ನರಮಂಡಲದ ನಿರ್ಮಾಣ ಹೇಗೆ ಆಗಿರುತ್ತದೆ

ಸೋನಿಯಾ ಸೇನ್

ಪ್ರಾಣಿಗಳು ತಮ್ಮ ದಿನನಿತ್ಯದ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಾದ ಆಹಾರದ ಹುಡುಕಾಟ, ಶತ್ರುಗಳಿಂದ ರಕ್ಷಣೆ ಅಥವಾ ಭಾವೀ ಸಂಗಾತಿಯ ಹುಡುಕಾಟದಲ್ಲಿ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಪರಿಸರದೊಂದಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ನರಮಂಡಲದ ಪಾತ್ರವಾದರೂ ಏನು? ಈ ಜೀವಾಂಗ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (ವೈಟಲ್ ಆರ್ಗನ್ ಸಿಸ್ಟಮ್) ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆ ಹೇಗೆ ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೇನು ತಿಳಿದಿದೆ?

ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಅತ್ಯಾಕರ್ಷಕ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ ಅವುಗಳ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ವರ್ತನೆ. ಇರುವೆಗಳು ಒಂದರ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಬಾಲದಂತೆ ಸಾಗುವುದು, ಮೀನು ಹಿಡಿಯಲು ಮಿಂಚುಳ್ಳಿಗಳು ಮುಳುಗು ಹಾಕುವುದು, ಹಲ್ಲಿಗಳು ತಮ್ಮ ಬಾಲವನ್ನು ತುಂಡರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು, ಕೋಗಿಲೆಗಳು ಕಾಗೆಗಳನ್ನು ಅಟ್ಟಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವುದು, ಆಕ್ಟೋಪಸ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಬಣ್ಣ ಮತ್ತು ಆಕಾರವನ್ನು ಬದಲಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು, ಜೇಡವು ಬಲೆಯನ್ನು ಹೆಣೆಯುವುದು, ಸಕ್ಕರೆಯ ಕಾರ್ಖಾನೆ ಹತ್ತಿರ ರೈಲು ಬಂದಾಗ ಪ್ರಯಾಣಿಕರು ತಮ್ಮ ಮೂಗು ಮುಚ್ಚಿಕೊಳ್ಳುವುದು......ಇವೆಲ್ಲ ಪ್ರಾಣಿಗಳು ತಮ್ಮ ಆಹಾರದ ಹುಡುಕಾಟಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ, ವೈರಿಗಳಿಂದ ರಕ್ಷಣೆ ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ, ಅನಾರೋಗ್ಯಕಾರಿಯಾದದ್ದರಿಂದ ದೂರ ಹೋಗುವುದಕ್ಕೆ, ಸಂಗಾತಿಯನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಮರಿಗಳನ್ನು ಪೋಷಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮಾಡುವ ರೋಚಕ ಕಾರ್ಯಗಳ ಉದಾಹರಣೆಗಳು.

ನೋಡಲು ಜಟಿಲವೆಂದು ಕಾಣುವ ಈ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವರ್ತನೆಯು ಮೂರು ಹಂತಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ:

1. ಪರಿಸರದ ಸಂವೇದನೆ: ಪ್ರಾಣಿಗಳು ಹಲವಾರು 'ಸಂವೇದನಾ ಪ್ರಚೋದಕಗಳ' (ಸೆನ್ಸರಿ ಸ್ಟಿಮುಲೈ) ಮೂಲಕ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಬೆಳಕು (ಕಣ್ಣಿನ ಮೂಲಕ), ಧ್ವನಿ (ಕೇಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರ ಮೂಲಕ), ಆವಿಯಾಗುವ ಅಥವಾ ಆವಿಯಾಗದ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳು (ವಾಸನೆ ಮತ್ತು ರುಚಿಯ ಮೂಲಕ) ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ (ಮುಟ್ಟುವ ಮೂಲಕ) ಪರಿಸರದ ಸಮೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತವೆ.
2. ಇಂದ್ರಿಯಗಳ ಮೂಲಕ ಗ್ರಹಿಸಿದ ಮಾಹಿತಿಯ ಸಂಸ್ಕರಣೆ: ಪ್ರಾಣಿಗಳು ಒಮ್ಮೆ ಇಂದ್ರಿಯಗಳ ಮೂಲಕ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡ ಮೇಲೆ, ಈ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ ಒಂದು ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ – ಈ ಪರಿಸರ ನನಗೇನಾದರೂ ತೊಂದರೆ

ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆಯೇ, ಇಲ್ಲಿ ಆಹಾರವೇನಾದರೂ ಸಿಗಬಹುದೇ ಅಥವಾ ಸಂಗಾತಿಯೇನಾದರೂ ದೊರಕಬಹುದೇ?

3. ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಿಸುವುದು: ಒಂದು ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬಂದ ಕೂಡಲೇ, ಆ ಪ್ರಚೋದನೆಗೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಪ್ರಾಣಿಗಳು ಸೂಕ್ತ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ – ಅಲ್ಲಿಂದ ದೂರ ಹೋಗಬೇಕೇ, ಅದನ್ನು ತಿನ್ನಬೇಕೇ ಇಲ್ಲವೇ ಅದನ್ನು ಕೂಡಬೇಕೇ!

ಪ್ರಾಣಿ ಮತ್ತು ಪರಿಸರದ ನಡುವಿನ ಇಂತಹ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ನರಮಂಡಲವು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ನರಮಂಡಲವೆಂದರೆ ಏನು?

ಅನೇಕ ಬಹುಕೋಶೀಯ ಜೀವಿಗಳು, ಅಂದರೆ ಲೋಳೆಮೀನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಮನುಷ್ಯನವರೆಗೆ ಜೀವಿಗಳು, ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ರೀತಿಯ ನರಮಂಡಲವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಅತಿ ಸರಳವಾಗಿದ್ದರೆ ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಜಟಿಲತೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಹೊರತಾಗಿಯೂ, ಅವುಗಳ ನರಮಂಡಲವು ಬಹುಪಾಲು ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಜೀವಕೋಶಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದು, ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಕಾರ್ಯವನ್ನೂ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

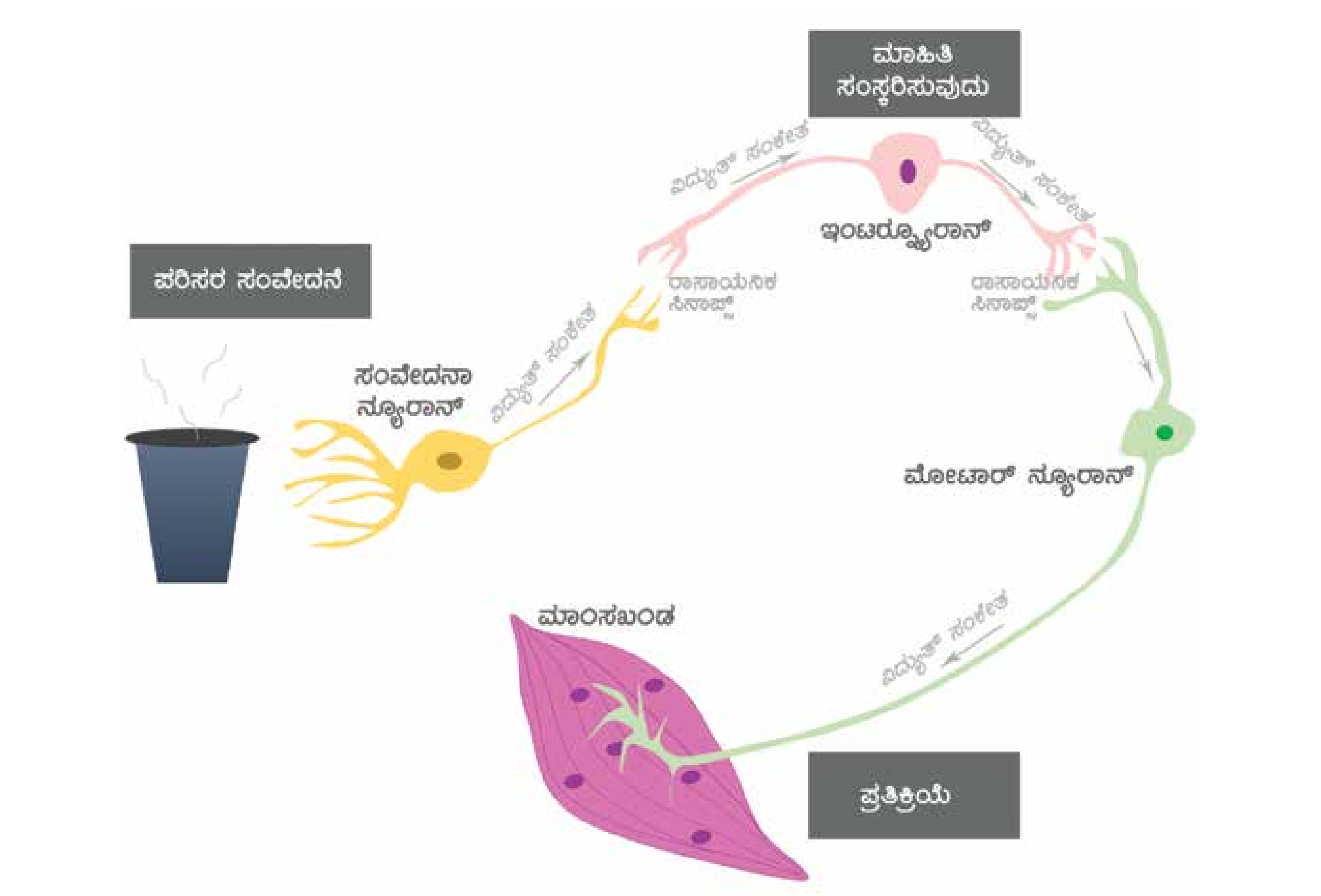
ಜೀವಿಗಳೊಳಗೆ ನರಮಂಡಲವು ಸಂಪರ್ಕಜಾಲದಂತೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ 'ಜಾಲ'ವು ವಿಶೇಷ ಜೀವಕೋಶಗಳಾದ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ ಮೂಲಕ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದು ಅವು ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬೆಸೆದುಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೆಂದರೆ ಒಂದು ಕೊನೆಯಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆ ತಲುಪಬಲ್ಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕಲ್ (ವಿದ್ಯುತ್) ಸಂದೇಶಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಮತ್ತೊಂದು ನ್ಯೂರಾನ್ ಅದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಪುನಃ ಅದನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂದೇಶವನ್ನಾಗಿ ಮರುಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಎರಡು ನ್ಯೂರಾನ್ (ನರಕೋಶ)ಗಳ ಮಧ್ಯೆ ನಡೆಯುವ ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂವಹನವನ್ನು 'ಸಿನಾಪ್ಸ್' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ರವಾನಿಸಬಲ್ಲ ನ್ಯೂರಾನಿನ ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದಲೇ ನಾವು ಬಿಸಿ ಬಿಸಿ ಕಾಫಿಯ ಲೋಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ ಕೂಡಲೇ ನಮ್ಮ ಕೈಗಳನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ: ನಿಮ್ಮ ಕೈಯಲ್ಲಿರುವ ಸಂವೇದನಾ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಬಿಸಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತವೆ, ತಕ್ಷಣವೇ ಇಂಟರ್‌ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ರವಾನಿಸುತ್ತವೆ, ಇವು ನಿಮ್ಮ ಕೈನ ಮಾಂಸಖಂಡಗಳಿಗೆ ಹಿಂದಕ್ಕೆಳೆಯಲು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. (**ಚಿತ್ರ** 1 ರಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ).

ನಿಮಗೆ ಇದೊಂದು ಸರಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲ(circuit) ದಂತೆ ಕಾಣಿಸುವುದಿಲ್ಲವೇ? ಇದೊಂದು ಅತಿ ಸರಳ ವರ್ತನೆಗೆ ಕೇವಲ ಮೂರು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನಷ್ಟೇ ಹೊಂದಿರುವ ಅತಿ ಸರಳ ಮಂಡಲವಾಗಿದ್ದು, ಇದಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾದ, ಹೆಚ್ಚು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮಂಡಲಗಳೂ ಇವೆ. ಇಂತಹ ಮಂಡಲಗಳು ಇನ್ನಷ್ಟು ಜಟಿಲವಾಗಿದ್ದು, ಅತಿ ಸರಳವಾದ ನರಮಂಡಲಗಳಿಗೂ ಬೃಹದಾಕಾರದ ಆಯಾಮವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಅತಿ ಸರಳವಾದ ಈ ಮಂಡಲದಲ್ಲೂ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಮೂರು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿರುವುದನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು. ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತೊಂದು ಅದ್ಭುತ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಅತ್ಯಂತ ವೈವಿಧ್ಯಮಯವಾಗಿದ್ದು ಆಕರ್ಷಕ ರೂಪ ಮತ್ತು ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ !

ಶತಮಾನಗಳಿಂದಲೂ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನರಮಂಡಲದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಯಲು ಏಕೆ ಆಸಕ್ತರಾಗಿದ್ದಾರೆ ಎಂಬುದು ನಮಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದರ ಜೊತೆ ಮತ್ತೊಂದು ಹೇಗೆ ಮಾತನಾಡುತ್ತವೆ? ವಿಭಿನ್ನ ನಡವಳಿಕೆಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಮಂಡಲಗಳು ಯಾವುವು? ಈ ಮಂಡಲಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಹೇಗೆ? ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ನೆನಪುಗಳು ಹೇಗೆ ಸಂಗ್ರಹಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ?....ಇಂತಹ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಅಸಂಖ್ಯಾತ! ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಜನರು ಇವುಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಸಾಕಷ್ಟು ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದು ಇದರಿಂದ ಹಲವಾರು ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಸಂಗತಿಗಳು ನಮಗೆ ತಿಳಿದು ಬಂದಿವೆ.

ನರಮಂಡಲದ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಹಲವು ಮಾರ್ಗಗಳು

ನರಮಂಡಲ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹಲವಾರು ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಬಳಸಿದ್ದಾರೆ. ಸ್ಕ್ವಿಡ್ (Squid) ಗಳೆಂಬ ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಸಮುದ್ರ ಜೀವಿಯ 'ದೈತ್ಯ' ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ ಮುಖಾಂತರ ನಾವು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ ಕೋಶ ಪೊರೆಯ (ಸೆಲ್ ಮೆಂಬ್ರೇನ್) ಮೂಲಕ ಪ್ರೋಟೀನ್‌ಗಳು ಹೇಗೆ ಅಯಾನ್ ವಿನಿಮಯವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಹೇಗೆ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚೋದಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿ, ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ನಾವು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ[1]. ಒಂದೊಂದೂ ನ್ಯೂರಾನ್ ಹೇಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಪರ್ಕಗೊಂಡಿದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣ ನರಮಂಡಲದ ಮಂಡಲ ಚಿತ್ರ (circuit diagram) ವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿದ್ದಾರೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈಗ ನಮಗೆ *ಸೀನೋರಾಬ್ಡೈಟಿಸ್ ಎಲಿಗಾನ್ಸ್*[2] ಎಂಬ ಹುಳು ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಗಟ್[3] (ಫ್ರೂಟ್ ಫ್ಲೈ– ಹಣ್ಣುನೊಣ *ಡ್ರೋಸೋಫಿಲ ಮೆಲನೋಗ್ಯಾಸ್ಟರ್*‌ನ ಮರಿಹುಳು) ಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ನರಮಂಡಲದ ಮಂಡಲ ಚಿತ್ರಗಳು ನಮಗೆ ಲಭ್ಯವಿವೆ. ಇವು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 302



ಚಿತ್ರ 1. ಪ್ರಾಣಿಗಳು ನರಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ ಪರಿಸರದೊಂದಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ ಅಥವಾ ಒಡನಾಟವನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತವೆ. ನಿಮ್ಮ ಬೆರಳನಲ್ಲಿರುವ ಸಂವೇದನಾ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಕಾಫಿಯ ಲೋಟವು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತವೆ. ತಕ್ಷಣವೇ ಅದು ಈ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಬೆನ್ನು ಹುರಿ (ಸ್ಪೈನಲ್ ಕಾರ್ಡ್)ಗೆ ರವಾನಿಸುತ್ತದೆ, ಅಲ್ಲಿ ಅದು ಸಂಸ್ಕರಣಗೊಂಡು ಇಂಟರ್‌ನ್ಯೂರನ್‌ಗೆ ತಲುಪುತ್ತದೆ. ಇದು ಕೈನ ಮಾಂಸಖಂಡದಲ್ಲಿರುವ ಮೋಟಾರ್ ನ್ಯೂರಾನನ್ನು ಸಕ್ರಿಯಗೊಳಿಸಿ ಅದು ಕೈಯನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆಳೆಯುವಂತೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಸಂವಹನ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸಿನಾಪ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಿದ್ದು, ಇವೆಲ್ಲವೂ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳಾದ 'ನ್ಯೂರೋಟ್ರಾನ್ಸ್ಮಿಟ್ಟರ್'ಗಳ ಮೂಲಕ ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಇತರೆ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಈ ರಾಸಾಯನಿಕಗಳು ಸಕ್ರಿಯ ಅಥವಾ ನಿಷ್ಕ್ರಿಯಗೊಳಿಸಬಲ್ಲವು. ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಪಡೆಯುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂದೇಶಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂದೇಶಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಅದು ನ್ಯೂರಾನಿನ ಒಂದು ಕೊನೆಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಗೆ ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ತಲಪುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಮೂರು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ ನೀವು ಬಿಸಿ ಕಾಫಿ ಲೋಟದಿಂದ ನಿಮ್ಮ ಕೈಗಳನ್ನು ಅತಿ ಬೇಗ ಹಿಂದಕ್ಕೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೀರಿ.

ಮತ್ತು 10,000 ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಮನುಷ್ಯ ಮತ್ತು ಇಲಿಗಳ ಮೆದುಳಿನ ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಇದೇ ರೀತಿ ಮಂಡಲ ಚಿತ್ರ ರಚಿಸಲು ವ್ಯಾಪಕ ಅಧ್ಯಯನಗಳು ಪ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿವೆ[14]. ಇಲಿಗಳಲ್ಲಿ ಸರಿಸುಮಾರು 70 ದಶಲಕ್ಷ ನ್ಯೂರಾನ್ ಮತ್ತು ಮಾನವನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 80 ಶತಕೋಟಿ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವ ಕಾರಣ ಈ ಪುನಾರಚನೆಯ ಅಧ್ಯಯನ ನಿಜಕ್ಕೂ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಸವಾಲಾಗಿದೆ!

ಇಂತಹ ಸಂಪೂರ್ಣ ಮಂಡಲ ಚಿತ್ರದೊಳಗೆ ಕಾರ್ಯತಃ ಅತಿ ಪ್ರಮುಖವಾದ 'ಉಪಮಂಡಲ'ಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಕೆಲಸದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈಗ ತೊಡಗಿದ್ದಾರೆ– ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮೂರು ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಬಿಸಿ ಕಾಫಿ ಲೋಟದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಬರುವ ಮಂಡಲವು ಕಾರ್ಯನಿರತ ಮಂಡಲವಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಜಟಿಲ ನಡವಳಿಕೆಗಳು ಇನ್ನಷ್ಟು ಜಟಿಲ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಾರಣ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂರಾನಿಗೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕಲ್ ಪ್ರೋಬ್‌ಗಳನ್ನು ಇಳಿಸಿ ಅವುಗಳ ಇಡೀ ಕಾರ್ಯನಿರತ ಮಂಡಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಅತಿ ಕಷ್ಟಕರ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿದ್ದಾರೆ. ಇಂತಹ ಅಧ್ಯಯನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಪ್ರಯತ್ನ ಜಿಗಣೆಗಳ ಈಜು ವರ್ತನೆಯ ನಿಯಂತ್ರಣದ ಪರಿಪೂರ್ಣ ಮಂಡಲದ ಅತಿ ಸುಂದರ ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ನೀಡಿತ್ತು[5]. ಇದು ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯದಂತೆ ಕಂಡುಬಂದರೂ, ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲ ನಡವಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ನ್ಯೂರಲ್ ವೈರಿಂಗ್ ಮಂಡಲವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ

ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಇಮ್ಮಡಿಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಹೊಸ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯಿಂದ ನಾವು ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿರುವ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ನೋಡುವುದರ ಜೊತೆಗೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂರಾನಿನ ಮೇಲೆ ಕೇವಲ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವನ್ನು ಹರಿಸಿ ಅಥವಾ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಏರುಪೇರು ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ನಿಷ್ಕ್ರಿಯಗೊಳಿಸಬಹುದು ಅಥವಾ ಮತ್ತೆ ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿಸಲೂಬಹುದು[6,7]! ಇದರಿಂದ ನಾವು ಅತ್ಯಂತ ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗಿರುವ ನರಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಮತ್ತಷ್ಟು ಜಟಿಲವಾದ ಕಾರ್ಯನಿರತ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಹುದು ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಪ್ರಾಣಿಗಳು ಹೇಗೆ ವಾಸನೆಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತವೆ, ದೃಶ್ಯಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಂಸ್ಕರಿಸುತ್ತವೆ, ರುಚಿ, ಹಾರಾಟ, ಓಡಾಟ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲ ನಡವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಮತ್ತು ಒಂದರ ಜೊತೆ ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಹೋಲಿಸಲೂಬಹುದು!

ಮೆದುಳಿನ ನಿರ್ಮಾಣ ಹೇಗೆ ಮಾಡಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಹಣ್ಣುನೊಣ (ಫ್ರೂಟ್ ಫ್ಲೈ) ಗಳು ನಮಗೆ ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತವೆ.

ನರಮಂಡಲದ ವೈರಿಂಗ್‌ನಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ತೊಂದರೆಯೂ ಉಂಟಾಗದಂತೆ ಜಟಿಲ ಮಂಡಲಗಳು ಹೇಗೆ ನಿರ್ಮಾಣಗೊಂಡಿವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧಾನವಿದೆ. ಈ ಹಿಂದೆ ನೋಡಿದ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ, ಸಕ್ಕರೆ ಕಾರ್ಖಾನೆ ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ರೈಲಿನಲ್ಲಿದ್ದ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯಾಣಿಕರು ತಮ್ಮ ಮೂಗನ್ನು ಮುಚ್ಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ ಎಂದರೆ ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಮಂಡಲವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಾರೆ ಎಂದರ್ಥ. ಅಂದರೆ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನಲ್ಲಿ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಹೇಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿವೆಯೋ ಅದೇ ರೀತಿ ಇನ್ನೊಬ್ಬರಲ್ಲೂ ಇರುವುದಾದರೆ, ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರಲ್ಲೂ ಇಂತಹುದೇ ಮಂಡಲಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವನ್ನು ಪುನರಾವರ್ತಿಸಲು ಯಾವುದೋ ಒಂದು ನಿಯಮವಂತೂ ಇರಲೇಬೇಕಲ್ಲವೇ. ಈ ನರಮಂಡಲದ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಸಂಕೀರ್ಣ ಮಂಡಲಗಳಿಗೆ ಸೂಚನೆಗಳನ್ನು ನೀಡುವ ನಿಯಮಗಳಾದರೂ ಯಾವುವು?

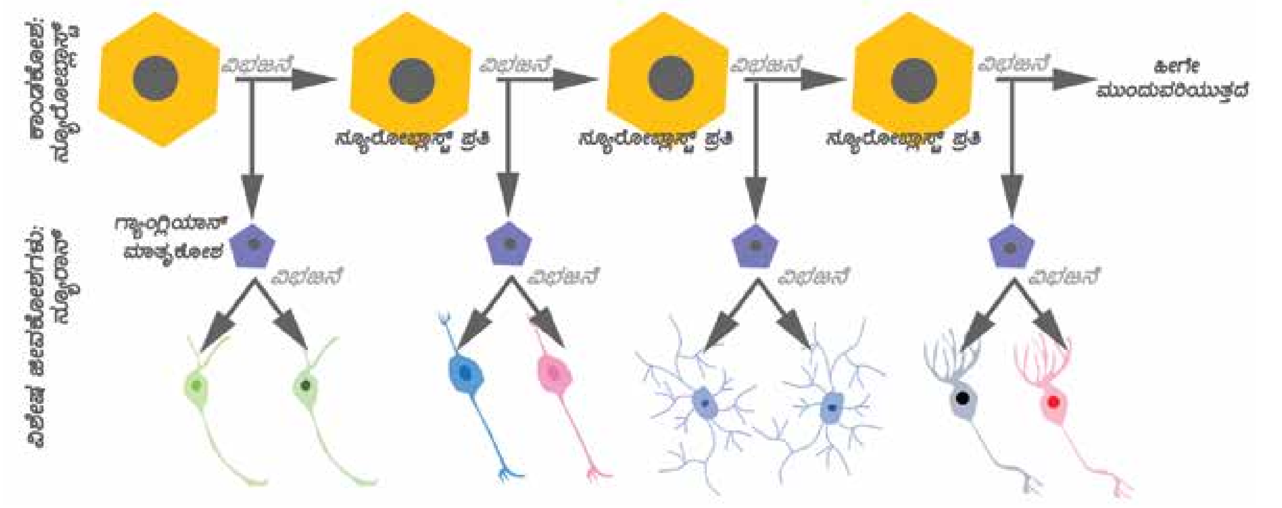
ಕಳೆದೆರಡು ದಶಕಗಳಿಂದ ಈ ಪಕ್ರಿಯೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಈ ತಿಳುವಳಿಕೆ ನಮಗೆ ಮನುಷ್ಯರಿಂದ ಬರದೇ, ಉಳಿದ ಪ್ರಾಣಿಗಳಾದ ಇಲಿ, ಮೀನು, ಹಣ್ಣುನೊಣ ಮತ್ತು ಹುಳಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಈ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ನರಮಂಡಲ ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿದ್ದರೂ, ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಸಾಮ್ಯತೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಈ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದರಲ್ಲಿ ಮೂರ್ತಿ ಚಿಕ್ಕದಾದರೂ ಪ್ರಪಂಚದಾದ್ಯಂತ ಕೇವಲ ಅಡುಗೆಮನೆಯಲ್ಲಿ ಹಾರಾಡುವ ಕೀಟವೆಂದೇ ಗೌಣವಾದ ಅತಿ ವಿನಮ್ರ ಹಣ್ಣುನೊಣದ ಕೊಡುಗೆ ಅಪಾರವಾಗಿದೆ!

100,000 ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಯಸ್ಕ ನೊಣದ ನರಮಂಡಲವು ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗಿದೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಅದರ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಜಟಿಲವಾದ ಸಂಪರ್ಕಜಾಲವು ಅದರ ನಿರ್ಮಾಣ ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ಯಾವುದೇ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಲ್ಲವೇನೋ ಎಂದು ಕಂಡುಬಂದರೂ, ಅಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನಿಯಮಗಳು ಅದರಲ್ಲೂ ಅತಿ ಸರಳ ನಿಯಮಗಳು **ಇರುವುದಾಗಿ** ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ! ಹಾಗಾದರೆ ಏಕಕೋಶವಾದ ಅದರ ಮೊಟ್ಟೆಯು ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ರೀತಿ ಮತ್ತು ಆಕಾರವುಳ್ಳ 100,000 ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಹೇಗೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸರಿಯಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ?

ನ್ಯೂರಲ್ ಕಾಂಡಕೋಶ (ಸ್ಟೆಮ್ ಸೆಲ್) ಗಳ ತಯಾರಿಕೆ

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ನೊಣದ ಭ್ರೂಣವು ಮೊದಲಿಗೆ ಕಾಂಡಕೋಶಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುತ್ತದೆ. ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭ್ರೂಣದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಂಗಾಂಶವು ತಾವು ತಯಾರಿಸುವ ಕೋಶಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಇರುವ ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಉಪಾಯವೇ ಕಾಂಡಕೋಶಗಳು. ಏಕೆಂದರೆ ಕಾಂಡಕೋಶಗಳು ಎರಡು ಕೋಶಗಳಾಗಿ ವಿಭಜನೆಗೊಂಡಾಗ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಕೋಶ ವಿಶೇಷ ಕೋಶವಾಗಿ ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತೆ ಇನ್ನೊಂದು ಕೋಶ ಕಾಂಡಕೋಶದ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕಾಂಡಕೋಶಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ವಿಶೇಷ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ತಮ್ಮ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಾ ಬರುತ್ತವೆ. ನೊಣದ ಭ್ರೂಣದಲ್ಲಿ ನರಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಕಾಂಡಕೋಶಗಳನ್ನು 'ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಈ ವಿಶೇಷ ಕೋಶ ('ಗಾಂಗ್ಲಿಯಾನ್ ಮದರ್ ಸೆಲ್') ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ವಿಭಜನೆಗೊಂಡು ಎರಡು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತದೆ. ಈ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ವಿಭಜನೆಗೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ಪ್ರತಿ ಬಾರಿ ವಿಭಜನೆಗೊಂಡಾಗಲೂ, ಎರಡು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತದೆ (**ಚಿತ್ರ 2**ರಲ್ಲಿ ನೋಡಿ).

ಭ್ರೂಣದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಆರಂಭಿಕ ಹಂತದಲ್ಲಿಯೇ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳ ರಚನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹಣ್ಣುನೊಣದ ಜೀವನ ಚಕ್ರದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟೆಯಿಂದ ಮೊದಲು ಮರಿಹುಳು, ನಂತರ ಪೊರೆಹುಳುವಾಗಿ ರೂಪಾಂತರಗೊಂಡು ಪರಿಪೂರ್ಣ ನೊಣವಾಗಲು ಹತ್ತು ದಿನಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯ ದಿನ, ಮೊಟ್ಟೆಯು ಟೊಳ್ಳಾದ ರಗ್ಬಿ ಚೆಂಡಿನಂತಿದ್ದು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಜೀವಕೋಶಗಳು ಒಂದೇ



ಚಿತ್ರ 2. ಕಾಂಡಕೋಶಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆ. ಕಾಂಡಕೋಶಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮತ್ತು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಜೀವಕೋಶಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದರಿಂದ ಹಲವಾರು ಅಂಗಾಂಶಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂಡಕೋಶಗಳು ಅಸಮ್ಮಿತೀಯ (Assymetrically) ವಾಗಿ ವಿಭಜನೆಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ: ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೋಶ ವಿಶೇಷವಾಗಿದ್ದು ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಂಡಕೋಶದಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ನೊಣದ ನರಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ ಕಾಂಡಕೋಶವೇ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್; ಅದು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಾರಿ ವಿಭಜನೆಗೊಂಡಾಗಲೂ ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುವ ವಿಶೇಷ ಕೋಶ (ಗಾಂಗ್ಲಿಯಾನ್ ಮದರ್ ಸೆಲ್) ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ವಿಭಜನೆಗೊಂಡು ಎರಡು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ಮೇಲಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ನಾಲ್ಕು ವಿಭಜನೆಗಳಲ್ಲಿ ಎಂಟು ನ್ಯೂರಾನ್ ನೀಡಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.

ಪದರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವರೆದಿರುತ್ತವೆ. ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಜೀವಕೋಶಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ಭ್ರೂಣದ ಒಳಗೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವ ಜೀವಕೋಶಗಳೇ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು. ಭ್ರೂಣದುದ್ದಕ್ಕೂ ಸುಮಾರು 500 ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ರೂಪುಗೊಂಡು, ಇವೆಲ್ಲವೂ ಸೇರಿ ನೊಣದ 100,000 ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ನ್ಯೂರಾನಿನ ನರಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸುತ್ತವೆ!

ಇಂತಹ ಕೆಲವೇ ಕೆಲವು ಜೀವಕೋಶಗಳು ಹೇಗೆ ಇಷ್ಟೊಂದು ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ?

ವಿವಿಧ ಬಗೆಯ ನ್ಯೂರಾನುಗಳ ರಚನೆ

ಇದನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಲು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ಎರಡು ಕೆಲಸಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಮೊದಲಿಗೆ, ಪ್ರತಿ ಬಾರಿ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ವಿಭಜನೆಗೊಂಡಾಗಲೂ ಅದು ವಿವಿಧ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತದೆ (ಮೇಲಿಂದ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಬದಲಾಗಿ) ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, 500 ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದೂ ವಿವಿಧ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ ಜೊತೆಯನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತವೆ[3] (**ಚಿತ್ರ** 3ರಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ).

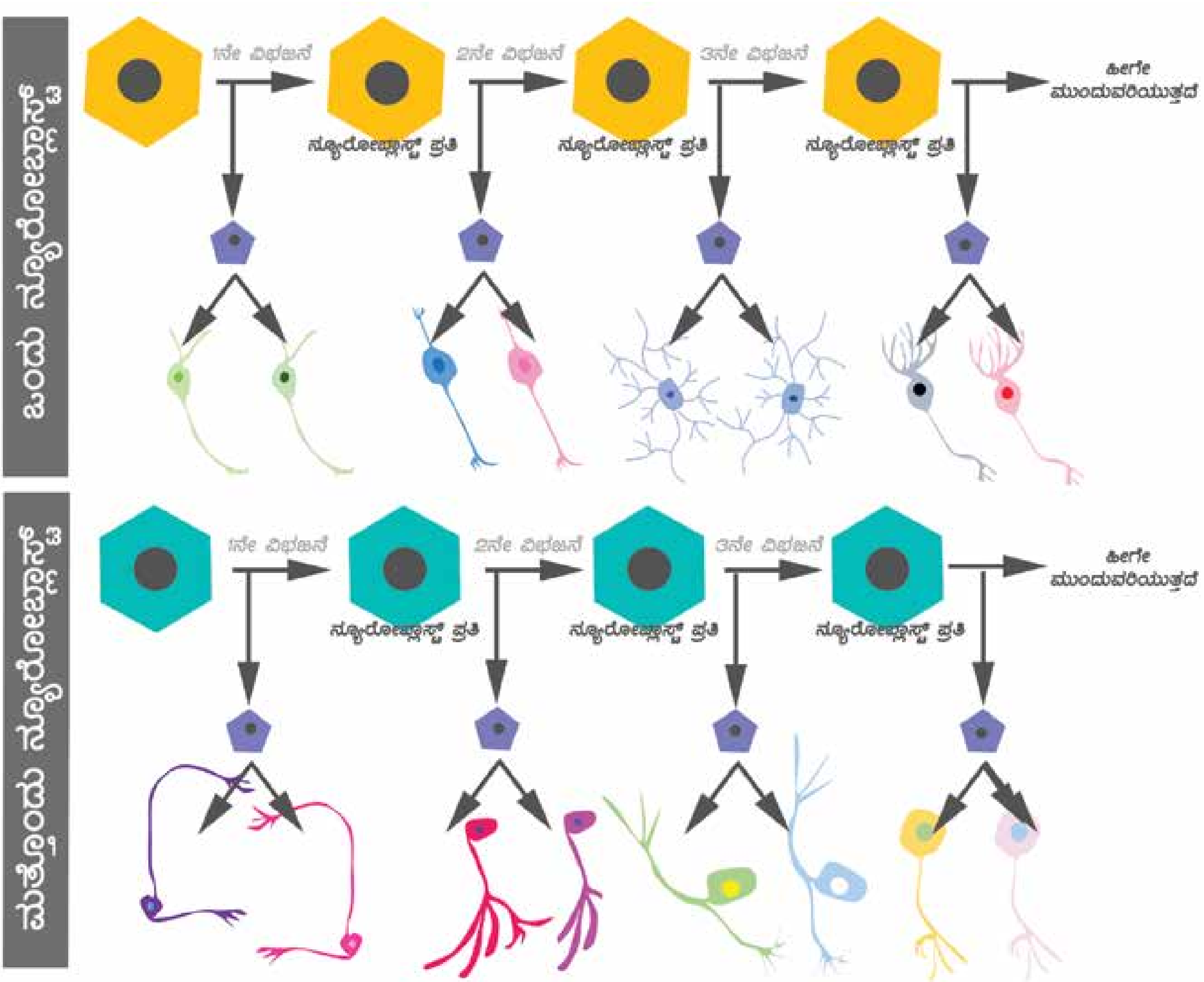
ಆದರೆ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಹೇಗೆ ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತವೆ? ಮತ್ತು ಸಮಯಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಅವು ಹೇಗೆ ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ?

ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ಫೋನ್ ನಂಬರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸರಿಸಮನಾದ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಫೋನ್ ನಂಬರ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತಾನೆ, ನೀವು ಆ ನಂಬರಿಗೆ ಫೋನ್ ಮಾಡಿದ ಕೂಡಲೇ ಅದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಅದೇ ಮನುಷ್ಯನಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ – ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಫೋನ್ ನಂಬರ್ ಆತನ ಅನನ್ಯವಾದ ಗುರುತಿನ ಸಂಕೇತವಾಗಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ಕೂಡ ತನ್ನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರುವ ಇನ್ನಿತರ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಇರದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಜೀನ್ ಸಂಕೇತಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಕ್ರಿಯಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಸಮಯಕ್ಕನುಗುಣವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಆಸಕ್ತಿದಾಯಕ ಕಾರ್ಯತಂತ್ರವೊಂದಿದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ತನಗೆ ವಯಸ್ಸಾದಂತೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಗೆಯ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಜನ್ಮ ನೀಡುತ್ತದಾದಲ್ಲಿ, ಅದಕ್ಕೆ 'ಕಾಲಗಣನೆ' ಮಾಡಲು ಒಂದು ವಿಧಾನ ಇರಲೇಬೇಕು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದು 'ಆಣ್ವಿಕ ಗಡಿಯಾರ'ದ ಮೂಲಕ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ಇದೇ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ! ಕಾಲಾನುಸಾರವಾಗಿ, ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲಾಗಿರುವ ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ಜೀನ್‌ಗಳನ್ನು ಆನ್ ಮತ್ತು ಆಫ್ (ಸಕ್ರಿಯ ಮತ್ತು ನಿಷ್ಕ್ರಿಯ) ಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ಈ ಆಣ್ವಿಕ ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಜೀನ್1, ಜೀನ್ 2ನ್ನು ಆನ್ ಮಾಡಿ ತಾನೇ

ಆಫ್ ಆಗುತ್ತದೆ; ಜೀನ್ 2, ಜೀನ್ 3ನ್ನು ಆನ್ ಮಾಡಿ ತಾನೇ ಆಫ್ ಆಗುತ್ತದೆ... ಹೀಗೆ ಸರಣಿ ಮುಂದೆ ಸಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದಾದ ನಂತರ ಒಂದು ಜೀನ್ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಆನ್ ಆಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತವೆ — ಮೊದಲು ಜೀನ್ 1, ನಂತರ ಜೀನ್ 2, ಅನಂತರ ಜೀನ್ 3.... ಹೀಗೆ. ಈಗ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್, ಜೀನ್ 1 ರ 'ಕಾಲಗವಾಕ್ಷಿ' (ಟೈಮ್ ವಿಂಡೋ) ಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಅದು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ನ್ಯೂರಾನನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತದೆ ಬದಲಾಗಿ ಅದು ಜೀನ್ 4ರ 'ಕಾಲಗವಾಕ್ಷಿ'ಯಲ್ಲಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅದು ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯ ನ್ಯೂರಾನನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತದೆ, ಇದು ಹೀಗೆ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಮಾದರಿಯವಾಗಿದ್ದ ಕೆಲವೇ ಕೆಲವು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಆಣ್ವಿಕ ಗುರುತಿನ ಸಂಕೇತ (ಮಾಲಿಕ್ಯುಲಾರ್ ಐಡೆಂಟಿಟಿ ಕೋಡ್ಸ್) ಗಳನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ (ತನ್ನಲ್ಲಿ ಸಕ್ರಿಯಗೊಳ್ಳುವ ಜೀನ್‌ಗಳ **ಸಂಯೋಜನೆ**) ಮತ್ತು ಇದು ಅವುಗಳನ್ನು ಉಳಿದವುಗಳಿಗಿಂತ ವಿಶಿಷ್ಟವನ್ನಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ,



ಚಿತ್ರ 3. ಕಾಂಡಕೋಶಗಳ ಅತಿ ಚಿಕ್ಕ ಗುಂಪಿನಿಂದ ಅನೇಕ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಮೆದುಳಿನಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾಂಡಕೋಶದಲ್ಲೂ ಅನನ್ಯವಾದ ವಂಶವಾಹಿನಿ (ಜೀನ್) ಸಂಯೋಜನೆಗಳು ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿದ್ದು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕೋಶವನ್ನೂ ಅದು ಅನನ್ಯವಾಗಿಸುತ್ತದೆ– ಗುರುತಿನ ಕೋಡ್‌ನಂತೆ. ಮೇಲ್ಕಂಡ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣದ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳ ಮೂಲಕ ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿರುವ ಕಾರಣ ಅವು ಅನನ್ಯವಾದ ನ್ಯೂರಾನ್ ತಂಡವನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತವೆ. ಈ ಗುರುತಿನ ಕೋಡ್‌ಗೂ ಮಿಗಿಲಾಗಿ, ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ನಲ್ಲಿಯೂ ಅತಿ ನಿಖರವಾದ ಜೀನ್‌ಗಳ ಇನ್ನೊಂದು ಅನುಕ್ರಮ ಸಕ್ರಿಯಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಅನುಕ್ರಮವು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳಿಗೆ 'ಸಮಯವನ್ನು ನಿಗದಿ'ಗೊಳಿಸುವಂತೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಅದು ವಿವಿಧ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನೀವು ಕಾಣುವಂತೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಭಜನೆಯ ನಂತರ, ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ 'ಐಡೆಂಟಿಟಿ ಜೀನ್' ಮತ್ತು 'ಟೈಮ್ ಜೀನ್'ಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಕೆಲವೇ ನೂರು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ಸಾವಿರಾರು ವೈವಿಧ್ಯಮಯವಾದ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ!

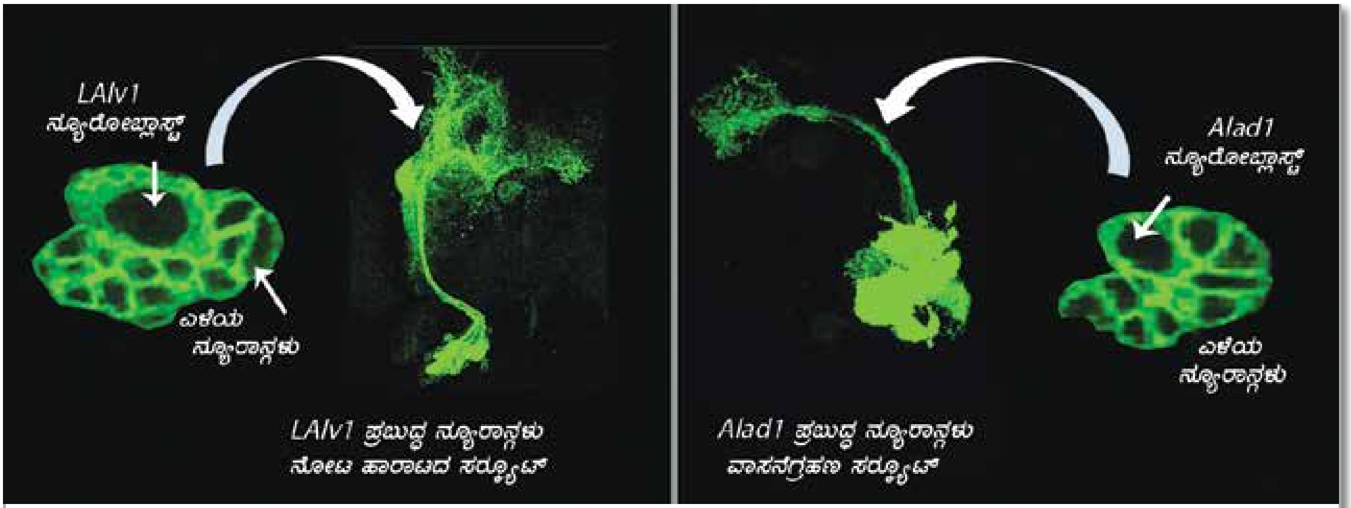
ಒಂದು ಆಣ್ವಿಕ ಗಡಿಯಾರವು (ಸಕ್ರಿಯಗೊಳ್ಳುವ ಜೀನ್ **ಸರಣಿ**) ಅವು ಕಾಲಾನುಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ[8]. ಕಾಲಾವಕಾಶ ಮತ್ತು ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಜೀನ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಕೆಲವೇ ಕೆಲವು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ಗಳು ಮೆದುಳಿನಲ್ಲಿ ಅದ್ಭುತವಾದ ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತವೆ!

ಮೆದುಳಿನ ಮಾಡ್ಯೂಲ್‌ಗಳು

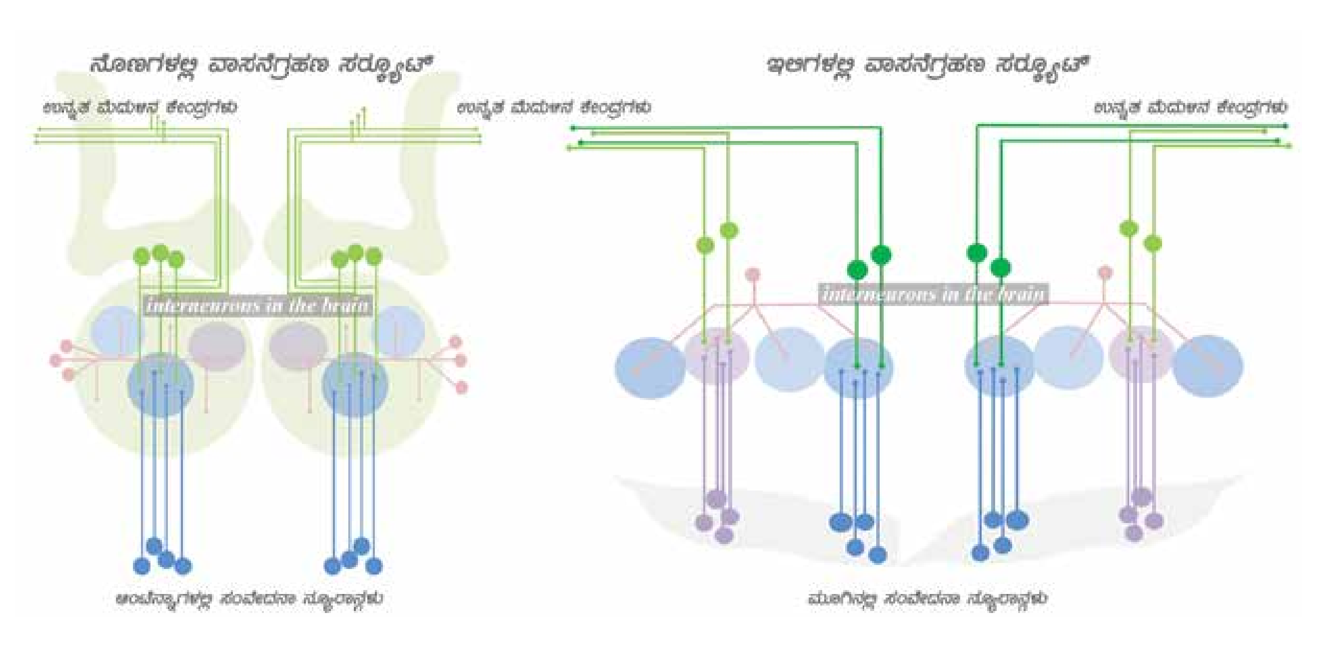
ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅಧ್ಯಯನಗಳಿಂದ ಹೊರಬಂದಿರುವ ಬಲು ಸುಂದರ ತತ್ವವೇನೆಂದರೆ ಮೆದುಳು ಬಿಡಿ ತುಂಡುಗಳಾಗಿ ನಿರ್ಮಾಣಗೊಳ್ಳದೇ, ಮಾಡ್ಯೂಲ್‌ಗಳಾಗಿ (ಘಟಕದಂತೆ) ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ನಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಉಳಿಯುವತ್ತ ಒಲವು ತೋರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮೆದುಳಿನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ರೀತಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಉಪಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೊಣದ ಮೆದುಳಿನಲ್ಲಿರುವ 'ALad1' ಎನ್ನುವ ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ಸುಮಾರು 120 ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇವೆಲ್ಲವೂ ಆ ನೊಣದ ವಾಸನೆಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಉಪಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೇ, 'LALv1' ಎನ್ನುವ ಮತ್ತೊಂದು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ ನೊಣಗಳು ಹಾರಾಡುವಾಗ ಅದರ ಕಣ್ಣೋಟದ (ದೃಶ್ಯ) ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವ ಉಪಮಂಡಲಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸುಮಾರು 150 ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತದೆ[9]. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ನೊಣದ ಮೆದುಳಿಗೆ ಅದರ 100,000 ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಿಸುವ ನರತಂತುಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ಕಾರ್ಯ ತಂತ್ರದ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲ. ಕೇವಲ 500 ನ್ಯೂರಾನ್ ಮಾಡ್ಯೂಲ್‌ಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ಕಾರ್ಯ ತಂತ್ರ ಸಾಕು. ಇದು ಸಂಪರ್ಕ ತಂತುಗಳ (ವೈರಿಂಗ್) ಸಮಸ್ಯೆಯ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಅನೇಕ ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ (**ಚಿತ್ರ 4**ನ್ನು ನೋಡಿರಿ)!

ವಿವಿಧ ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸಾಮ್ಯತೆ

ಈ ವಿಷಯಗಳು ಕೇವಲ ನೊಣಗಳಿಗಷ್ಟೇ ಸೀಮಿತವಾಗಿವೆಯೇ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ವಿಶಾಲ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆಯೇ? ಪ್ರಪಂಚದಾದ್ಯಂತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕೈಗೊಂಡ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನೊಣಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಇತರೆ ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟ. ಆದರೆ ಮನುಷ್ಯನನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿ ಇರುವೆ, ಇಲಿ, ಜೇನ್ನೊಣ, ಮೀನುಗಳ ಮೇಲಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಬಂದಿರುವ ಮಾಹಿತಿಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿರುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ತತ್ವವನ್ನು ಆಧರಿಸಿವೆ. ಅಂದರೆ ನರಮಂಡಲ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ನರದ (ನ್ಯೂರಲ್) ಕಾಂಡಕೋಶಗಳು ಆಣ್ವಿಕ ಸಂಕೇತ ಮತ್ತು ಆಣ್ವಿಕ ಗಡಿಯಾರದ ಸಹಕಾರದ ಮೂಲಕ ವಿವಿಧ ಬಗೆಯ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹುಟ್ಟುಹಾಕುತ್ತವೆ; ಮತ್ತು ಇವೆಲ್ಲವನ್ನು ಮಾಡ್ಯೂಲ್‌ಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮಾಡುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಸಾಕಷ್ಟು ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಜೀನ್‌ಗಳೂ ಸಹ ಒಂದೇ ಆಗಿವೆ!



ಚಿತ್ರ 4. ಮೆದುಳು ಘಟಕಗಳಾಗಿ (module) ನಿರ್ಮಾಣಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್ (ದೊಡ್ಡ ಜೀವಕೋಶ) ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರುವ ಹಲವಾರು ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳ (ಚಿಕ್ಕ ಜೀವಕೋಶ) ಸರಣಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಅವೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುವ ಮಂಡಲವಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 'LALv1' ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ನಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಎಲ್ಲಾ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ನೊಣಗಳು ಹಾರಾಡುವಾಗ ಅದರ ದೃಶ್ಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಸಂಸ್ಕರಿಸಬಲ್ಲ ಮಂಡಲದೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ; ALad1 ನ್ಯೂರೋಬ್ಲಾಸ್ಟ್‌ನಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಎಲ್ಲಾ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ವಾಸನೆಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಸರ್ಕ್ಯೂಟ್‌ನೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 5. ವಿವಿಧ ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ಮಂಡಲಗಳು ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ತಂತು ಸಂಪರ್ಕ(ವೈರಿಂಗ್) ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ವಿವಿಧ ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಾಹಕ ಸರ್ಕ್ಯೂಟ್‌ಗಳು ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಸಂಪರ್ಕಜಾಲವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೊಣ ಮತ್ತು ಇಲಿಗಳೆರಡರಲ್ಲೂ ಸಂವೇದನಾಶೀಲ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳು ಮೆದುಳಿನ ಉನ್ನತ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ರವಾನಿಸುವ ಇಂಟರ್‌ನ್ಯೂರಾನ್‌ನಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಂಡಿರುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ. ಎರಡರಲ್ಲೂ ಸಂಪರ್ಕಜಾಲ ಬಹಳಷ್ಟು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ. (ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡದ್ದು[10])!

ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಅವು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಹಲವಾರು ಉಪಮಂಡಲಗಳ ತಂತು ಸಂಪರ್ಕಗಳ (ವೈರಿಂಗ್) ಚಿತ್ರಣಗಳೂ ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿ ಯಥಾವತ್ತಾಗಿವೆ (**ಚಿತ್ರ 5**ನ್ನು ನೋಡಿ)! ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಅತಿ ಗೌಣ ಪ್ರಭೇದವಾದ ಹಣ್ಣುನೊಣದ ಮೇಲೆ ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಾವು ಪಡೆದುಕೊಂಡ ಒಳನೋಟಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ತಮ ಮಾಹಿತಿಯಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದು ಒಟ್ಟಾರೆ ಜೀವಿಜಗತ್ತಿನ ನರಮಂಡಲವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಅನುಕೂಲಕರವಾಗಿದೆ.

ಮುಕ್ತಾಯ

ಹಲವು ದಶಕಗಳಿಂದಲೂ, ಮನುಷ್ಯನು ಪ್ರಾಣಿಗಳ ವರ್ತನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕುತೂಹಲ ಭರಿತನಾಗಿದ್ದು, ಹಲವಾರು ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡವಳಿಕೆಗಳ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ್ದಾನೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತಂತ್ರವೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿಗಳೂ. ಜೀವಿಗಳು ತಮ್ಮ ಪರಿಸರದೊಂದಿಗೆ ಹೇಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನಾವು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಸ್ಕ್ವಿಡ್ ಮೀನಿನ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ನ್ಯೂರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರೋಬ್‌ಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಬಹುದು; ಹಣ್ಣುನೊಣಗಳಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ಅದ್ಭುತ ಆನುವಂಶಿಕ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ಜೀನ್‌ಗಳು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ; ಇಲಿಗಳು ಮಾನವನೊಂದಿಗೆ 'ನಿಕಟತೆ' ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಅದರಲ್ಲೂ ಕಾಯಿಲೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ತಮ ಮಾದರಿಗಳಾಗಿವೆ. ಹಾಗಿದ್ದರೂ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದ್ದು ಮತ್ತು ಅರ್ಥವಾಗಿರದೇ ಇರುವುದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದು ಬಂದಿರುವ ಜ್ಞಾನ ತೀರ ತೀರ ಕಡಿಮೆ. ಆದರೂ, ಈ ಸಂಶೋಧನಾ ಪಥದಲ್ಲಿ ನಾವು ಬಹಳಷ್ಟು ವಿನೂತನ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಿ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇವು ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನದ ಪರಿಧಿಯನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ವಿಸ್ತರಿಸಲು. ಹಾಗು ಮೆದುಳು ಮತ್ತು ನರಮಂಡಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಇನ್ನಷ್ಟು ಹೊಸ ಹೊಸ ಆಕರ್ಷಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಲು ನೆರವಾಗಲಿವೆ!

Resources

1. General overview of the nervous system and neuronal signalling: http://www.nobelprize.org/educational/medicine/nerve_signaling/game/nerve_signaling.html#/plot1

2. How to manipulate neurons with light: https://www.youtube.com/watch?v=I64X7vHSHOE

3. Watch hundreds of neurons fire spontaneously in the brain of a zebrafish[11]: https://www.youtube.com/watch?v=T2H6UdQVEFY

4. Watch thousands of neurons, in the young zebrafish brain, fire in response to different visual stimuli[12]: http://www.wired.com/2014/07/neuron-zebrafish-movie

References

1. Hodgkin, A. L. & Huxley, A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *J. Physiol.* **117**, 500–544 (1952).
2. White, J. G., Southgate, E., Thomson, J. N. & Brenner, S. The Structure of the Nervous System of the Nematode Caenorhabditis elegans. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **314**, 1–340 (1986).
3. Cardona, A. *et al*. An Integrated Micro- and Macroarchitectural Analysis of the Drosophila Brain by Computer-Assisted Serial Section Electron Microscopy. *PLoS Biol* **8**, e1000502 (2010).
4. Marx, V. Neurobiology: Brain mapping in high resolution. *Nature* **503**, 147–152 (2013).
5. Friesen, W. O. & Kristan, W. B. Leech locomotion: Swimming, crawling, and decisions. *Curr. Opin. Neurobiol.* **17**, 704–711 (2007).
6. Kazama, H. Systems neuroscience in Drosophila: Conceptual and technical advantages. *Neuroscience* **296**, 3–14 (2015).
7. Deisseroth, K. Optogenetics: 10 years of microbial opsins in neuroscience. *Nat. Neurosci.* **18**, 1213–1225 (2015).
8. Lin, S. & Lee, T. Generating neuronal diversity in the Drosophila central nervous system. *Dev. Dyn. Off. Publ. Am. Assoc. Anat.* **241**, 57–68 (2012).
9. Sen, S. *et al*. Genetic transformation of structural and functional circuitry rewires the Drosophila brain. *eLife* e04407 (2014). doi:10.7554/eLife.04407
10. Sen, S., Reichert, H. & VijayRaghavan, K. Conserved roles of ems/Emx and otd/Otx genes in olfactory and visual system development in Drosophila and mouse. *Open Biol.* **3**, 120177 (2013).
11. Muto, A., Ohkura, M., Abe, G., Nakai, J. & Kawakami, K. Real-Time Visualization of Neuronal Activity during Perception. *Curr. Biol.* **23**, 307–311 (2013).
12. Vladimirov, N. *et al*. Light-sheet functional imaging in fictively behaving zebrafish. *Nat. Methods* **11**, 883–884 (2014).

ಸೋನಿಯಾ ಸೇನ್ ಒಬ್ಬ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿದ್ದು, ಬಲು ಸಂಕೀರ್ಣವಾದ ಮೆದುಳಿನ ನ್ಯೂರಲ್ ಸರ್ಕ್ಯೂಟ್‌ಗಳ ರಚನೆಗೆ ಜೀನ್ ಮತ್ತು DNA ಹೇಗೆ ಸೂಕ್ತ ಸೂಚನೆಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇಂತಹ ಸಂಕೀರ್ಣ ಮೆದುಳಿನ ವಿಕಾಸ ಹೇಗೆ ಆಗಿದೆ ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಆಸಕ್ತಿ ಹೊಂದಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ಪೋಸ್ಟ್ ಡಾಕ್ಟೋರಲ್ ಫೆಲೋ ಆಗಿದ್ದು, ಹಣ್ಣುನೊಣ ಮತ್ತು ಸಾಗರದ ಹುಳಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರನ್ನು soniasen@gmail.com ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು. **ಅನುವಾದಕರು**: ಚಂದ್ರಿಕಾ ವಿಜಯೇಂದ್ರ
ಪರಿಶೀಲನೆ: ಸ್ಮಿತಾ ಪಿ. ಜಿ.