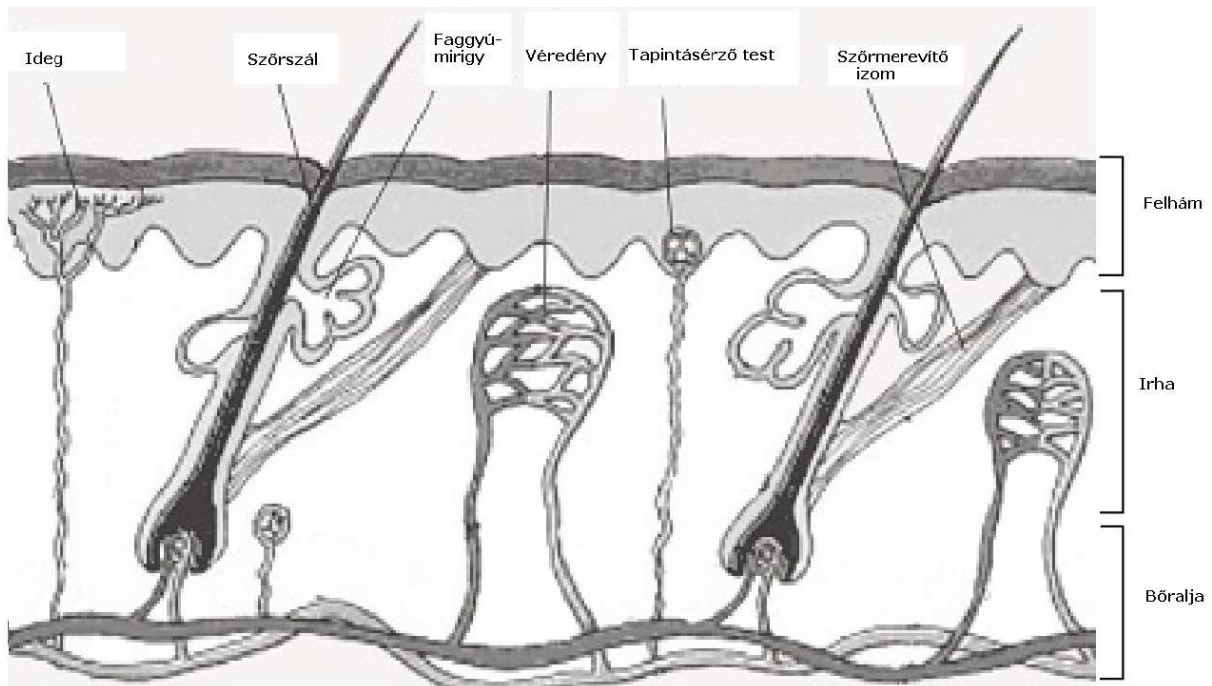


A bőr – Érintkezési pont a környezetünkkel

A bőr, testünk külső rétege számos szövetrétegből áll.

Tapintó érzékünk fontos információkat ad a környezetről, és figyelmeztet bennünket a veszélyről. Ennek a tapintó érzéknek a bőrünk ad otthont, és ezért nagyon fontos érzékszerv. Nagyon érzékeny érzékelő receptorok találhatók a bőrön belül, amelyek számos különböző külső ingerre, így melege, hidegre és nyomásra reagálnak.

A bőr rétegei



Kísérletek

1. A tapintó érzék

Testünk bizonyos területei nagyon érzékenyek, tehát nagyon nagy számban rendelkeznek tapintás érzékelő receptorokkal. Arcunkon, és főként az ajkakban és a nyelven, de ugyanígy a kezeinkben, főként az ujjbegyekben nagyon sűrű érzékelő receptor hálózat van. Például már akkor inger éri az ujjbegyeket, ha valaki csak néhány milliméter ezredrésznnyire nyomja meg a bőrt.

Testünk más részein sokkal kevesebb ilyen érzékelő receptor van, és ezért az ingerküszöb ott viszonylag alacsony. A hát és a combok sokkal kevesebb tapintás érzékelő receptorral rendelkeznek. Itt az agy nem ismeri fel és nem dolgozza fel az ingert, amíg sok érzékelő receptor nem továbbítja. Ezzel szemben az ujjhegyen csak egyetlen érzékelő receptort kell ingerelni ahhoz, hogy az agy felismerje és feldolgozza. Az ujjbegyek tapintás érzékelő receptoraiból érkező ingerek sorozatos indulása nagyon magas, így a kéz precíziós munkaeszköznek tekinthető.

A főként a tapintó érzékelést ellátó idegszálak bizonyos érzékelő szervekben végződnek, melyeket Meissner testecskéknek és Merkel-korongoknak nevezünk. Ezek jelentős nagyságban fordulnak elő az ujjbegyekben, a tenyéren, a lábfej sarkán és az ajkakon. Ezek olyan receptorok, amelyek a tapintó ingerekre, a bőrfelület legkisebb deformálódására reagálnak, és impulzusokat küldenek az agyba.

Tapintó szőr használatával fogjuk a tapintó érzékelő receptorokat vizsgálni a bőrünkben. Ez a tapintószőr egy papálcából áll, amelynek egyik végére műanyag sörte van illesztve. Ezzel a tapintó szőrrel enyhe nyomást tudunk kifejteni a bőrre. Két tanulónak kell együtt dolgoznia, hogy tanulmányozza a tapintó érzékelő receptorok eloszlását a kézen. Az egyik tanuló a tapintó szőrrel megérinti osztálytársa tenyerének, kézfejének és ujjának különböző zónáit. egyenlő nyomás kifejtésével. A vizsgált személy lehunyja a szemét, és jelzi osztálytársának, hogy érzi-e és mennyire érzi az érintést. Megfigyelhetjük, hogy a kézen és az ujjakon nagyon eltérőek az érintési érzékelések. A diákok azt tapasztalják, hogy sok tapintó érzékelő receptor van az ujjakon és főként az ujjbegyeken. Még a legkisebb érintés is érzékelhető az ujjhegyeken. Ezzel szemben a kézfejen jelentősen ritkábbak a tapintó érzékelő receptorok, így egyes helyeken semmi vagy csak alig valami érzékelhető. A csökkent látóképességű vagy vak emberek nagymértékben függenek a tapintó érzékelésüktől. Ujjbegyüket használják a tárgyak érintésére és magas szintű felmérésére, például a Braille olvasásakor. Nyomásra és fájdalomra érzékeny receptorok sűrűsége a bőr négyzetmétereként

	Nyomás receptorok	Fájdalom receptorok
Arc	50	184
Az orr hegye	100	44
Törzs	29	196
Alkar belső része	15	203
Kézfej	14	188

Bőrünkben a Pacini testecskék, amelyek a nyomást érzékelő receptorok, nem érzékelik ezt a tapintó szőrt. Ezek a testecskék a mélyebb bőrrétegekben fekszenek, és nem küldenek jeleket az agyba, amíg a szövetet erősen meg nem nyomják.

2. Melegség érzékelése

2.1 Hideg és meleg receptorok

A hideg és meleg receptorok vizsgálatához szondát, hideg-meleg szondát használunk, amelynek rézhegye van. Bőrünk a hámon és az írha felső rétegében eloszló fájdalom receptorokon keresztül érzékeli a meleg és hideg receptorokat.

Hevítse gyertyán a hideg-meleg szondát, és óvatosan helyezze a helyet a kézfejre. A legtöbb esetben csak a szonda érintését érzékeljük; csak bizonyos pontokon érzékeljük a szonda melegségét. Ezek a melegre érzékeny helyek a bőr meleg érzékelő receptorai. Piros filctollal jelölje meg ezeket a pontokat, ahol a melegség érzékelhető.

A következő kísérlettel hűtse le a szondát jéggel, és ismétlje meg a kísérletet. Az eredmény hasonló. Ezúttal ismét érezzük a szonda érintését a bőrön, de csak nagyon kevés bizonyos helyeken érezzük a szonda hideg érintését. Ezek a pontok a hideg receptorok a bőrön. Jelölje be kék filctollal ezeket a pontokat. Most már meg tudjuk különböztetni a meleg és hideg receptorokat, valamint eloszlásuk módját. Ha összehasonlítjuk a piros és kék jelöléseket, azt tapasztaljuk, hogy a meleg receptorok és a hideg receptorok nem azonosak. A kísérlet azt bizonyítja, hogy sokkal több hideg receptor lett bejelölve a bőrön, mint amennyi meleg receptor.

Az ember test bőrfelületén kb. 30.000 meleg receptor és kb. 250.000 hideg receptor van. A legtöbb meleg és hideg receptor az arcon és a törzsön van; a karokon és a lábakon ezek a pontok kevésbé sűrűn oszlanak el.

Meleg és hideg receptorok sűrűsége a bőr négyzetmétereként

	Meleg receptorok	Hideg receptorok
Arc	0,6	8
Az orr hegye	1,0	13
Törzs	0,3	9
Alkar belső része	0,4	6
Kézfej	0,5	7

2.2 A víz melegség érzékelése

Egy másik kísérletben a meleg érzékelését vizsgáljuk a kézen meleg és hideg víz használatával. A meleg és a hideg érzékelése a test meleg és hideg receptorain alapul. Bámulatos, hogy az azonos hőmérsékletű vizet egyszer érzékelhetjük hidegnek, majd melegnek vagy melegebbnek. Ennek vizsgálatához töltünk fel két edényt különböző hőmérsékletű vízzel. Ekkor helyezzük a kezünket az egyik edénybe, és írjuk le a melegség érzékelését. Természetesen azt fogjuk mondani, hogy a hideg víz hideg, a meleg víz pedig meleg. Ha azonban kb. egy perc után a kezünket a másik edénybe tesszük (a melegből a hidegbe és a hidegből a melegbe), azt fogjuk érezni, hogy a meleg víz sokkal melegebbnek látszik, a hideg víz pedig sokkal hidegebbnek. Ezért a melegség és hideg érzékelésünk nagyon szubjektív, ahogy azt gyakran tapasztaljuk a mindennapi életben.

3. A tapintó érzékelők közötti távolság érzékelése tapintókörzővel

Ehhez használjunk körzőt. Nyissuk ki a körzőt, és óvatosan érintsük meg a kéz különböző zónáit (kézfej, tenyér, ujj, ujjhegy ...), illetve a kart mindkét hegygel. Csak nagyon röviden érintsük. A kísérlet folyamán változtassuk a körzőhegyek közötti távolságot, de először csak nagyon lassan nyissuk meg úgy, hogy a két hegy kb. 1 mm távolságban legyen egymástól.

A kísérlet során a vizsgálati személy becsukja a szemét, hogy ne lássa, milyen messzire vannak egymástól a körzőhegyek, és ne láthassa azt sem hogy a kezén, ujján vagy karján melyik pontot érintik meg.

A kísérlet alatt a vizsgálati személy figyelmének növeléséhez alkalmanként csak a körző egyik hegyét használja. Ha azonban mindkét hegyet használja, egyidejűleg kell érinteniük a bőrt. A vizsgálati személynek ekkor meg kell mondania, hogy hol vannak a körzőhegyek, és hogy egy vagy két érintkezési pontot érzékelt-e.

Érintkezési pont	A körzőhegyek távolsága mm-ben
Kézfej az ujjakhoz közel	
A kézfej közepe	
Kézfej a csuklóhoz közel	
Tenyér az ujjakhoz közel	
Tenyér közé	
Tenyér a csuklóhoz közel	
Ujjon belül a tenyérolдалon (3. ujj)	
.....	
.....	
.....	
Az alkar felső része közvetlenül a csukló fölött	
Az alkar felső része a könyökhöz közel	

A kérdés az, hogy milyen messzire kell lenniük az érintkezési pontoknak a bőrön ahhoz, hogy a vizsgálati személy két külön pontot érzékeljen. Ha a vizsgálati személy két érintkezési pontot érzékel a vizsgálat során, mérje meg a két körzőhegy közötti távolságot, és írja le az érintkezési pontot és a két körzőhegy közötti távolságot egy táblázatban.

Másik kérdés az, hogy a kiválasztott pontnál, például a kézfejen, a tenyéren, az ujjnál, az alkarnál stb. a vizsgálati személy által érzékelt kettős inger azonos-e minden irányban. Ehhez tollal jelölje meg a pontot a bőrön, majd állítsa a körző egyik hegyét pontosan erre a pontra. Ha a vizsgálati személy két érintkezési pontot érzékel, állítsa be újra a körzőt úgy, hogy az egyik hely a jelölt ponton legyen, a másik hegyet pedig forgassa el valamennyire. Érzik még a kettős érintést? Ez a bőr különböző pontjain megismételhető.

Egy másik részleges kísérletnél állítsa a körző hegyeit kb. 2 cm távolságra. Ezután a csuklónál

kezdve húzza el lassan a körzőt, és fejtsen ki enyhe nyomást a könyök felé.
Mit érez és érzékel a vizsgálati személy?

Ez a kísérlet elvégezhető a bőr többi részén is.

A vizsgálati személy egyértelműen érzékeli a változást az érintkezési pontokban. Először két érintkezési pontot éreznek a csukló közelében, melyek azonban egyre jobban összeolvadnak a könyök felé. A körző hegyei ugyan egymástól azonos távolságban maradnak a kísérlet alatt, a vizsgálati személy úgy érzékeli, hogy a két vonal addig közeledik egymáshoz, amíg látszólag egy vonalba nem olvadnak. Ezt a jelenséget nagyon nehéz megmagyarázni. Az egyik lehetséges magyarázat a tapintó érzékelő receptorok sűrűsége. Ha nagyon közel vannak egymáshoz, számos érzékelő receptort ér inger, és két ingert érzünk, mivel a közöttük levő érzékelő receptorok nem küldenek jelet az agyba. Ha azonban messze vannak egymástól, és ha nincsenek érzékelő receptorok a két érzékelő receptor között, csak egy ingert érzékelünk. Ez különösen az arcon vehető észre. Ha az arcon kezdjük a vizsgálatot a körzővel, és onnan az ajkakon keresztül a másik arcfélre megyünk át, az ajkak érzékenysége nagyon intenzív, mintha az ajkakon a két vonal sokkal messzebb lenne egymástól.

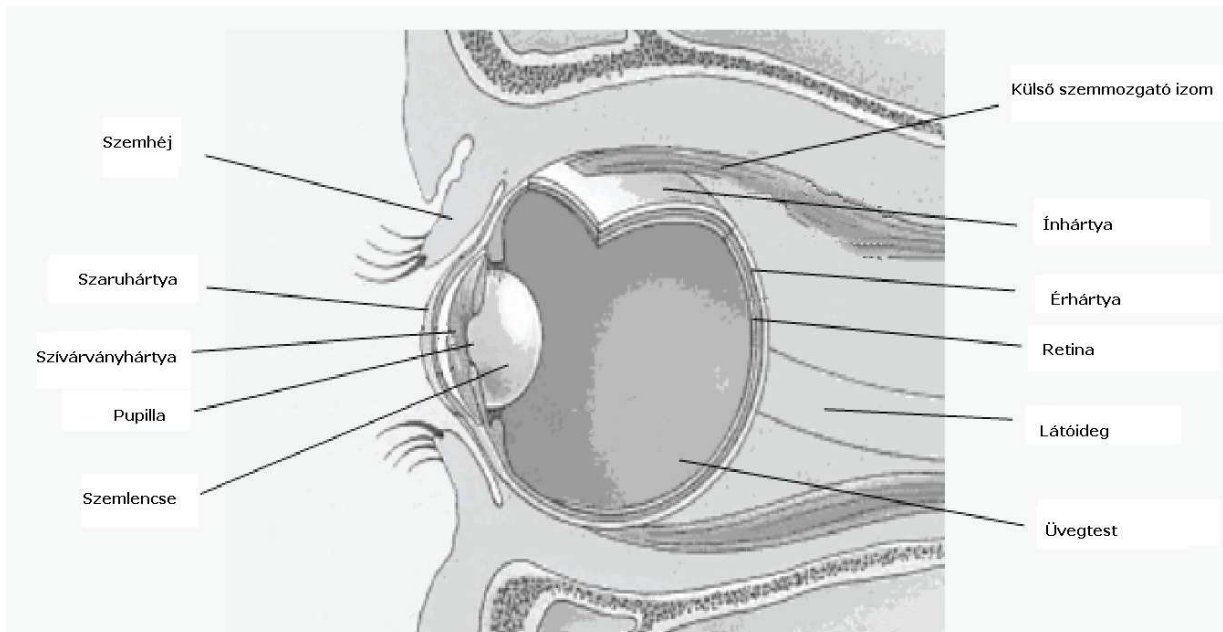
Megjegyzés:

Az érintés érzékelés egy másik kísérletét az 1.2 kísérlet, Tapintó csalódások részében "A szem - A vizuális érzékelő szerv" fejezet írja.

A szem - A vizuális érzékelő szerv

A szem egy olyan üreges szerv, amelyben számos hártya van. A legbelső hártya a retina, abban egy pigmentréteg és egy több millió érzékeny fotoreceptor idegsejtből álló réteg található, amelyek a fénysugarak által kiváltott idegimpulzusokat küldik az agyba. A fotoreceptorok színérzékeny csapokból és fekete-fehér érzékeny pálcikákból állnak. A behatoló fény hatására a pálcikák és csapok ingerlése idegimpulzusokat vált ki az idegsejtekben.

A szem felépítése ábra:



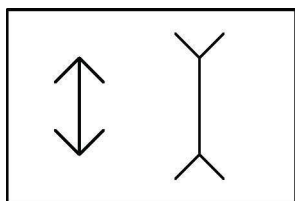
A retinán van egy ún. fovea, és egy ún. optikai korong vagy "vakfolt". A fovea egy sárgás terület a retina közepén. Csak csapokat tartalmaz, és a legélesebb látás területe. Ha bizonyos tárgyra összpontosítunk, annak fénysugarai a foveában összpontosulnak.

A szem egy pontjánál hagyja el a látóideg a szemgolyót. Ennél a pontnál nincsenek fényérzékeny receptorok, így ennél a pontnál nem lehetséges a látás, amelyet ezért néha "vakfolt" nevezünk.

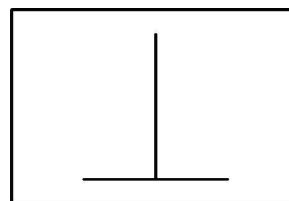
Kísérletek

1. Geometriai optikai csalódások

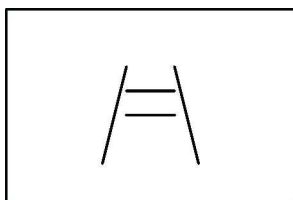
1. Müller-Lyer illúzió



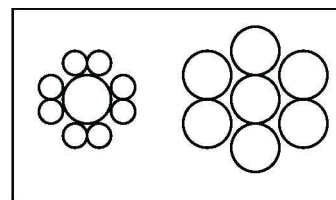
2. Fordított T illúzió



3. Ponzo illúzió



4. Ebbinghaus illúzió



Ez a négy motívum átlátszó műanyag kártyákon érhető el. A szerkezetek formázott alakja miatt, kivetíthető, és összezavaró kísérletek folytathatók.

1.1 Optikai illúziók írásvetítővel

Helyezze a 4 műanyag kártyát egymás után az írásvetítőre, és vetítse ki őket. A tanulóknak le kell írniuk, hogy mit látnak.

1. kártya: Müller-Lyer illúzió

A megfigyelő azt tapasztalja, hogy a bal, függőleges vonal sokkal rövidebb, mint a jobb függőleges vonal. Ha vonalzót fektetünk a kivetett felület mellé vagy egy átlátszó vonalzót az írásvetítőre, kimutathatjuk, hogy mindkét vonal pontosan egyforma hosszú.

2. kártya: Fordított T illúzió

Ha megnézzük a két vonalat, a függőlegeset és a vízszintest, a függőleges vonal mindig hosszabbnak látszik, mint a vízszintes vonal. A valóságban azonban mindkét vonal azonos hosszúságú. Ezt vonalzóval tudjuk ismét ellenőrizni.

3. kártya: Ponzo illúzió

Vizsgálatakor úgy látszik, mintha a két vízszintes vonal közül a felső hosszabb lenne, mint az alsó. Ugyanakkor mindkét vonal egyformán hosszú a valóságban, amelyet ismét vonalzóval bizonyíthatunk.

4. kártya: Ebbinghaus illúzió

A középen levő körök eltérő nagyságúnak látszanak, mivel a bal belső kör nagyobbak látszik, mint a jobb. A vonalzóval végzett mérés itt is hasznos.

Ezek a vizsgálatok azt mutatják, hogy agyunkat könnyen át lehet verni. Ha valamilyen váratlan dolgot érzékelünk, agyunk néha téved. Eltérés van abban, hogyan alakul ki az inger, és hogyan dolgozzuk fel. Agyunk sok mindent a mindennapi tapasztalat alapján hasonlít össze. Az agy gyakran nem veszi észre ezeket az illúziókat, és amíg nem hívjuk fel rá a figyelmet, nem érzékeli őket tudatosan.

Ez az ismeret arra tanít bennünket, hogy sok mindent nem úgy látunk az életben, mint amilyenek a valóságban, hanem úgy, ahogy az érzékszerveink érzékelik őket, az agyba küldik azokat, és ahogy ott az agy feldolgozza őket.

1.2 Tapintó illúziók

Megjegyzés:

Ahhoz, hogy sikeresen elvégezhessük a tapintó illúziókat alkalmazó kísérletet a műanyag kártyákkal, alapvetően fontos, hogy a vizsgálati személyek ne lássák a négy kártyát a kísérlet megkezdése előtt, és hogy ne ismerjék az illúziókat.

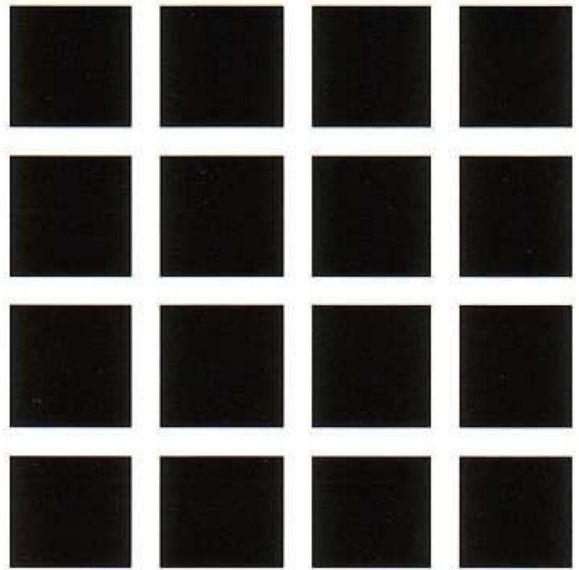
A tapintó érzékelést is befolyásolhatják illúziók. Ha a vizsgálati személy érzékelői a kártyákon a formázott alakokat bekötött szemmel, rá fog jönni, hogy feltehetően eltéréseket tartalmaznak. Érzékelésük után a vizsgálati személynek le kell vennie a kendőt a szeméről, és meg kell néznie a kártyákat. Az érintés alapján adott eredményeiket megerősíthetik. Amíg nem végzünk pontos méréseket a vonalakon és körökön vonalzóval, nem érzékeljük érzékszerveink hiányosságait. Ez azt bizonyítja, hogy minden érzékszerv hasonló hibákat követ el a megjelenések érzékelésében.

1.3 Optikai csalódások képei

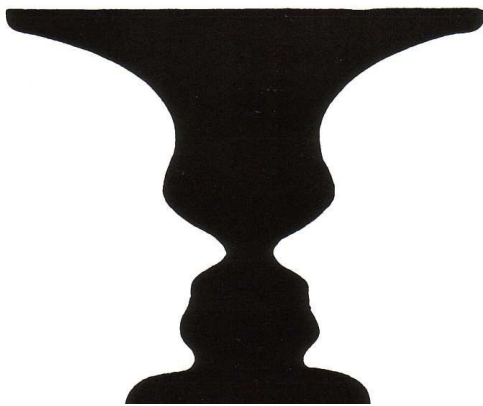
1. Fiatal lány- Idős hölgy



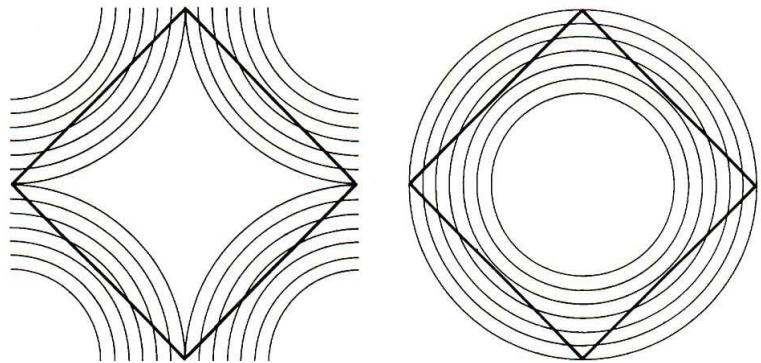
2. Hermann rács illúzió



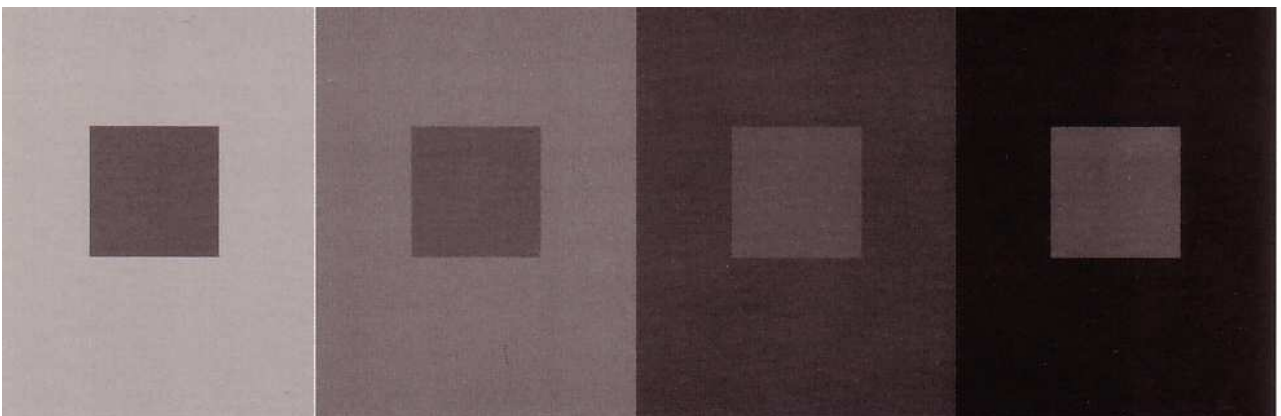
3. Rubin váza



4. Hering illúzió



5. Szimultán kontraszt illúzió



Ha megnézzük a fenti öt képet, egyértelműen optikai csalódásokról van szó.

1. kép

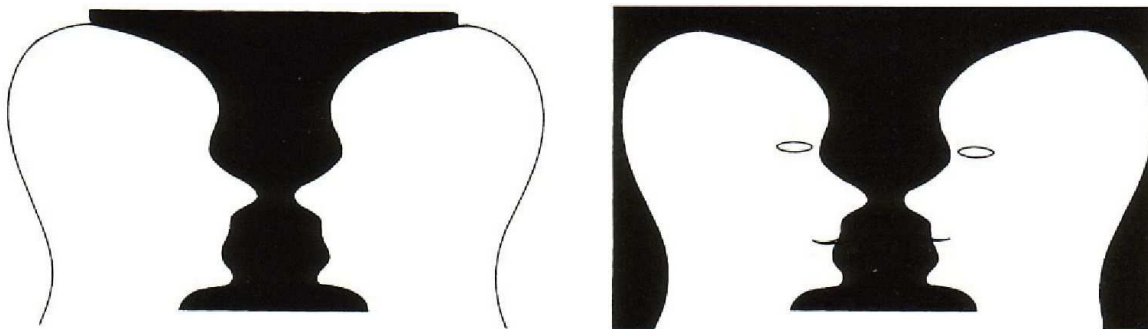
Vagy egy öreg hölgyet vagy egy fiatal, csinos lányt látunk. A legtöbben csak az egyiket látják: az egyik megfigyelő mindig csak az öreg hölgyet látja, míg a másik megfigyelő nem látja az öreg hölgyet, csak a fiatal lányt. Csak miután elmagyarázzák nekik, hogyan láthatják mindkét képet, talán akkor látják mindkettőt.

2. kép

A Hermann rács illúzió jó példa a "fiziológiai kontrasztra". A fehér metszéseknél egyértelműen kis szürke négyzeteket látunk, amelyek a valóságban nincsenek ott.

3. kép

A Rubin váza kiváló példa az optikai csalódásra. Nagyon figyelmesen nézzük ezt a fekete vázát, de ha a kép két fehér oldalára koncentrálnunk, akkor két arc kontúrját látjuk, ahogyan a következő két kép illusztrálja.



4. kép

A Herring illúzió esetében, ha négyzetet rajzolunk több ív köré (A) vagy egy több körvonalon keresztül (B), akkor a négyzet vonalai hajlottnak látszanak. Olyan, mintha deformált négyzet lenne.

5. kép

Az egyenlő nagyságú belső mezők közül mind a négy pontosan ugyanolyan szürke árnyalatú. Mindemellett a belső mezők világosabb színűnek látszanak balról jobbra, mivel a környező terek sötétebbé válnak. A különböző kontrasztok becsapják az agyat, és hamis következtetésre vezetnek. Ha egy szűrőt helyezünk a kép fölé, amely csak a belső négyzeteket fedi fel, akkor láthatjuk, hogy a belső szürke árnyalatok valóban teljesen egyformák.

2. A "vakfolt" kimutatása a szemben

Ehhez a kísérlethez használja a ponttal, kereszttel és háromszöggel ellátott tesztkártját.



Csukja be az egyik szemét, például a bal szemét, és tartsa a tesztkártját kinyújtott karral a nyitott szeme elé úgy, hogy a pont a szeme előtt legyen. Bámuljon a pontra. Ezután mozgassa közelebb az arcához a tesztkártját. Írja le, hogy mit figyelt meg, hogy később megbeszélje az osztályban.

Eredmény:

Először egy pontot lát, illetve jobbra a keresztet és a háromszöget. Fontos, hogy a pontra összpontosítson. Amikor a tesztkártját lassan közelíti, kb. 55 cm távolságra, azt fogja tapasztalni, hogy a külső háromszög hirtelen eltűnik, és csak a pont és a keresztlátható.

Amikor a tesztkártyát még tovább közelíti az arcához, kb. 40 cm távolságban mind a kereszt, mind a háromszög eltűnik. Csak a pontot látja, amelyre összpontosít. Kb. 30 cm-re a háromszög újra megjelenik, ezután pedig a kereszt is.

Ez a kísérlet a szem "vakfoltját" mutatja ki, mivel reprodukálni lehet egy tárgyat a "vakfolton", amely ezután láthatatlanná válik. Mivel a "vakfolt" közelében érzékelő receptorok vannak, asszimilálják ezeket a fényingereket, és az idegimpulzusokat az agyba küldik, amely összeállítja a képet. Normál látás közben a "vakfolt" nem fontos, mivel az agy képes ellensúlyozni és kiegészíteni a képet.

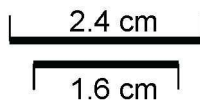
3. A pupillatágulás változásainak vizsgálata

A "pupillatágulás változásai" kísérlet lefolytatásához használja a készletben található szemüveget. Nyissa fel a lencsék előtt található felhajtható szerkezetet, és vegye ki a két belső csavaros gyűrűt. Helyezze a korongot a lyukkal a jobb oldalra, és rögzítse a csavaros gyűrűvel. Tartsa a helyén a bal oldalt. (A kísérlet alatt ügyeljen arra, hogy ne veszítse el a bal oldali csavaros gyűrűt!)

A kísérlet lefolytatásához helyezzen egy fehér papírlapot az asztalra. A vizsgáló személy lefedi a bal oldali szemüveg lencsét tartozék nélkül a kezével, és kb. 20 másodpercig nézi a fehér papírt, miközben figyeli, hogy mit lát.

20 másodperc után leveszi a kezét a szemüvegről, és megnézi, hogy most mit lát. Ezt az eljárást többször kell elvégezni az eredmény ellenőrzéséhez. A megfigyeléseket ezután le kell írni.

A következő kísérletben húzzon egy 2,4 cm hosszú vonalat a papíron, és húzza alá egy 1,6 cm-es vonallal. Így fog kinézni:



Nézze meg a két vonalat a szemüvegen keresztül kb. 16 cm távolságban a szemüveg bal oldalának letakarásával. Ezután vegye le a kezét a bal oldali szemüveglencséről. Ne változtassa meg a megtekintési távolságot. Mit tapasztal?

A kísérletek eredménye:

Az első kísérlet alatt a vizsgáló személy kerek, de homályos fénypontot lát. Amikor a bal szemüveglencsét lefedi, a fénypont kissé nagyobb lesz, amikor a bal szemlencsét szabaddá teszi, a még mindig látható pont kisebbé válik. Mivel a vizsgáló személy nem veszi ezt mindig előszörre észre, a kísérletet többször kell megismételni.

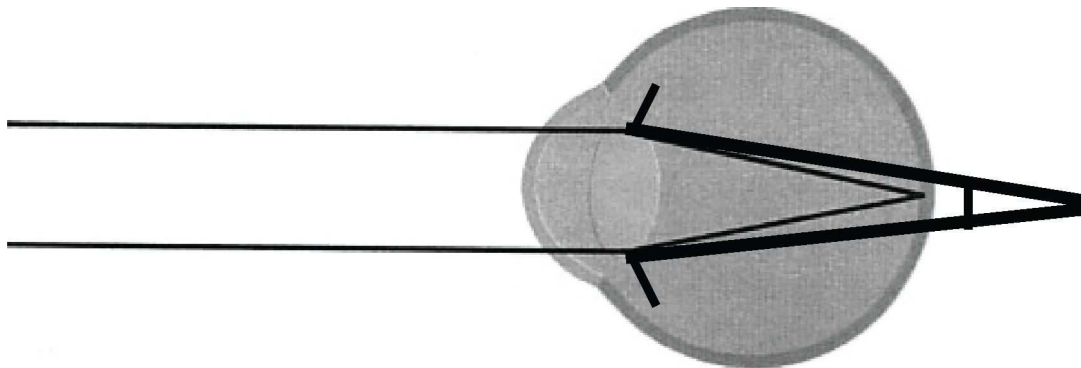
A szem pupilláját látjuk reprodukálva a fényforráson. Az orvosok pupillareflexet használnak annak megállapítására, hogy az életjeleket (pl. légzés, pulzus) nem mutató eszméletlen emberek valójában még élnek-e.

Amikor azt tapasztalják, hogy a pupilla mérete a bal szemüveglencse nyitásakor és zárásakor változik, a skála használatával megmérheti a tágulást. A pupilla mérete a bejutó fénytől függően változik: az erősebb fény hatására tágul, a gyengébb fény hatására összehúzódik.

Hogyan jelenik meg ez a folt a retinán, amelyet a fehér háttéren fényes, homályos körként láthatunk?

A normál látású szem fókuszálva reprodukálja a képet a retinán. A kép tisztán és élesen látható. Ha a fejet közelítjük a fehér papírhoz, és a lyukon keresztül nézünk, az optikai pálya úgy változik, hogy a kép már nem éri el a retinát a fókuszban. Ehelyett egy pont, korong jelenik meg a retinán, amely a fehér papíron látható. Ha kevesebb fény jut a szembe, a korong megnagyobbodik; ha több fény jut a szembe, a korong kisebb lesz, mivel a pupilla kitágul. A kérdés ez: miért változik meg a pupilla mérete annak ellenére, hogy ugyanolyan méretű lyukkal ellátott korong van a szem előtt? Ez azzal a ténnyel magyarázható, hogy szemünk "összedolgoznak". Tehát amikor több fény kerül az egyik szembe a retinára, az írisz kitágul

mindkét szemben és viszont. Az egészséges ember mindkét pupillája mindig egyforma mértékben van nyitva. Ezt használjuk ki ebben a kísérletben.



A vékonyabb vonal a fókuszált reprodukciót mutatja retinán, a vastagabb vonal az írisz nyílását a retinán reprodukálva a lyuk használatakor.

4. Színek és színváltozások látása a szemben

Ehhez helyezzünk egy piros színű lencsét az egyik szemüveglencsébe, illetve egy kékét a másik szemüveglencsébe a 3. kísérletben leírtak szerint. Húzzon egy könnyen látható jelet vonalak nélkül egy fehér papírlapon ceruzával. Ezután vegye fel a szemüveget, és nézze a jelölést pislogás közben. Milyen szín jelenik meg a fehér papírlapon a jel körül?

Ezután nézze egy darabig pislogás nélkül a jelölést a papíron, és figyelje a papírlap színét.

A következő kísérletben fedje le az egyik szemüveglencsét a kezével, és nézze a jelölés körüli területet a lapon. Mit lát? A vizsgáló személynek legalább 5 percig kell viselni a szemüveget, hogy a szem hozzászokjon a két színhez.

Ezután csukja be a szemét és vegye le a szemüveget. Takarja el a szemét a kezével, és ne hagyja, hogy fény jusson be. Ezután nyissa ki a szemét a keze mögött, és lassan vegye le egyik kezét egyik szeméről. Nézze meg a papírlapot. Ezután fedje le ismét gyorsan a szemét a kezével, és számoljon be róla, hogy milyen színben jelenik meg a fehér lap.

Tegye ezt a másik szemével. Most is írja le, hogy milyen színben jelenik meg a fehér papírlap. Mit tapasztal? Milyen színszűrő volt melyik szeme előtt?

Megfigyelés:

Először azt tapasztaljuk, hogy a papír nem jelenik meg, ahogyan feltételeztük volna, a kék és piros keverékeként, hanem inkább pirosként vagy kékként. Ennek az az oka, hogy mindkét szem egyfajta módon versenyez. Az agy mindig csak egy színben állítja össze a képet, egyszerűen arról van szó, hogy melyik színinger erősebb. Ezért mindig egyazon színben látjuk a tárgyat. Ezért nem lehetséges, hogy az egyik szem kékét lásson, a mások pedig pirosat egyidejűleg.

Ha hosszabb ideig nézünk egy papírlapot, azt tapasztaljuk, hogy mindkét szín bizonyos időközönként változik. Egy ideig a kép pirosan jelenik meg, majd hirtelen kékre vált. Órával lehet mérni ezt az időt, hogy meg lehessen állapítani, mennyi időre van szükség a szemnek a színek váltásához. Ez az idő személyenként nagyon eltérő. Egy ideig tartó nézés után a színek változása nagyon rendszeressé válik. Ez a kísérlet csak akkor sikeres, ha a vizsgáló személy a jelölésre koncentrálna a papíron, és nem pislog. Néhány perc után már nem fogják tapasztalni a színek változását. Leállítható fényforrásba vagy erős nappali fénybe való kitekintéssel. A színek ezután ismét váltakozni kezdenek, ha lapot ismét a leírtak szerint nézik.

Ha levesszük a szemüveget a lecsukott szemről, és röviden a fehér papírlapra nézünk csak az egyik szemmel, valami bámulatosan tapasztalunk. Az a szem, amelyik a piros szemüveglencsén nézett keresztül 5 percig, most kékes-zöld színben látja a papírlapot, az a szem pedig, amelyik a kék szemüveglencsén keresztül nézett, narancs-piros színben látja a papírlapot. Ezt a jelenséget hívjuk "kromatikus adaptációnak" vagy "szín utóképeknek". Ezek a benyomások azonban kb. 60 másodpercen belül eltűnnek, és a színeket ismét a szokásos módon érzékeljük.

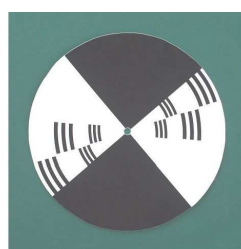
Ez a jelenség rendkívül fontos abban, ahogyan a színeket érzékeljük. A fény spektrális összetétele a napszakkal, a felhőkkel és a földrajzi hellyel együtt változik. Amikor az ég felhőtlen, a napfény rövidhullámú spektruma reggeltől délig nő, majd ismét csökken. Tehát délben van a napfénynek a legnagyobb rövidhullámú sugár spektruma. Ha nem lenne kromatikus adaptáció, a színek jelentősen változnának a nap során. Reggel a pirosas spektrum sokkal nagyobb lenne, fél felé pedig a kék spektrum emelkedne jelentősen. A fehér papírnak ekkor sokkal nagyobb lenne a piros színezete reggel, és sokkal kékebbnek látszana délben. Reggel a piros érzékenységek csökken a nagy piros spektrum miatt, délben pedig a szemünkben a kék érzékenység a nagyobb kék spektrum miatt csökken. Ezért a tárgyak ugyanolyan színűnek látszanak az egész nap során annak ellenére, hogy a tárgyról visszaverődő fény nem marad ugyanaz.

5. Minta által indukált színvillódzás

Ehhez a kísérlethez hajtásvezérelt, előre-hátra mozgó motor szükséges. Helyezze fel a motort egy állványra. Vegye le a recés csavart a motortengelyről, és helyezze fel az A mintakorongot. Ezután helyezze vissza a recés csavart.



A mintakorong



B mintakorong

Eztán hozza mozgásba a mintakorongot a motoron a potenciométer balra forgatásával. Először jobbra forog. A diákok 1-2 m távolságból figyelik a forgó korongot. A korongnak először lassan kell forognia, majd fokozatosan közepes gyorsaságra kell gyorsulnia a korongsebességnek. A mintakorongok külön megvilágítása nem szükséges ennél a kísérletnél, és nem is tanácsos; a normál nappali fény elegendő. A mesterséges fényvel, főleg fénycsővel megvilágított korong további jelenségeket okozhat a megfigyelők számára (pl. a stroboszkóp hatás).

Mit tapasztalunk?

Ekkor módosítsa az irányt balra a potenciométer melletti kis váltókapcsoló kapcsolásával. Ismét növelje a sebességet lassúról közepes gyorsulásig.

Mit tapasztalunk?

Ismételje meg a kísérletet a B mintakoronggal. Itt is változtassa meg a sebességet és az irányt.

Mit tapasztalunk?

Megfigyelés:

Az A mintakorong használatakor a jelenségek észrevehetőbbek, mint a B mintakorong használatakor. Mindkét korong esetében a fordulatszám növekedésének hatására a fekete szegmens egybeolvad. Kilenc vagy 12 gyűrű látható, amely a fordulatszám növekedésével egyre inkább szürkévé fakul. Az A mintakorong esetében a növekedő fordulatszám lehetővé teszi, hogy megfigyeljük az egyes gyűrűk bizonyos színváltozását.

Amikor a korong jobbra mozog, azt látjuk, hogy a három külső gyűrű sötétibolya színben forog. Alattuk a három gyűrű halványkéken jelenik meg, meg a három belső gyűrű pedig zöldes-barnán.

Amikor módosítjuk az irányt (a potenciométer melletti váltókapcsolóval), a koncentrikus gyűrűk színszekvenciájának megfordulását figyelhetjük meg. A három külső gyűrű ekkor zöldes-barnán jelenik meg, alattuk a gyűrűk halványkéken jelennek meg, a három belső gyűrű pedig sötétibolya színben.

Megjegyzés: Nem minden megfigyelő azonosítja a leírt módon ezeket a színeket, aminek oka lehet a mintakorong fordulatszáma és az adott személy egyedi érzékelése! Ha a forgási

sebességet egyenletesen tovább növeljük, azt figyelhetjük meg, hogy a látott színek egyre halványulnak, mígnem egyenletesen szürkévé válnak. A korongmintán a fekete szegmensek továbbra sem láthatók.

A B korongminta használatával megfelelő fordulatszámnál szintén megfigyelhetjük a színeket, ugyanakkor a színintenzitásuk sokkal kisebb mértékben csökken az A mintakoronghoz viszonyítva. Ezen a korongon a domináns színek kékek és szürkés-zöldek.

Ha a korongot fénycsővel világítjuk meg, kiegészítő hatások léphetnek fel, a fentiekben leírt módon, amit a fénycső-lámpákat működtető váltóáram okoz. A fény periodikusan világos és szürke, amit általában nem veszünk észre a gyors váltakozás miatt. Ugyanakkor a mintakorongok forgása a fekete és a fehér váltakozását eredményezheti a korongon a fény fényességének és sötétségének változása szerint, és ekkor észrevesszük (stroboszkóp hatás).

Kísérlet a villódzó színek magyarázatára:

Szemünkben a retina receptorokat (csapokat és pálcikákat) tartalmaz. A csapokszíneket fognak fel, a pálcikák pedig fényt és a sötétséget. Nincsenek színes vonalak a tárcsákon, hanem csak fekete és fehér minták. Ez azt jelenti, hogy csak a csapokat érik ingerek. A mintakorongok forgása miatt egy adott időpontban a csapok több fényt kapnak, mint egy másik időpontban.

Ez a korongokon levő vonalaknak köszönhető. A csapok ezeket az információkat az idegpályákon keresztül küldik az agynak. A tárcsákon a vonalak eltérő elrendeződése miatt ezek az idegimpulzusok fázison kívül érik el az agyat az egyes hármass csoportokkal, más szavakkal az ingerlési folyamat (fázisváltás) eltérő. Nem minden kúp érzékel azonos mintákat mindenkor, tehát csak a szomszédos retinaterületeken belüli eltérések továbbbódnak az agyba. Az agyban ezek az eltérő fiziológiai hatások feltehetően speciális színérzékelést váltanak ki, amelyek ezután feltehetően a mintakorongon nyilvánulnak meg. Ha lefényképeznénk a forgó korongot, csak szürke vonalakat látnánk. A szakirodalomban ezeket a jelenségeket Fechner színeknek vagy Benham korongnak is nevezik. (Cf. C. v. Camphausen: Die Sinne des Menschen, Thieme Verlag, Stuttgart 1981)

6. Mozgás utóhatás

Ehhez a kísérlethez hajtásvezérelt, előre-hátra mozgó motor szükséges. Helyezze fel a motort egy állványra. Helyezze fel a C mintakorongot a motorra a motortengelyen a recés csavar eltávolításával, illetve a C mintakorong felhelyezésével. Ezután helyezze vissza a recés csavart.

Állítsa a C mintakorongot lassú mozgásra, először jobbra. A diákoknak kb. 1-2 m távolságból kell figyelniük ezt a forgó korongot. A mozgó korong figyelése közben érezhetően kifelé mozgást érzékelnek (nagyobbdás).

A mintakorongnak nem szabad túl gyorsan forognia. A diákoknak a forgó korong közepére kell koncentrálniuk, és figyelmük elvonása nélkül legalább 30-40 másodpercig kell nézniük. Minél hosszabb ideig nézik, annál jobb!

A figyelési idő után kinézhetnek az ablakon, egymásra nézhetnek, nyitott tankönyvbe vagy a leállított korongra nézhetnek. Mit tapasztalunk?



C mintakorong

Ha megváltoztatjuk a forgásirányt, az érzékelés úgy változik meg, hogy befelé mozgást (csökkenést) kezdünk látni. A diákoknak ekkor ismét kb. 30-40 másodpercig a korongra kell koncentrálniuk, majd ki kell nézniük az ablakon, egymás arcára, a tankönyvbe vagy a leállított korongra kell nézniük.

Mit tapasztalunk ekkor?

A kísérleteket csak az egyik szemmel ismételjük meg; a másik szemet letakarjuk a kezünkkel. Megváltoztat ez valamit?

Mi történik, amikor szabaddá tesszük a letakart szemet adaptálás után valamely tárgy figyeléséhez, és becsukjuk azt a szemet, amely forgó korongot figyelte?

Megjegyzés: Mivel az adaptációs idő nagyon rohamosan csökken, minden megtekintés után kb. 30-40 másodpercig kell újra a forgó korongot nézniük!

Megfigyelés:

Függetlenül attól, hogy mit nézünk az adaptációs időszak után, az alábbi jelenségek mindig megfigyelhetők.

A mintakorong forgásirányától függően, például ablakon való kinézés után ez zsugorodik vagy nagyobbodik. Ha valakinek az arcára nézünk, lehetőleg az orrhegyére, az a benyomásunk, hogy az arc zsugorodik vagy nagyobb lesz. Bármit látunk, az pontosan ellentettje az adaptációs idő alatti mozgási ingernek.

Az ez ún. utóhatás különösen akkor vehető észre, ha leállítjuk a mintakorongot, majd ránézünk. Olyan érzésünk van, hogy a korong zsugorodik vagy növekedik.

Miközben a forgó korongot figyelik, egyes diákoknak minden bizonnyal olyan érzésük lesz, és azt mondják, hogy a korong távolodik tőlük, vagy éppen ellenkező forgásiránnyal közeledik. Ez a hatás jelentősen felerősödik, ha a csak egy szemmel nézünk a forgó korongra.

Ha a forgó korong nézése után becsukjuk a szemünket, semmit sem tapasztalunk az utóhatásból. Az utóhatás csak akkor következik be, ha nyitva van a szemünk, függetlenül attól, hogy mennyi időre csuktuk be a szemünket. Ebben az esetben azonban a forgó korong 30-40 másodpercig tartó nézése nem elegendő. A kísérlet lefolytatásához a diákoknak néhány percen keresztül kell a forgó korong figyelésére összpontosítaniuk.

Ha csak az egyik szemet szoktatjuk a forgó koronghoz, majd a másik szemmel nézzük a tárgyat, az ez utóhatás újra előfordul, bár ez a szem nem szokott hozzá a forgó koronghoz. Az utóhatások akkor fordulnak elő, amikor a látórendszerünk "visszatért" az agyhoz. Szemünkben az idegsejtek mindig azt a feladatot kapják, hogy ismerjék fel, egy adott tárgy változtatja-e és ha igen, hogyan változtatja a pozícióját. Ha egy tárgy mindig egy irányban forog (ilyen a forgó mintakorong), az idegsejtek ezt jelzik az agynak. Amikor a jel megszakad, az agy ezt a mozgást egyre lassúbbnak fogja fel, tehát ezt matematikailag úgy fogalmazhatjuk meg, mintha az agy nullapontra váltana az ellentétes irányban. A nullapont e "váltása" miatt a jel megszűnése (adaptáció) után az összes megtekintett tárgynak "vissza kell váltania" az ellentétes irányba, amíg új "nullapont" nem áll be az agyrendszerben. Ezeket a "nullapont váltásokat" utóhatásnak tapasztaljuk.

Számos módon értelmezhetjük az utóhatásokat:

a) Ha egy tárgy a megfigyelő felé közelít az oldalakon, nagyobb lesz, ennek eredményeként a tárgy láthatóan távolodik a megfigyelőtől utóhatásként.

Igen, ha egy tárgy távolodik a megfigyelőtől, kisebb lesz minden oldalon, aminek eredményeként utóhatásként a tárgy látszólag a megfigyelő felé közelít. Ezért az utóhatás mindig ellentétes irányú mozgást érzékeltet.

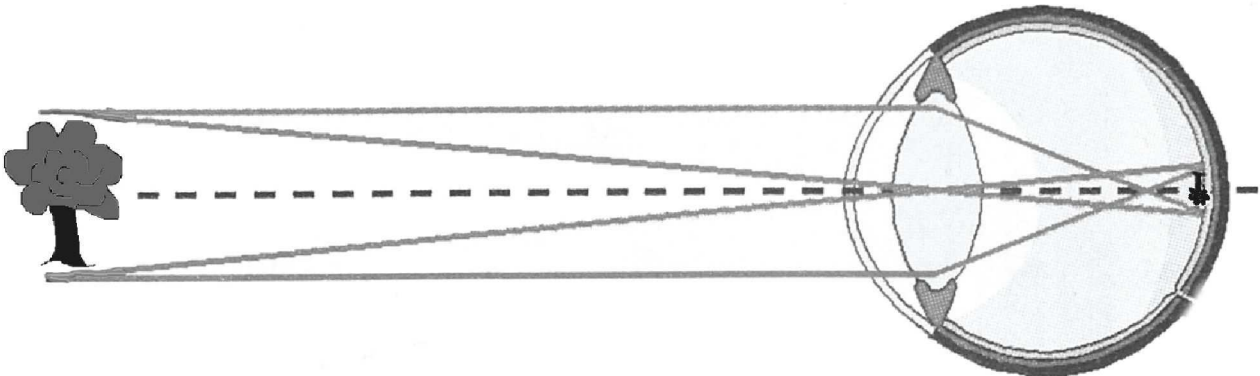
b) Amikor a szemet lecsukjuk, az agy nem érzékel semmilyen képjelet. Ezért az ellentétes irányú "nullapont eltolódás" (utóhatás) nem kezdődhet meg, amíg az agy újabb képet nem érzékel.

c) Az utóhatást az agyban levő idegsejtek váltják ki, amelyek azon a helyen találhatóak, ahol a két látóideg egyesül. Ez a magyarázata annak, hogy miért figyelhető meg utóhatás, amikor csak egy szem adaptálódott.

7. Fordító szemüveg az agyban bekövetkező képfordítás bemutatására

Szemünkben a lencse egy íves domború lencse. A lencsét a kamera lencséjéhez hasonlíthatjuk. A szem lencséje a szaruhártyával együtt a megtekintett tárgy fordított és kicsinyített képét vetíti a retinára.

A kép reprodukálása a retinán



Ennek ellenére agyunkban a környezetet álló helyzetben érzékeljük, mert az agy a beérkező jelet úgy dolgozza fel, hogy a képet álló helyzetben lássuk. Fordító szemüveg használatával mutathatjuk be ezt. Ehhez a két fordító prizrát betesszük a szemüvegbe (lásd a 3. kísérletet). A fordító szemüveg fejjel lefelé fordítja a képet, mielőtt az elérni a szaruhártyát. A szemünkben levő természetes látópályán keresztül a kép ekkor a retina jobb oldalára vetődik. Felismerjük azonban, hogy a kép fejjel lefelé van, mivel az agy azt mindig megfordítja. Az agy ezért az összes képet "megfordítja". Ha több héten keresztül viselnénk ezeket a fordító szemüvegeket, egy bizonyos adaptációs idő után az agy ezt új jellé alakítaná. Ezt segítik a bőrben levő tapintó érzékelő receptorok és az egyensúlyérzék. A képet hirtelen ismét álló helyzetben látnánk; az agy az összes beérkező jelet összehasonlítaná és elhárítaná a "hibát". Ennél is meglepőbb, amikor levesszük néhány hét után a fordító szemüveget. A vizsgáló ismét fejjel lefelé látja a képet. Eltart egy bizonyos ideig, amíg az agy újramódosít a normális helyzetnek megfelelően.

Ez a kísérlet azt mutatja nekünk, hogy az agy először tovább dolgozza fel a jeleket, amelyek a fotoreceptor sejtekből érkeznek a szemből, majd azokat tudatosítja bennünk.

A fül – Fontos érzékszerv

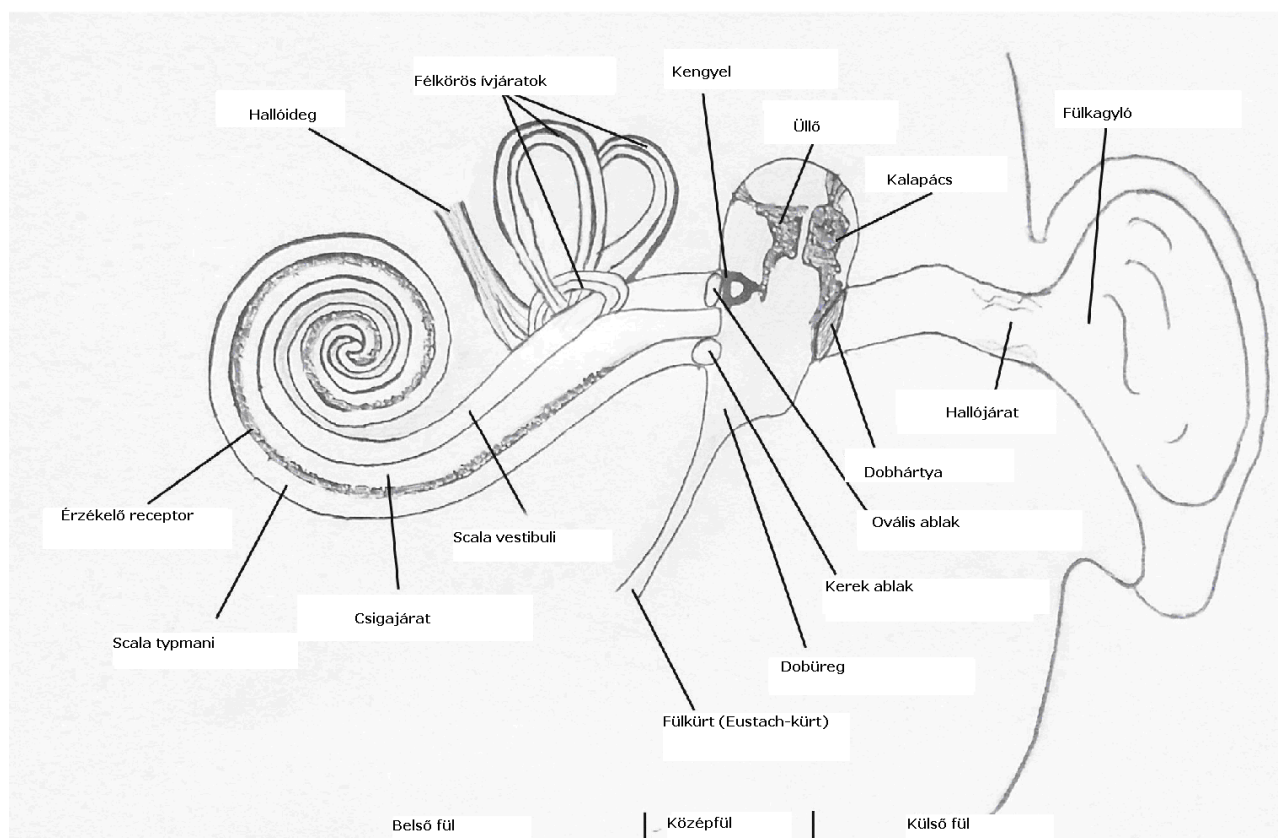
A tapintó- és látásérzékelések mellett hallás útján és érzékeljük a környezetünket. Hallásunkkal a kibocsátott hanghullámokon keresztül kapunk üzeneteket. A levegőnyomás rezgése útján történik. A hallószerv felfogja a hanghullámokat, ideg ingerré alakítja őket, majd az agyba küldi. A hallás érzékelése nem a fülben történik, hanem az agyban.

A hallószerv három részből áll:

- a külső fül,
- a középfül és
- a belső fül.

A külső fül a hangokat fogadó átalakító szerv, amely fülkagylóval, hallójáratával és dobhártyával rendelkezik, a középfül (dobüreg) a hanghullámokat továbbítja a hallócsontocskákon keresztül a hallószervhez és a folyadékkal töltött csigajáratú belső fülbe, az igazi hallószervbe, amely a hanghullámokat idegimpulzusokká alakítja, és ezeket a hallóidegen keresztül az agyba továbbítja. A félkör alakú csatornákkal rendelkező labirintus szintén a belső fülben található, bár az nem a hallást szolgálja.

A fül felépítése



Mivel két fülünk van, térhangot tudunk érzékelni, és ezért meg tudjuk állapítani a hang irányát.

Kísérletek

1. Irányított hallás

Ehhez a kísérlethez a felhelyezett csővel ellátott sztetoszkópra és jelölőre van szükség. A sztetoszkópra illesztett cső a sztetoszkóp jobb és bal oldali részére csatlakozik egy darabban. A tényleges kísérlet megkezdése előtt jelölje meg a cső közepét a tollal.

Helyezze a sztetoszkópot a vizsgált személyre úgy, hogy a cső a hátán feküdjön, és így a vizsgáló személy ne láthassa. A jelölővel kezdje kopogtatni a csövet a sztetoszkóp közelében. A vizsgált személynek ekkor kézjelekkel kell mutatnia, hogy milyen irányból érzékeli a hangot. Kopogtassa a csövet középről jobbra és balra.

Közeledjen a cső jelölt közepéhez kopogtatás közben. Mennyi ideig tudja megmondani a vizsgált személy, hogy melyik irányból jön a kopogtatási hang?

Megfigyelés:

Ha pontosan a jelölt középénél kopogtatunk, a vizsgált személy nem tudja megmondani, hogy jobbról vagy balról jön a hang. A vizsgált személy azt fogja jelezni, hogy a hangot a cső egyik helyzeténél előlről hallja. Jelölje meg ezt a helyet a csövön. Ekkor a vizsgálati személy felismeri a kopogtatási hangok jelölt helytől való minden eltérését jobbra vagy balra. Hallásunk a hallószerven keresztül olyan idegimpulzusokat tud felismerni, amelyek csak 10 μ s (mikroszekundum) – 100 μ s egységre vannak egymástól. Hallásunk a beérkező hang időkésltetése alapján meg tudja állapítani, hogy honnan származik a hang. Így lehetséges a térhallás.

A kísérlet során a környezetnek nagyon csöndesnek kell lennie; ellenkező esetben a vizsgálati személy nem tudja pontosan jelezni a hang irányát. Emellett a középfül fertőzése vagy a fülzsír jelentősen ronthatja a hallás érzékelését, mivel ilyenkor a két fül közül az egyik csak kisebb intenzitással hall, és így a hang eredetének pontos helye nem állapítható meg megfelelően. Ez azt bizonyítja, hogy a hang irányának érzékelésének nemcsak a beérkező hang időkésltetése játszik szerepet, hanem mindkét fülnek lehetőleg egyformán kell érzékelnie. Ha például a hang jobbról érkezik, akkor az akusztikus nyomás nagyobb a jobb fülben, mint a balban. Emellett a hang időkésltetéssel érkezik mindkét fülbe, és a hang iránya csak a két paraméter alapján állapítható meg.

2. Testi hangok hallása

A rezonancia cső szükséges ehhez a kísérlethez. A rezonancia csővel végzendő munka előtt azonban ellenőrizze, hogy nem hall-e valamit, amikor letakarja a fülét a kezével.

Ezután tartsa a rezonancia csövet az egyik füléhez, és fogja be másik fülét a kezével. Mit hall, amikor a rezonancia cső hossza megváltozik?

A hallott hangok honnan jönnek?

Mi történik, ha gyorsan és finoman összeszorítja a fogát? Milyen magas hangszintet hall a rezonancia csőben? A fogak kopogtató hangja eltér, ha megváltoztatja a rezonancia cső hosszát?

Megfigyelés:

Mindig halljuk a testünkből a hangokat, akár befogjuk a fülünket a kezünkkel, vagy akár rezonanciacsövet használunk. Ezek a hangok változtatják a magasságukat a rezonancia cső hosszától vagy a kezünk által létrehozott üregtől függően, amikor letakarjuk a fülünket.

Dobhártyánkon rezgéseket keltenek a testünkben keletkező hangok, így tudjuk érzékelni ezeket a hangokat. Az ilyen rezgéseken kívül azonban rezgések érhetik el hallásunkat közvetlenül a csatlakozó csontokon, a hallócsontocskákon keresztül.

Nagyon speciális esetben hallhatjuk a vér nagyon alacsony frekvenciájú hangját, de ez nagyon ritka. Vannak azonban olyan emberek, akik saját pulzusukat hallják, amikor arra koncentrálnak.

Ha "erősítőt" tartunk a fülünkhöz, például rezonancia csövet, az összes testi hang felerősíthető, és eltérő hangmagasságon hallható a cső hosszától függően. Minél hosszabbra nyújtjuk a rezonancia csövet, annál alacsonyabb szinten halljuk a hangot.