

Szabadi Magdolna

RÖVID ÁTTEKINTÉS A ZENEI ELEMekre ADOTT AGYI AKTIVITÁS VIZSGÁLATI PÉLDÁIBÓL

Az agyi képzőanyag, neurológiai vizsgálatok eredményeinek köszönhetően jobban meg tudjuk érteni hogyan dolgozza fel az emberi agy a zenei alapelemeket, hogyan reagál rá érzelmi, gondolkodási és viselkedési szinten. Habár nincs egy zenei központ, több nagy- és kisagy terület vesz részt a zenei feldolgozásban, amelyekről ismert, hogy érzékelés, megismerés, gondolkodás, érzelmi és mozgató működések során aktívak. Ezek a területek például a homloklebeny, mely érintett a harmónia és a hangnem, a fali lebeny pedig a ritmus feldolgozásában, valamint egyéb felső halántéki területek jobb féltekei túlsúlyban vesznek részt a zenei alapelemek feldolgozásában (Janka, 2009).

A vizsgálati területeket saját szempontunk szerint a következőkre osztottuk: a beszéd és nyelv percepció, a hangnem és a tempó, valamint a zenei élmény vizsgálataira. Természetesen más felosztás, más szempont is megállja a helyét, ami lehet személyes érdeklődésű, kutatási célnak megfelelő, vagy például korábbi elméletalkotók által kialakított.

- A beszéd és nyelv percepció zenével való kapcsolata az összefüggés vizsgálatokban célként szerepel, hiszen azok a zenei feldolgozással azonos idegi hálózati aktivitást mutatnak.
- A hangnem a kísérletek során módosító tényezőként jelentkezik. Erre példa a stressz fokozását vagy a muzikalitás fokmérőjét feltáró kutatások.
- Maga a zenei élmény pedig a hatásvizsgálatok kerete, melybe a kutatásokat ágyazzák.

A fenti felosztáshoz kiindulópontként szolgált, hogy a szociális információfeldolgozás és a zenei érzelmek észlelésének modelljei hasonlóságot mutatnak. Konkrétan a szociális információ-feldolgozás során a jelzések (mint a másik fél tekintetének, hanglegjtésének, hangerejének, gesztusainak

stb....) kódolása megfelel a zenei hangok percepciójának, észlelésének. A jelzések értelmezése rímeli a hangok kivonatolására. A jelzések kiértékelése és válogatása párhuzamos a zenében megjelenő érzelmek megértésével. A szociális válaszlépés, a válaszolás pedig hasonló az érzékelt zene címkézésével (Crick & Dodge, 1994; MacGregor, Ruth & Müllensiefen, 2023).

Gyakorlatilag kibontva a fent említett két modell lépéseit: a társas viselkedésünkben a szociálisinformáció feldolgozása során – a számítógép működéséhez hasonló módon –

- először kódoljuk (detektáljuk) az információkat,
- majd elemezzük, összehasonlítást végzünk a beérkező jelek között,
- utána viselkedési célokat és kivitelezési stratégiákat alakítunk ki,
- végül pedig kiválasztjuk a megfelelő válaszlépést és véghez viszük azt (Crick & Dodge, 1994).

Ezzel párhuzamos módon a zenei érzelmek észlelésének kognitív modelljében:

- először érzékeljük és kivonatoljuk a jeleket (artikuláció, dinamika, időbeli kódolás),
- azonosítjuk a jelzéseket (sztereotíp megjelenésekhez igazítjuk, szelektálunk korábbi tapasztalatokra, sémákra alapozva),
- végül ezen információk alapján megértjük és címkézzük a zenében megjelenő érzelmet (MacGregor, Ruth & Müllensiefen, 2023).

A beszéd, nyelv és információfeldolgozás zenével való összefüggésének példái. (Illusztrációt lásd 1. ábra.)

A zenei tréning (a transzferhatás által) befolyásolja az agyterületek aktivitását, amelyek felelősek a hangerő és beszédsebesség feldolgozásáért. A hang frekvenciája fontos akusztikus paramétere mind a beszéd, mind a zene észlelésének. Mindkettő esetében az észlelés hatékonyságát növeli. Konkrétan a zenei tréning a hallási elemzés, a hangzás

részekre bontása révén az olvasáshoz szükséges fonológiai megértést fejleszti. Ezen kívül a hangszertanulás pozitívan hat a figyelemre és a koncentrációra is a transzferhatáson alapulva (Moreno at al., 2009).

Az átélt zenei élmények befolyásolják a különböző agyterületek funkcióbeli érését. Ezek a következők: Corpus callosum, Heschl gyrus, planum temporale, inferior frontal gyrus, primary motor cortex, cerebellum. A felsoroltak fMRI vizsgálatok szerint a nyelvi és zenei folyamatokban egyaránt érintett agyterületek, tudniillik, ugyanazon idegi hálózatok mutatnak működésük során aktivitást (Besson at al., 2007).

A zene és a verbális memória kapcsolatának vizsgálatában a zenészek esetében nagyobb aktivitást tapasztaltak a planum temporale – bal dorso-laterális prefrontal cortex – területén. Ez a nyelvi és hangerő (magasság) feldolgozásában érintett agyterület. Magnetoencefalográfia (MEG) nagyobb bal oldali aktivitást (lateralizációt) mutat zenei órák után. Ezen kívül a beszéd artikuláció, a beszéd hangsúlyozása sikeresebb volt zenészeknél, köszönhetően az ismétlési stratégiának (gyakorlásnak). Erre abból következtettek, hogy az auditoros cortex - planum temporale erősödött aktivitást, nagyobb bal oldali lateralizációt és nagyobb bal féltekei aktivációt mutat nemcsak interpretációbeli, hanem hallási feladat alatt is. A zene műfaja, típusa befolyásoló lehet olyan módon, hogy hatnak a hangulat, a szervezet készülségi (arousal) szintjének emelkedésére, melyek közvetetten befolyásolják a kognitív teljesítményt (Franklin at al., 2008).

A zenei információfeldolgozás kapcsolódik a nyelvi funkciók működéséhez, és reciprok hatásként az információfeldolgozás sebességét növeli a rendszeres zenélés. A tapasztalatok által vezérelt neuroplaszticitás (agyai formálhatóság) viselkedési, együttes, sejt és molekuláris szintű vizsgálatai kimutatták, hogy a kiváltó inger (a hang) struktúrája és személyes jelentősége meghatározhatja a kiváltott idegi változásokat. Továbbá kiemelik a szerzők, hogy a plaszticitás zenészeken történő tanulmányozásának két előnye van: a kiváltó inger – a zene –

összetettsége, és ennek az ingerületnek való kitettség mértéke (Münste, Altenmüller & Jäncke, 2002). Éppen ezért olyan funkcióbeli és anatómiai különbségekre fókuszáltak, melyek zenészek esetében voltak kimutathatók.

A hangnem és modalitás példái. (Illusztrációt lásd 2. ábra).

Koelsch és munkatársai (2000) olyan vizsgálatssorozatot vezettek le, melyben arra voltak kíváncsiak, hogy a zene kognitív feldolgozását hogyan módosítja a megelőző zenei kontextus, vagyis a váratlan és tonalitássértő akkordok megjelenésének mértéke és valószínűsíthetősége. Négy kísérletben billentyűs hangszeren tonalitásba illő és egynéhány helyen nem illő harmóniákat játszottak le nem zenész kísérleti alanyoknak. Tehát olyanokat, amelyek a hallgató hangzás elvárásait sértették. Úgy tapasztalták, hogy a hangnembe illő és hangnemen kívüli akkordok elhajlást mutattak az EEG hullámokban függetlenül a muzikalitástól. Erre abból következtettek, hogy mind a korai, mind a késői negativitások (elhajlások) amplitúdója érzékenynek bizonyult az előző harmónia által kiváltott zenei várákozás (anticipáció) mértékére és a disszonáns akkord felhangzásának valószínűségére, bejósolhatóságára is (Koelsch et al., 2000). Összefoglalva: a tonalitásba illő harmóniák hatása késői negatív frontális elhajlásként jelentkezett az EEG jelekben, és ez a negatív eltérés a játszott harmóniák vége felé csökkent, tükrözve a tonalitást. A hangzásba nem illő akkordok egyrészt jobb féltekei anterior aktivitást mutattak (leképezve a hangzás sértését), illetve egy késői bilaterális frontális aktivitást. A szerzők megállapítják továbbá, hogy a negativitás nagyobb volt eltérő hangnemű akkordokat játszva, és a tonalitásba nem illő akkordok észleléséhez elvárt integrációt tükrözte. Végezetül kihangsúlyozzák, hogy a felvázolt kísérletssorozat mintát adhat a zenei észlelés újabb keretű vizsgálataihoz (Koelsch et al., 2000). Suda és munkatársai (2008) a zenei hangnem stresszcsökkentő és befolyásoló hatását térképezték fel. Úgy találták, hogy a dúr szemben a moll hangnemmel kimozdít a szellemi elfáradtságból, és a zene segítségével elért stresszcsökkentés összefüggésben áll

az öröm és a bánat érzésének feldolgozásával. Erre a felső halántéki agykéregben kimutatható stresszválaszok aszimmetrikus mintáiból következtettek optikai topográfia és endokrinológiai stresszmarkerekkel vizsgálva. A nyál kortizol szintjében megfigyelték, hogy a stresszhelyzeteket, például a mentális fáradtságot (amikor a gondolkodás és válaszolás módja nehéz és lassú) jobban csökkentette a dúr hangnemű zene, mint a moll. A hallgatott zene kifejezetten a kellemes élményhez vagy a boldogsághoz hasonló érzelmi választ váltott ki. Továbbá kimutatták a stresszválaszok tipikus aszimmetrikus mintázatát a felső temporális kéreg területein, ami azt sugallja, hogy a boldogság és szomorúság érzelmi feldolgozása összefügghet a zene általi stresszcsökkentéssel (Suda at al., 2008).

A hangnem és tempó módosítása ugyancsak kérgi és kéreg alatti aktivitást váltott ki az érzelemfeldolgozó területeken. fMRI-vel kimutatták, hogy a két fő zenei jellemző (hangnem és tempó) manipulálása a boldogság és a szomorúság érzéseinek mentén eredményezi a változást. Ez elsősorban a szubkortikális és neokortikális agyi struktúrákat érinti. Ezekről ismert, hogy más modalitású, nem hangingeren keresztül érkező érzelem feldolgozásában is közreműködnek (Khalifa at al., 2005). Valamint kimutatták, hogy a hangnem és a tempó módosítása kiváltotta érzelmek felismerése közös agyi területen történik, eltérő idegi mechanizmuson alapulva.

CT-t használtak a disszonancia hatásának megfigyelésére különböző zenei részletek meghallgatása során. Arra jutottak, hogy a paralimbikus rendszer és a neokortikális régió aktív, akár a kellemesség és kellemetlenség élményének esetén. De ez eltérhet a zene egyéb elemeinek érzékelésének és más valenciájú érzelemfeldolgozásnak az idegi mechanizmusától. Tehát a zene valóban képes kiváltani a felsorolt élményekhez hasonló neurális mechanizmusokat (Blood at al., 1999).

A zenei élmény vizsgálati keretére példák. (Illusztrációt lásd 3. ábra).

Úgy találták, hogy hipnózis állapotban módosítható a zenei élmény tartalma és minősége. Szemantikus differenciálskálával mérve a feszültség dimenzióban találtak szignifikáns változást. A kísérleti személyeknek éber és transz állapotban hallgatott zenéről kellett jellemzést adni feszültség, hangulat és kiértékelés skálák mentén (Kovacs at al., 1993).

A zenei élmény idegi hatását a kéreg alatti neurofiziológiai válaszok szintjén vizsgálták úgy, hogy összevetették a csöndben és zajban hallott beszéd felfogását, értelmezését. A zenészek pontosabb és gyorsabb válaszokat adtak, mint a kontroll csoportban szereplő nem zenei végzettséggel rendelkező személyek. Gyakorlati szinten gyorsabb volt a zenészek reakcióideje, és a beszédpercepció emelkedettebb reprezentációját, valamint kevésbé romló válaszmorfológiát mutattak. Hiszen a professzionálisan képzett zenészek gyakorlottak abban, hogy egyetlen dallamot diszkrimináljanak a harmóniában, és ez zajban történő beszédpercepcióval azonos. Azaz zenei észlelésben tapasztalattal rendelkezőknek előnye van a beszédpercepcióra vonatkozóan zajban is (Parbery-Clark, Skoe & Kraus, 2009).

A zenei élmény agytörzsi hálózatra tett befolyását vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy a zene és a beszéd észlelése egyaránt kérgi területhez köthető. A nyelvi lejtés mintázatának kódolásában a zenész csoport pontosabb volt, és ez a hatás kéreg alatti aktivitásban is kimutatható, tehát az agyi plaszticitásra is befolyással bír. Az eredmények nem csupán a zene és a beszéd egységes szubkortikális aktivitását igazolják, hanem kortikofugális (agytól elfutó) zenei és beszéd idegi hangolásának kölcsönösségre is vonatkoztathatók. Ez utalhat a zenészek nyelvtanulási előnyös helyzetére is neurológiai szempontból (Wong at al., 2007).

Blood és Zatorre (2001) a zenei élmény hatását agyi véráram változásaiban vizsgálták: a középagy, az amygdala, az orbitofrontális kéreg volt érintett, melyekről ismert, hogy

euforikus ingerekre is reagálnak. Tíz személyt pozitronemissziós tomográfiával (PET) scanneltek, miközben addig ismeretlen zenei részleteket hallgattak, melyben a disszonancia szintjét szisztematikusan növelték. Gyakorlatilag a kísérletben az agyi véráramlás változásait mérték a kísérleti személyek által kiválasztott olyan zenére adott reakcióként, amely a "borzongás" vagy a "hideglelés" tulajdonképpeni kellemes élményét váltotta ki. A borzongás szubjektív beszámolóit a pulzus és a légzésszám változásai kísérték. A borzongás intenzitásának növekedésével az agyi véráramlás növekedését és csökkenését figyelték meg a jutalmazásban/motivációban, érzelmekben és arousalszint emelkedésében szerepet játszó agyi régiókban, beleértve a ventrális striatumot, a középagyat, az amygdala, az orbitofrontális kéreg és a ventrális mediális prefrontális kéreg területeit. Ezek az agyi struktúrák arról ismertek, hogy más eufóriát kiváltó ingerekre (élvezeti cikkek, ételek...) is aktívak. Kiemelik, hogy a zenét hozzátársíthatjuk a biológiailag releváns ingerekhez, mégpedig azért, hogy közös toborzást mutatnak a jutalmazásban és örömben résztvevő agyi hálózatokkal (Blood & Zatorre, 2001).

Végül egy oktatási példa: (Illusztrációt lásd 4. ábra).

Speciális hallási (zenehallgatási) tapasztalatra az idegi mátrix formálható Suzuki módszerrel, úgynevezett tiszta hanggal való tréningezéssel. A neokortikális szinaptikus mátrixot a specifikus hallási tapasztalatok felhalmozódása alakítja, mely ebben a vizsgálatban az ő csoportjukra volt leginkább jellemző, szemben zenei tréningen részt nem vevő diákokéival (Shahin, Roberts & Trainor, 2004). A szerzők abból a gyakorlatból indultak ki, hogy a hallás által kiváltott agyi potenciálok a neurokortikális érett szinapszisok kialakulásához járulnak hozzá. Ez a folyamat fejlődésünk során 4 és 15 éves korunk között jelenik meg. A kísérletben különböző típusú hangokat, valamint vonós és billentyűs hangszerek úgynevezett tiszta hangjai által kiváltott agyi potenciálokat mérték 4-5 éves korú, Suzuki módszerrel tanuló gyermekek körében, és egy független

kontrollcsoportban. Az inger fizikai tulajdonságára és téri figyelemre érzékeny EEG hullámok minden egyéb hangra megjelentek. Viszont azok a hullámok, amelyek kimondottan a figyelt hang célzott feldolgozására reagálnak, csak akkor jelentkeztek, amikor a hangszerek az úgynevezett tiszta hangot játszották. Ez utóbbi pedig hasonló módot és szintet mutat nem zenészek csoportján mérve 3 és 6 éves kor között. Tehát a kérgi idegi hálózat formálódását az egyre halmozódó specifikus akusztikus élmények felhalmozódása alakítja (Shahin, Roberts & Trainor, 2004).

A zene eszközként való megjelentetése a pedagógia gyakorlatában mára már bevett metódus érzelmi, szociális és kognitív gátak feloldására. Viszont míg a zenepedagógián belül a zenei produktum, interpretáció az elsődleges cél, addig a készségfejlesztés és a zeneterápia a zenei elemeket eszközként, keretként az élmények hitelesítőjeként szerepelteti. Mind a terápia, mind pedig a terápia a személyiséget támogató szolgálatok részei. Így a pedagógus céljának megfelelően szabadidős, szakköri foglalkozások alkalmával használhatja a zeneterápia eszközeit és módszereit (Konta, 2005, 2010; Missura, 2005; Lindenbergné, 2005, Szabadi, 2021).

Összegzésképpen elmondhatjuk, hogy a zenei transzferhatásnak köszönhetően az akusztikus ingerekre az idegi hálózat formálható, és mindez érinti a kognitív, szociális és érzelmi funkcióinkat. A transzferhatás példájaként a zenetanulás jókékonan hat a hallási diszkrimináció, verbalitás, szókincs és a finommotikus készségek fejlődésére (Forgeard at al., 2008). Továbbá a zenei képzés a matematika, téri és vizuális készségek terén nyújt pozitív hatást (Brochard, Dufour & Després (2004). Végül pedig professzionális zenészek csoportján igazolható a magas szintű szinaptikus mátrix a gyorsabb reakcióidő mutatójaként (Wan & Schlaug, 2010). Vagyis a zenetanulás egy komplex multiszenzoros tréning, mely hatás kimutatható a szomatoszenzoros kéregben (Wan & Schlaug, 2010). (Szabadi, 2021).

Felhasznált irodalom:

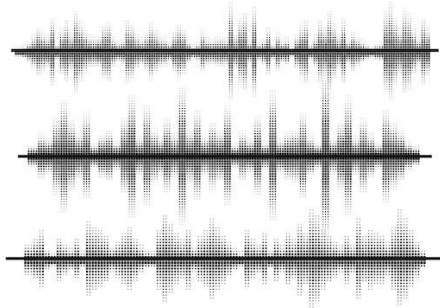
- Besson, M.; Schön, D.; Moreno, S.; Santos, A. & Magne, C. (2007). Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25, 399–410.
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., & Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature neuroscience*, 2(4), 382–387. <https://doi.org/10.1038/7299>
- Brochard, R., Dufour, A., & Després, O. (2004). Effect of musical expertise on visuospatial abilities: Evidence from reaction times and mental imagery. *Brain and Cognition*, 54, 103–109. [https://doi:10.1016/S0278-2626\(03\)00264-1](https://doi:10.1016/S0278-2626(03)00264-1)
- Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological Bulletin*, 115(1), 74–101. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.1.74>
- Forgeard, M., Winner, E., Norton, A., & Schlaug, G. (2008). Practicing a Musical Instrument in Childhood is Associated with Enhanced Verbal Ability and Nonverbal Reasoning. *PLoS ONE*, 3(10), e3566. <https://doi:10.1371/journal.pone.0003566>
- Franklin, M.S.; Rattray, K. Moore, K.S.; Moher, J.; Chun-Yu, Y & Jonides, J. (2008). The effects of musical training on verbal memory. *Psychology of Music*, 2 (18), 1–13. <https://doi.org/10.1177/0305735607086044>
- Janka, Z. (2009). Szt. Gellért Fesztivál [előadás]. „Ének Agykeresőben”: A Zene Idegtudományi Megközelítése. Szeged, <http://www.szentgellertfesztival.hu/>
- Khalfa, S., Schon, D., Anton, J. L., & Liégeois-Chauvel, C. (2005). Brain regions involved in the recognition of

- happiness and sadness in music. *Neuroreport*, 16(18), 1981–1984.
<https://doi.org/10.1097/00001756-200512190-00002>
- Koelsch, S., Gunter, T., Friederici, A. D., & Schröger, E. (2000). Brain indices of music processing: “nonmusicians” are musical. *Journal of cognitive neuroscience*, 12(3), 520–541. <https://doi.org/10.1162/089892900562183>
- Konta, I. (2005). Zene-képzőművészet-mozgásterápiás elemek. In K. E. Lindenbergné (Ed.), *Zeneterápia. Szöveggyűjtemény. Válogatott írások a művészetterápia köréből, a tudomány és a média világából* (pp. 229–235). Pécs: Kulcs a Muzsikához Kiadó.
- Konta, I. (2010). Személyiség és szociáliskészség-fejlesztés zeneterápiás eszközökkel az általános iskolában. In A. Zsolnai & L. Kasik (Eds.), *A szociális kompetencia fejlesztésének elméleti és gyakorlati alapjai* (pp. 233–247). Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Kovacs, Z., Janka, Z., Boncz, I., & Magloczky, E. (1993). Influence of hypnotic trance on emotional experience of music: a quantitative assessment. *Hypnosis connecting discipline*. In Programme (pp. 77–80). 6th European congress of hypnosis in psychotherapy and psychosomatic medicine.
- MacGregor, C., Ruth, N., & Müllensiefen, D. (2023). Development and validation of the first adaptive test of emotion perception in music. *Cognition & emotion*, 1–19. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/02699931.2022.2162003>
- Missura, A. (2005). Zeneterápia – zenei nevelés. In K. E. Lindenbergné (Ed.), *Zeneterápia. Szöveggyűjtemény. Válogatott írások a művészetterápia köréből, a tudomány és a média világából* (pp. 66–77). Pécs: Kulcs a Muzsikához Kiadó.
- Moreno, S.; Marques, C.; Santos, A.; Santos, M.; Castro, S.L. & Besson, M. (2009). Musical Training Influences

- Linguistic Abilities in 8-Year-Old Children: More Evidence for Brain Plasticity. *Cerebral Cortex March*, 19(3),712–723 <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn120>
- Münte, T. F., Altenmüller, E., & Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(6), 473–478. <https://doi.org/10.1038/nrn843>
- Parbery-Clark, A., Skoe, E., & Kraus, N. (2009). Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound. *Journal of Neuroscience*,29(45),14100-14107. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3256-09.2009>
- Shahin, A., Roberts, L. E., & Trainor, L. J. (2004). Enhancement of auditory cortical development by musical experience in children. *Neuroreport*, 15(12), 1917-1921.
- Suda, M., Morimoto, K., Obata, A., Koizumi, H., & Maki, A. (2008). Emotional responses to music: towards scientific perspectives on music therapy. *Neuroreport*, 19(1),75–78. <https://doi.org/10.1097/WNR.ob013e3282f3476f>
- Szabadi, M. (2021). *A szociális kompetencia fejlesztésének lehetősége zeneterápiás eszközökkel a tanító- és tanárképzésben*. ELTE Tanító- és Óvóképző Kar.
- Wan, C. Y., & Schlaug, G. (2010). Music Making as a Tool for Promoting Brain Plasticity across the Life Span. *Neuroscientist*,16(5),566–577. <https://doi.org/10.1177/10738584103778>
- Wong, P. C., Skoe, E., Russo, N. M., Dees, T., & Kraus, N. (2007). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature neuroscience*,10(4),420-422. <https://doi.org/10.1038/nn1872>



1. ábra. A beszéd, nyelv és információfeldolgozás
illusztrációja
(Forrás: Relations Social.
<https://www.freepik.com/psd/relations-social>)



2. ábra. A hangnem és modalitás illusztrációja
(Forrás: Music sound wave equalizer frequency pattern
design set. https://www.freepik.com/free-vector/music-sound-wave-equalizer-frequency-pattern-design-set_13514665.htm)



3. ábra. A zenei élmény illusztrációja.

(Forrás: Musical experience.

<https://www.freepik.com/photos/music-infographic/10>)



4. ábra. A zene és az idegi mátrix formálhatósága.

(Forrás: Extracellular Matrix.

<https://www.freepik.com/free-photos-vectors/extracellul>)