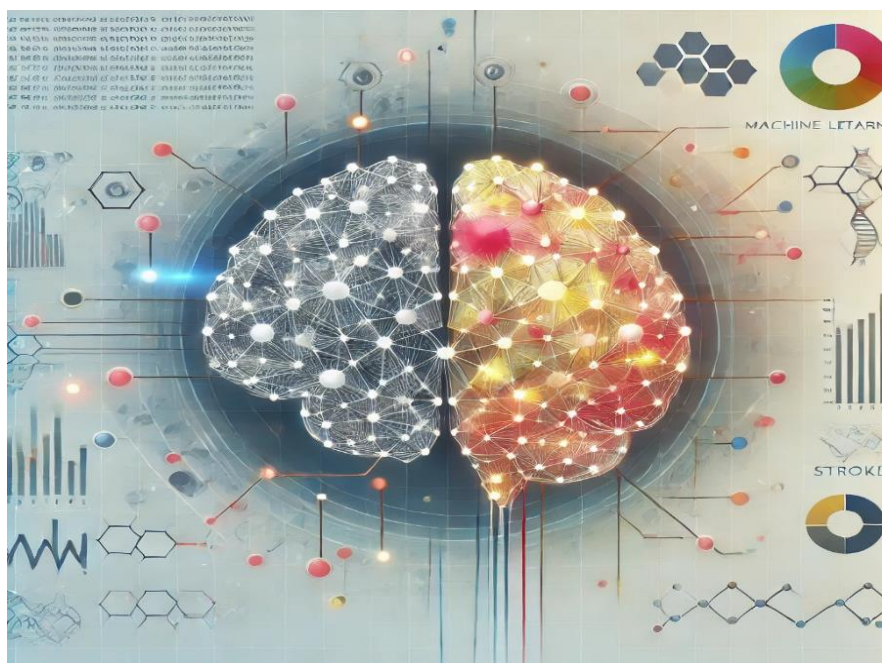


ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**“Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για την πρόβλεψη
εγκεφαλικού επεισοδίου”**



Υποψήφιος: Μπαζδάνης Χρήστος (Π2019119)

Επιβλέπων: Θεμιστοκλής Έξαρχος (Επίκουρος Καθηγητής)

Μέλη: Παναγιώτης Βλάμος, Αριστείδης Βραχάτης

Σεπτέμβριος 2024, Κέρκυρα

Περίληψη:

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την **πρόβλεψη και διαχείριση εγκεφαλικών επεισοδίων** μέσω της ανάπτυξης και εφαρμογής **Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems - DSS)**, χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές **Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning - ML)**. Το εγκεφαλικό επεισόδιο παραμένει μία από τις κύριες αιτίες θανάτου και αναπηρίας, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, γεγονός που καθιστά αναγκαία την εφαρμογή αποτελεσματικών εργαλείων για την πρόγνωση, την έγκαιρη διάγνωση και την αποτελεσματική θεραπευτική προσέγγιση.

Αρχικά, γίνεται μια αναλυτική εισαγωγή στο εγκεφαλικό επεισόδιο, περιγράφοντας τους κύριους τύπους (ισχαιμικό και αιμορραγικό), τους παράγοντες κινδύνου (όπως υπέρταση, διαβήτης, κάπνισμα) και την έκταση του προβλήματος σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο. Παρουσιάζονται στατιστικά δεδομένα που δείχνουν την επίπτωση του εγκεφαλικού στη δημόσια υγεία και τονίζουν την ανάγκη για αναβαθμισμένα εργαλεία πρόγνωσης. Επιπλέον, αναλύεται η **οικονομική επιβάρυνση** που προκαλεί η διαχείριση του εγκεφαλικού στα εθνικά συστήματα υγείας, με έμφαση στις ανάγκες νοσηλείας, αποκατάστασης και μακροχρόνιας φροντίδας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο ρόλος των **Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων** στην υγειονομική φροντίδα και, συγκεκριμένα, πώς τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την **πρόγνωση εγκεφαλικών επεισοδίων** με τη χρήση μοντέλων Μηχανικής Μάθησης. Αναλύονται διάφοροι **αλγόριθμοι ML**, όπως το **Random Forest**, **XGBoost**, **Support Vector Machines (SVM)** και τα **Artificial Neural Networks (ANN)**, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μοντέλων που προβλέπουν την πιθανότητα εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου με βάση κλινικά δεδομένα και δημογραφικά χαρακτηριστικά. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη χρήση τεχνικών **Explainable AI (XAI)**, οι οποίες εξηγούν τη λήψη αποφάσεων από τα μοντέλα, προσφέροντας στους κλινικούς ιατρούς διαφάνεια και αξιοπιστία στα αποτελέσματα.

Στην εργασία εξετάζεται επίσης η διαθεσιμότητα και η ποιότητα των **δεδομένων υγείας** που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση αυτών των μοντέλων, με παραδείγματα από διεθνείς και εθνικές βάσεις δεδομένων (όπως το **Taiwan Stroke Registry** και άλλες βάσεις), οι οποίες περιλαμβάνουν εκατομμύρια ασθενείς και παρέχουν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για ακριβείς προβλέψεις. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, συγκρίνονται τα υπάρχοντα συστήματα και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται, ενώ αναλύεται η επίδραση των διαφόρων χαρακτηριστικών στα τελικά αποτελέσματα.

Τέλος, η εργασία περιλαμβάνει **παραδείγματα εφαρμογών** που έχουν υλοποιηθεί στην κλινική πράξη, τα οποία βοηθούν στη διαχείριση ασθενών που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο. Τα παραδείγματα αυτά παρουσιάζουν το πώς τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα της φροντίδας, να μειώσουν τους χρόνους διάγνωσης και να βελτιστοποιήσουν τις θεραπευτικές παρεμβάσεις. Οι προοπτικές για το μέλλον εστιάζουν στη βελτίωση των συστημάτων μέσω της ενσωμάτωσης δεδομένων πραγματικού χρόνου και της χρήσης φορετών συσκευών για την καλύτερη παρακολούθηση και πρόγνωση.

Abstract:

This thesis explores the **use of Decision Support Systems (DSS)** in the **prediction and management of stroke**, utilizing advanced **Machine Learning (ML)** techniques. Stroke remains one of the leading causes of death and disability, both in Greece and worldwide, making the development of effective tools for prognosis, early diagnosis, and efficient therapeutic approaches essential.

Initially, a detailed introduction to stroke is provided, covering the main types (ischemic and hemorrhagic), risk factors (such as hypertension, diabetes, smoking), and the extent of the issue globally and nationally. Statistical data highlights the public health impact of stroke, underscoring the need for upgraded predictive tools. Additionally, the economic burden on national healthcare systems is analyzed, focusing on hospitalization needs, rehabilitation, and long-term care.

The thesis further examines the role of **Decision Support Systems in healthcare**, specifically in predicting stroke events through ML models. Various **ML algorithms** are analyzed, including **Random Forest, XGBoost, Support Vector Machines (SVM)**, and **Artificial Neural Networks (ANN)**, which are employed to create models that estimate stroke risk based on clinical and demographic data. Special emphasis is placed on **Explainable AI (XAI)** techniques that clarify model decision-making, offering transparency and reliability for clinical practitioners.

The availability and quality of **health data** used to train these models are also evaluated, with examples from international and national datasets (such as the **Taiwan Stroke Registry** and others) encompassing millions of patients and providing key characteristics for accurate predictions. Through a review of the literature, existing systems and data used are compared, and the influence of various features on outcomes is analyzed.

Finally, the thesis presents **examples of DSS applications** already implemented in clinical practice, aiding in the management of patients who have experienced a stroke. These examples demonstrate how DSS and ML methods can improve care quality, reduce diagnostic times, and optimize therapeutic interventions. Prospects focus on enhancing systems through real-time data integration and wearable devices for improved monitoring and prediction.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εγκεφαλικό Επεισόδιο.....	8
1.1	Εισαγωγή.....	8
1.1.1	Αιτίες και Παράγοντες Κινδύνου	8
1.1.2	Επιπτώσεις στο Σώμα.....	10
1.1.3	Η Σημασία της Πρόληψης.....	10
1.2	Στατιστικά Στοιχεία	10
1.2.1	Παγκόσμια Επιδημιολογία του Εγκεφαλικού	11
1.2.2	Εγκεφαλικά Επεισόδια στην Ευρώπη	13
1.2.3	Εγκεφαλικά Επεισόδια στην Ελλάδα	14
1.3	Παράγοντες Κινδύνου για το Εγκεφαλικό Επεισόδιο.....	15
1.3.1	Μη Τροποποιήσιμοι Παράγοντες Κινδύνου	16
1.3.2	Τροποποιήσιμοι Παράγοντες Κινδύνου	16
1.3.3	Άλλοι Παράγοντες Κινδύνου	17
1.4	Οικονομικό Κόστος και Επιπτώσεις στο Σύστημα Υγείας	17
1.4.1	Άμεσο Οικονομικό Κόστος	17
1.4.2	Έμμεσο Οικονομικό Κόστος.....	18
1.4.3	Κόστος στην Ελλάδα	19
1.4.4	Επιπτώσεις στο Σύστημα Υγείας.....	22
1.5	Αντιμετώπιση και Θεραπευτική Προσέγγιση	22
1.5.1	Οξεία Αντιμετώπιση	23
1.5.2	Μακροχρόνια Αντιμετώπιση και Αποκατάσταση.....	23
1.5.3	Πρόληψη Δευτερογενούς Εγκεφαλικού	24
2	Χρησιμότητα Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων για το Εγκεφαλικό Επεισόδιο.....	25
2.1	Πρόβλεψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων	25
2.2	Έγκαιρη Διάγνωση και Θεραπευτικές Αποφάσεις	25
2.3	Διαχείριση Μεγάλου Όγκου Δεδομένων και Προσωποποιημένη Φροντίδα.....	26
2.4	Υποστήριξη Αποφάσεων για τη Μακροχρόνια Αποκατάσταση.....	26
2.5	Αντιμετώπιση Έλλειψης Ανθρώπινων Πόρων.....	26
3	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	27
3.1	Πολλαπλές εξηγήσιμες προσεγγίσεις για την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού με χρήση τεχνητής νοημοσύνης. (2023)	27
3.2	Πρόβλεψη αλλαγών στην πρόγνωση ασθενών με ισχαιμικό εγκεφαλικό χρησιμοποιώντας μηχανική μάθηση σε εθνικό μητρώο εγκεφαλικών. (2024).....	29
3.3	Ανάπτυξη ενός ευφυούς συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση του κινδύνου ισχαιμικού εγκεφαλικού σε βάση δεδομένων ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων πληθυσμού. (2019).....	30

3.4	Προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη κινδύνου εγκεφαλικού: Ευρήματα από τη μελέτη Suita. (2024)	32
3.5	Συστηματική ανασκόπηση μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων του εγκεφαλικού με δομημένα δεδομένα. (2020)	33
3.6	Η μηχανική μάθηση στην πρόβλεψη των αποτελεσμάτων για ασθενείς με εγκεφαλικό μετά από αποκατάσταση: Μία συστηματική ανασκόπηση. (2023)	34
3.7	Προγνωστική αιτιολογική ταξινόμηση του οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού μέσω ερμηνεύσιμων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης: πολυκεντρική, προοπτική μελέτη κοόρτης. (2024)	36
3.8	Μία διερεύνηση του μοντέλου πρόβλεψης εγκεφαλικού βασισμένου στη μηχανική μάθηση. <i>Frontiers in Neurology</i>. (2024)	38
3.9	Πρόβλεψη εμφάνισης εγκεφαλικού με μηχανική μάθηση: Μία συστηματική ανασκόπηση. (2024)	39
3.10	Κατασκευή μοντέλου πρόβλεψης βασισμένου στη μηχανική μάθηση για μη ευνοϊκά αποτελέσματα εξιτηρίου σε ασθενείς με ισχαιμικό εγκεφαλικό. (2024)	40
3.11	Ερμηνεύσιμη πρόβλεψη οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού μετά από κάταγμα ισχίου σε ασθενείς 65 ετών και άνω, βασισμένη στη μηχανική μάθηση και το SHAP. (2024)	42
3.12	Χρήση της μηχανικής μάθησης για την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης θνησιμότητας και εγκεφαλικού σε ασθενείς που υποβάλλονται σε διαστολή αορτικής βαλβίδας με μπαλόνι. (2022)	42
3.13	Μια συνδυαστική προσέγγιση μηχανικής μάθησης και εξόρυξης δεδομένων για την ενίσχυση της πρόβλεψης εγκεφαλικού. (2024)	43
3.14	Βελτίωση της πρόβλεψης αποτελεσμάτων εγκεφαλικού με μοριακές και μηχανικές προσεγγίσεις σε απόφραξη μεγάλων αγγείων. (2024)	46
3.15	Πρόβλεψη κινδύνου εγκεφαλικού με χρήση μηχανικής μάθησης: Μία προοπτική μελέτη κοόρτης σε 0,5 εκατομμύρια Κινέζους ενήλικες. (2021)	46
4	Υπάρχοντα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για το εγκεφαλικό	47
4.1	Υπάρχοντα Σετ Δεδομένων για το Εγκεφαλικό Επεισόδιο	47
4.1.1	Kaggle Stroke Prediction Dataset	48
4.1.2	UCI Stroke Dataset.....	48
4.1.3	SPREAD Stroke Registry.....	48
4.1.4	UK Biobank Dataset.....	48
4.2	Υπάρχοντα Λογισμικά για την Πρόβλεψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων	49
4.2.1	SIS (Stroke Identification System)	49
4.2.2	SAGE Stroke Risk Assessment Tool	49
4.2.3	QRISK3	49
4.2.4	Framingham Stroke Risk Profile	49
4.3	Αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης και Τεχνητής Νοημοσύνης	49
4.3.1	Deep Learning Models	50

4.3.2	Random Forest.....	50
4.3.3	Support Vector Machines (SVM).....	50
4.3.4	Explainable AI (Explainable Artificial Intelligence - XAI).....	50
4.4	Εφαρμογή των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων στην Κλινική Πράξη	51
4.4.1	Πρόβλεψη Κινδύνου και Έγκαιρη Παρέμβαση	51
4.4.2	Διαχείριση Ασθενών μετά από Εγκεφαλικό	51
4.4.3	Αυτοματοποίηση Διαγνωστικών Διαδικασιών	51
4.5	Συμπέρασμα	51
5	Σύγκριση και Ανάλυση Επιστημονικών Άρθρων για την Πρόβλεψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων με Χρήση Μηχανικής Μάθησης	52
5.1	Πίνακας Επιστημονικών Εργασιών.....	52
5.2	Ανάλυση και Σχολιασμός του Πίνακα Επιστημονικών Εργασιών.....	54
5.2.1	Μεθοδολογίες Μηχανικής Μάθησης.....	55
5.2.2	Σύνολα Δεδομένων και Πληθυσμός	55
5.2.3	Αποτελέσματα και Ακρίβεια των Μεθόδων	55
5.2.4	Συγκρίσεις Μεταξύ Εργασιών	55
5.2.5	Συμπεράσματα και Επεξηγήσεις.....	56
5.3	Σύγκριση Αλγορίθμων με Επικέντρωση στην Αποτελεσματικότητα	56
5.4	Τάσεις και Μελλοντική Προοπτική στη Χρήση Μηχανικής Μάθησης για την Πρόβλεψη Εγκεφαλικών	57
6	Εφαρμογές που βοηθάνε στη Διαχείριση Ατόμων με Εγκεφαλικό	58
6.1	Επισκόπηση των Εφαρμογών για την Υποστήριξη Ασθενών με Εγκεφαλικό.....	58
6.2	Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI).....	59
6.2.1	Πρόβλεψη Εγκεφαλικών με DSS.....	59
6.2.2	Υποστήριξη στη Θεραπευτική Απόφαση	59
6.2.3	Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων και AI.....	59
6.3	Τηλεϊατρική και Απομακρυσμένη Παρακολούθηση Ασθενών	60
6.3.1	Τηλεϊατρική στις Οξείες Φάσεις του Εγκεφαλικού.....	60
6.3.2	Τηλεϊατρική στην Παρακολούθηση Ασθενών	60
6.3.3	Πλεονεκτήματα της Τηλεϊατρικής	60
6.4	Εφαρμογές Αποκατάστασης και Φυσικοθεραπείας μέσω Εφαρμογών	60
6.4.1	Προγράμματα Αποκατάστασης μέσω Εφαρμογών	61
6.4.2	Παρακολούθηση της Απόδοσης του Ασθενούς.....	61
6.4.3	Αυτονομία των Ασθενών.....	61
6.5	Εφαρμογές Ψυχολογικής Υποστήριξης και Διαχείρισης Συμπεριφοράς.....	61
6.5.1	Ψυχολογικές Εφαρμογές με Καθοδηγούμενη Υποστήριξη.....	61

6.5.2	Διαχείριση της Συμπεριφοράς και Επανάταξη	62
6.5.3	Ψηφιακές Πλατφόρμες Υποστήριξης για Φροντιστές	62
6.6	Προσωποποιημένη Υγειονομική Φροντίδα με Χρήση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data) 62	
6.6.1	Χρήση Μεγάλων Δεδομένων στην Πρόληψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων	62
6.6.2	Εξατομικευμένη Φροντίδα με Χρήση Big Data	63
6.6.3	Πρόβλεψη Επαναλαμβανόμενων Εγκεφαλικών	63
6.7	Σημαντικά Παραδείγματα Εφαρμογών στη Διαχείριση Εγκεφαλικών.....	63

1 Εγκεφαλικό Επεισόδιο

1.1 Εισαγωγή

Το εγκεφαλικό επεισόδιο, γνωστό και ως αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ), είναι μια σοβαρή ιατρική κατάσταση που συμβαίνει όταν η παροχή αίματος σε μέρος του εγκεφάλου διακόπτεται ή μειώνεται σημαντικά. Το αίμα παρέχει στον εγκέφαλο οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά, απαραίτητα για τη φυσιολογική λειτουργία των εγκεφαλικών κυττάρων. Όταν η παροχή αυτή διακοπεί, τα κύτταρα αρχίζουν να πεθαίνουν μέσα σε λίγα λεπτά, οδηγώντας σε νευρολογική βλάβη, η οποία μπορεί να είναι προσωρινή ή μόνιμη, ανάλογα με την έκταση της βλάβης και την ταχύτητα της ιατρικής παρέμβασης.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι εγκεφαλικών επεισοδίων: το **ισχαιμικό εγκεφαλικό**, το οποίο είναι το πιο συνηθισμένο και προκαλείται από θρόμβο που αποφράσσει αιμοφόρο αγγείο στον εγκέφαλο, το **αιμορραγικό εγκεφαλικό**, το οποίο συμβαίνει όταν ένα αιμοφόρο αγγείο ρήγνυται και προκαλεί αιμορραγία στον εγκέφαλο, και το **παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο (ΤΙΑ)**, το οποίο είναι μια προσωρινή διακοπή της παροχής αίματος και δεν προκαλεί μόνιμες βλάβες, αλλά προειδοποιεί για την πιθανότητα εμφάνισης πιο σοβαρού εγκεφαλικού στο μέλλον.

1.1.1 Αιτίες και Παράγοντες Κινδύνου

Οι αιτίες των εγκεφαλικών επεισοδίων σχετίζονται στενά με διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία των αιμοφόρων αγγείων. Η υπέρταση (υψηλή αρτηριακή πίεση) αποτελεί τον κύριο παράγοντα κινδύνου, καθώς μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα αγγεία, αυξάνοντας την πιθανότητα εμφάνισης θρόμβων ή αιμορραγίας. Η κακή διατροφή, η παχυσαρκία, η καθιστική ζωή, το κάπνισμα και η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ αποτελούν επίσης σημαντικούς παράγοντες κινδύνου. Άτομα με προϋπάρχοντα καρδιαγγειακά νοσήματα, όπως στεφανιαία νόσο ή κολπική μαρμαρυγή, έχουν επίσης αυξημένο κίνδυνο.

Οι χρόνιες καταστάσεις όπως ο διαβήτης και η υψηλή χοληστερόλη συμβάλλουν επίσης στην εμφάνιση εγκεφαλικού επεισοδίου. Η γήρανση του πληθυσμού είναι ένας ακόμη παράγοντας που αυξάνει την επίπτωση των εγκεφαλικών επεισοδίων, καθώς οι πιθανότητες εμφάνισης αυξάνονται δραματικά μετά την ηλικία των 55 ετών. Τέλος, υπάρχει ένας μικρός αλλά σημαντικός γενετικός παράγοντας, καθώς οι άνθρωποι με οικογενειακό ιστορικό εγκεφαλικών είναι πιθανότερο να εμφανίσουν τη νόσο.

Age-standardised stroke mortality attributed to modifiable risk factors (death rate per 100,000)										
A	Global		WB LICs		WB LMICs		WB UMICs		WB HICs	
	1990	2017	1990	2017	1990	2017	1990	2017	1990	2017
	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank
Hypertension	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Dietary risks	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
Tobacco	3	5	5	6	4	5	3	3	4	5
Impaired glucose tolerance	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3
Air pollution	5	6	4	4	5	6	5	7	8	9
Obesity	6	4	6	5	7	4	6	5	5	4
Hypercholesterolemia	7	8	7	7	6	7	7	8	6	6
Alcohol use	8	7	8	9	9	8	8	6	7	7
Low physical activity	9	9	9	8	8	9	9	9	8	8

Πίνακας 1: Κατάταξη των παραγόντων κινδύνου σε παγκόσμιο επίπεδο με βάση το ύψος του εισοδήματος.

B	Low SDI		Low-middle SDI		Middle SDI		High-middle SDI		High SDI	
	1990	2017	1990	2017	1990	2017	1990	2017	1990	2017
	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank	rank
Hypertension	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Dietary risks	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
Tobacco	5	5	4	5	3	4	3	4	3	5
Impaired glucose tolerance	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3
Air pollution	4	4	5	6	5	6	7	8	8	9
Obesity	7	6	6	4	6	5	5	5	5	4
Hypercholesterolemia	6	7	7	7	7	8	6	6	6	6
Alcohol use	9	9	8	8	8	7	8	7	7	7
Low physical activity	8	8	9	9	9	9	9	9	9	8

Note: The order of risk factors has remained constant for an easier comparison between different socio-economical status regions
HICs high-income countries, LICs low-income countries, LMICs lower-middle-income countries, UMICs upper-middle-income countries, SDI Socio-Demographic Index, WB The World Bank

Πίνακας 2: Κατάταξη των παραγόντων κινδύνου με βάση την κοινωνικο-οικονομική κατάσταση.

Περιγραφή πινάκων(1,2): Οι δύο εικόνες παρουσιάζουν την **κατάταξη της θνησιμότητας από εγκεφαλικό επεισόδιο** που αποδίδεται σε τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου, όπως η **υπέρταση**, οι **διατροφικοί κίνδυνοι**, και το **κάπνισμα**. Οι κατατάξεις αυτές προκύπτουν από στοιχεία σε παγκόσμιο επίπεδο και ανάλογα με κατηγορίες εισοδημάτων και κοινωνικο-οικονομικών δεικτών (Socio-Demographic Index - SDI) για τα έτη **1990** και **2017**.

- **Πρώτος πίνακας (1):** Παρουσιάζει την κατάταξη των παραγόντων κινδύνου σε παγκόσμιο επίπεδο και σε χώρες χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος (World Bank categories). Η υπέρταση κατατάσσεται σταθερά στην πρώτη θέση ως ο σημαντικότερος παράγοντας κινδύνου, ακολουθούμενη από τους διατροφικούς κινδύνους και το κάπνισμα.
- **Δεύτερος Πίνακας (2):** Δείχνει την κατάταξη των παραγόντων κινδύνου ανάλογα με την κοινωνικο-οικονομική κατάσταση των περιοχών (SDI). Σε όλες τις περιοχές, η υπέρταση παραμένει ο κυριότερος παράγοντας κινδύνου, με την κατάταξη των υπόλοιπων παραγόντων να ποικίλλει ανάλογα με την κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη.

Πηγή: World Bank, Socio-Demographic Index, 2017, World Health Organization, Global Mortality Statistics, 2017.

1.1.2 Επιπτώσεις στο Σώμα

Το εγκεφαλικό επεισόδιο μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στον οργανισμό, με τα συμπτώματα να εμφανίζονται ξαφνικά και να ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή του εγκεφάλου που έχει υποστεί βλάβη. Στα πιο κοινά συμπτώματα περιλαμβάνονται η αδυναμία ή παράλυση σε μία πλευρά του σώματος, η δυσκολία στην ομιλία και στην κατανόηση, η σύγχυση, η απώλεια όρασης σε ένα ή και τα δύο μάτια, η δυσκολία στον συντονισμό των κινήσεων και η απώλεια ισορροπίας.

Η έγκαιρη αντιμετώπιση είναι κρίσιμη, καθώς η ταχύτητα της ιατρικής φροντίδας μπορεί να περιορίσει τις μόνιμες επιπτώσεις. Η θεραπεία εξαρτάται από τον τύπο του εγκεφαλικού. Στην περίπτωση του ισχαιμικού εγκεφαλικού, η θρομβόλυση, δηλαδή η διάλυση του θρόμβου με φαρμακευτική αγωγή, πρέπει να γίνει εντός λίγων ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων για να είναι αποτελεσματική. Για το αιμορραγικό εγκεφαλικό, η άμεση αντιμετώπιση της αιμορραγίας και η χειρουργική παρέμβαση μπορεί να είναι απαραίτητη.

1.1.3 Η Σημασία της Πρόληψης

Εξαιτίας των σοβαρών επιπτώσεων στην υγεία και της πιθανής μόνιμης αναπηρίας που προκαλεί το εγκεφαλικό επεισόδιο, η πρόληψη είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η πρόληψη περιλαμβάνει τη διαχείριση των παραγόντων κινδύνου, όπως η διατήρηση φυσιολογικών επιπέδων αρτηριακής πίεσης, η υιοθέτηση υγιεινής διατροφής με χαμηλά κορεσμένα λιπαρά, η τακτική άσκηση και η διακοπή του καπνίσματος. Η αποφυγή του υπερβολικού στρες και ο τακτικός ιατρικός έλεγχος μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην έγκαιρη διάγνωση των παραγόντων που αυξάνουν τον κίνδυνο.

Συμπερασματικά, το εγκεφαλικό επεισόδιο αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες θανάτου και αναπηρίας παγκοσμίως, με τις επιπτώσεις του να επηρεάζουν όχι μόνο την υγεία του ασθενούς αλλά και τις οικογένειες, την οικονομία και τα συστήματα υγείας. Η ενημέρωση του πληθυσμού για τους παράγοντες κινδύνου και τα πρώιμα συμπτώματα, καθώς και η συνεχής ιατρική πρόοδος στην πρόληψη και θεραπεία, παίζουν κρίσιμο ρόλο στη μείωση των επιπτώσεων αυτής της σοβαρής κατάστασης.

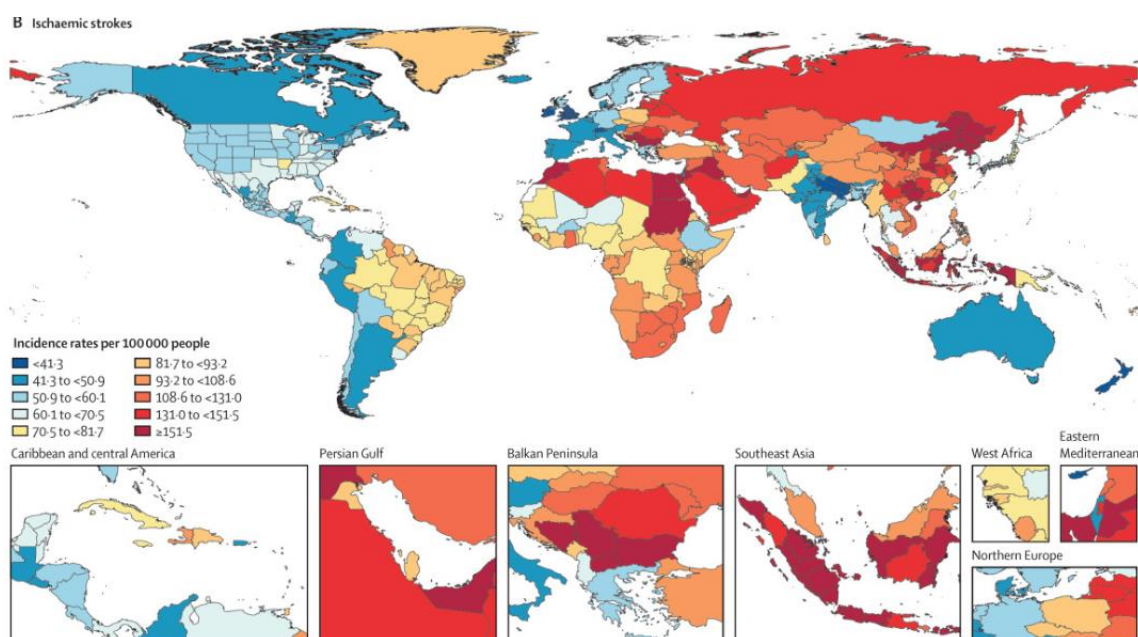
1.2 Στατιστικά Στοιχεία

Οι στατιστικές επιβεβαιώνουν τη σοβαρότητα της νόσου τόσο σε όρους δημόσιας υγείας όσο και σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Στην παγκόσμια σκηνή, τα εγκεφαλικά επεισόδια όχι μόνο προκαλούν τεράστιο αριθμό θανάτων κάθε χρόνο, αλλά επιβαρύνουν επίσης τα συστήματα υγείας λόγω του κόστους της περίθαλψης και της αποκατάστασης, καθώς και της απώλειας παραγωγικότητας από την αναπηρία.

1.2.1 Παγκόσμια Επιδημιολογία του Εγκεφαλικού

Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ), περίπου 15 εκατομμύρια άτομα πλήττονται από εγκεφαλικό επεισόδιο κάθε χρόνο παγκοσμίως. Από αυτά, 5 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους, ενώ άλλα 5 εκατομμύρια επιζούν με σοβαρές μόνιμες αναπηρίες, γεγονός που καθιστά το εγκεφαλικό μία από τις κύριες αιτίες χρόνιας αναπηρίας. Η αναπηρία αυτή ποικίλλει από κινητικά προβλήματα και παράλυση, μέχρι γνωστικές διαταραχές και δυσκολίες στην επικοινωνία, επιβαρύνοντας τόσο τον ασθενή όσο και το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον του.

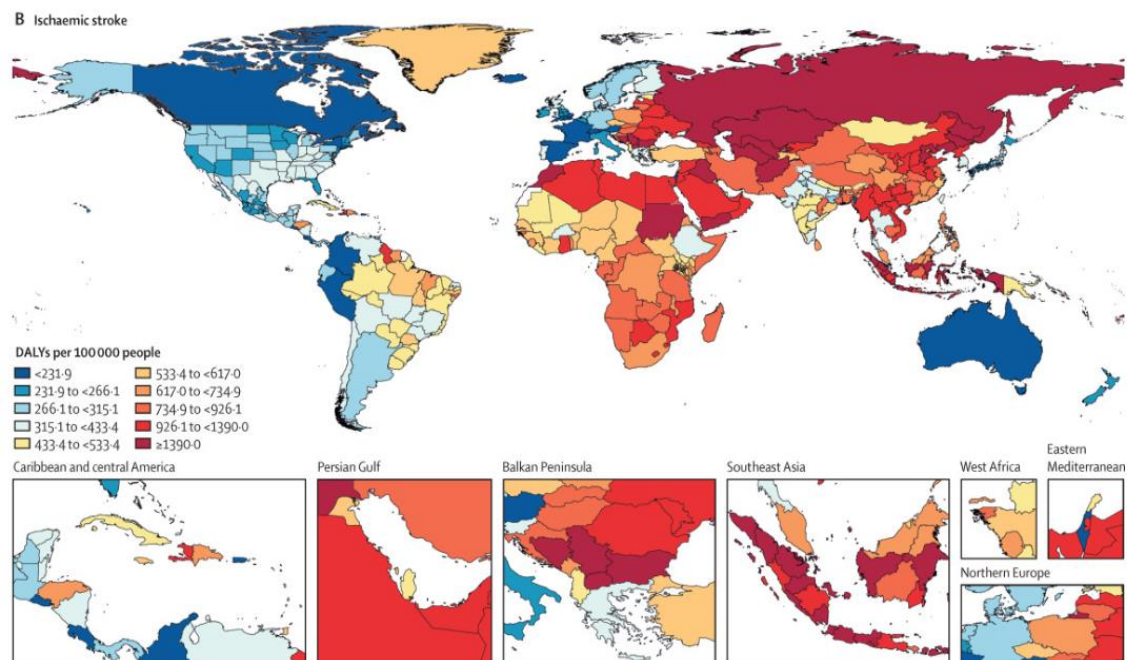
Σε παγκόσμια κλίμακα, το εγκεφαλικό επεισόδιο κατατάσσεται ως η δεύτερη πιο συχνή αιτία θανάτου, μετά τα καρδιαγγειακά νοσήματα. Εκτιμάται ότι το 11,6% των συνολικών θανάτων παγκοσμίως οφείλονται σε εγκεφαλικό, με τις αναπτυσσόμενες χώρες να πλήττονται δυσανάλογα λόγω της περιορισμένης πρόσβασης σε ιατρική περίθαλψη και προληπτικά μέτρα. Σύμφωνα με την έρευνα **Global Burden of Disease**, οι θάνατοι από εγκεφαλικά επεισόδια αυξήθηκαν κατά 70% μεταξύ 1990 και 2020, ενώ ο αριθμός των ανθρώπων που ζουν με αναπηρίες που σχετίζονται με το εγκεφαλικό αυξήθηκε κατά 85% την ίδια περίοδο. Αυτά τα δεδομένα αποκαλύπτουν την αυξανόμενη επιβάρυνση που προκαλεί η νόσος στην παγκόσμια υγεία.



Εικόνα 1: Παγκόσμιος χάρτης ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου ανά 100.000 άτομα.

Περιγραφή εικόνας(1): Η εικόνα δείχνει τους παγκόσμιους δείκτες επίπτωσης ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων ανά 100.000 άτομα για το 2017, με σαφείς γεωγραφικές διαφορές. Οι περιοχές με τις πιο σκούρες αποχρώσεις του κόκκινου, όπως η Ανατολική Ευρώπη και η Κεντρική Ασία, εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά, γεγονός που υποδηλώνει μεγαλύτερο βάρος της νόσου σε αυτές τις περιοχές. Αντίθετα, περιοχές όπως η Κεντρική και Νότια Αμερική και μέρη της Αφρικής εμφανίζουν χαμηλότερα ποσοστά, κάτι που μπορεί να οφείλεται σε διαφορές στην πρόσβαση σε υγειονομική περίθαλψη, στους παράγοντες κινδύνου ή στις διατροφικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Η γεωγραφική αυτή ανισότητα υπογραμμίζει την ανάγκη για στοχευμένες πολιτικές πρόληψης και παρέμβασης σε περιοχές υψηλού κινδύνου.

Πηγή: Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019



Εικόνα 2: Παγκόσμιος χάρτης μέτρησης DALY ανά 100.000 άτομα.

Περιγραφή εικόνας(2): Η εικόνα δείχνει την παγκόσμια κατανομή του φορτίου ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου, μετρώντας τα DALYs (Disability-Adjusted Life Years) ανά 100.000 άτομα για το 2017. Το DALY είναι ένα μέτρο που εκτιμά τα χαμένα χρόνια υγιούς ζωής λόγω πρόωρου θανάτου και αναπηρίας. Οι πιο σκούρες αποχρώσεις του κόκκινου αντιπροσωπεύουν περιοχές με υψηλά DALYs, ενώ οι μπλε αποχρώσεις δείχνουν περιοχές με χαμηλότερο φορτίο εγκεφαλικών.

Περιοχές όπως η Ανατολική Ευρώπη, η Κεντρική Ασία και η Βόρεια Αφρική εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά DALYs, υποδεικνύοντας μεγαλύτερο αντίκτυπο των εγκεφαλικών επεισοδίων στην υγεία του πληθυσμού. Αντίθετα, οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς και πολλές χώρες της Δυτικής Ευρώπης έχουν χαμηλότερα ποσοστά, πιθανώς λόγω καλύτερων υποδομών υγείας και αποτελεσματικότερης πρόληψης. Η εικόνα αναδεικνύει τις γεωγραφικές ανισότητες στο φορτίο εγκεφαλικών επεισοδίων και τονίζει την ανάγκη βελτίωσης της υγειονομικής περίθαλψης στις περιοχές υψηλού κινδύνου.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η Δυτική Ευρώπη, όπου οι χάρτες δείχνουν χαμηλά ποσοστά επίπτωσης, αλλά το φορτίο σε DALYs είναι σχετικά υψηλότερο σε ορισμένες χώρες, όπως η Γερμανία. Αυτό μπορεί να υποδεικνύει ότι, παρόλο που τα περιστατικά εγκεφαλικών είναι λιγότερα, η διαχείριση των συνεπειών και η αποκατάσταση ίσως να μην είναι τόσο αποτελεσματική, οδηγώντας σε μεγαλύτερη απώλεια υγιών ετών.

Συνολικά, η σύγκριση δείχνει ότι οι περιοχές με υψηλό αριθμό περιστατικών δεν έχουν πάντα το μεγαλύτερο συνολικό φορτίο, καθώς αυτό εξαρτάται και από την αποτελεσματικότητα της υγειονομικής περίθαλψης, την πρόληψη, και τη θεραπεία.

Πηγή: Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019

Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι τα ποσοστά θανάτου από εγκεφαλικό διαφέρουν σημαντικά μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Στις ανεπτυγμένες χώρες της Δυτικής Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής, οι θάνατοι από εγκεφαλικό έχουν μειωθεί τα τελευταία χρόνια, χάρη στις προόδους στην ιατρική φροντίδα και στα προληπτικά προγράμματα υγείας. Αντίθετα, στις χώρες της Νότιας Ασίας, της Υποσαχάριας Αφρικής και της Ανατολικής Ευρώπης, τα ποσοστά παραμένουν αυξημένα λόγω περιορισμένης πρόσβασης σε επαρκείς υπηρεσίες υγείας και προληπτική φροντίδα.

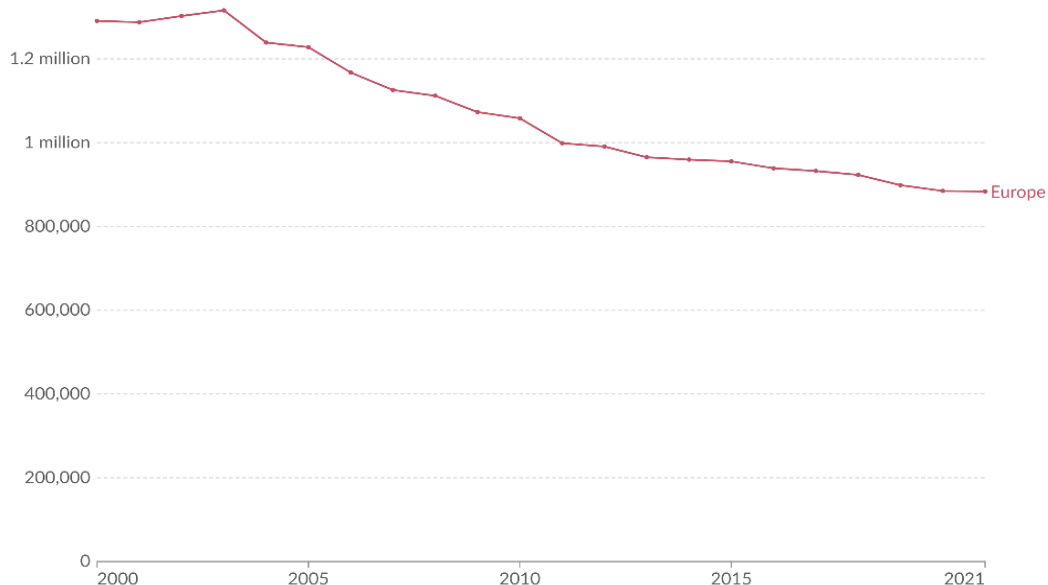
1.2.2 Εγκεφαλικά Επεισόδια στην Ευρώπη

Στην Ευρώπη, το εγκεφαλικό επεισόδιο αποτελεί την κύρια αιτία αναπηρίας και μία από τις κυριότερες αιτίες θανάτου. Σύμφωνα με τα στοιχεία του **European Stroke Organisation (ESO)**, περίπου 1,1 εκατομμύρια εγκεφαλικά επεισόδια καταγράφονται ετησίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με περίπου 600.000 θανάτους. Αυτή η στατιστική καταδεικνύει τη σημασία της εφαρμογής προληπτικών πολιτικών υγείας για τη μείωση του αντίκτυπου της νόσου στον πληθυσμό.

Number of deaths from stroke, 2000 to 2021

The estimated annual number of deaths from stroke¹.

Our World in Data



Data source: World Health Organization (2024)

OurWorldinData.org/cardiovascular-diseases | CC BY

1. Stroke: A stroke is a sudden medical event that happens when blood flow to a part of the brain is disrupted. It can occur due to a blocked blood vessel (ischemic stroke) or a burst blood vessel (hemorrhagic stroke), which can be serious life-threatening medical conditions. When brain cells don't receive enough oxygen and nutrients, they can start to die, leading to potentially lasting damage. Symptoms of a stroke can include sudden numbness or weakness on one side of the body, confusion, trouble speaking or understanding, severe headache, and difficulty with coordination.

Εικόνα 3: Αριθμός θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων ανά έτος στην Ευρώπη

Περιγραφή εικόνας(3): Η εικόνα παρουσιάζει την εκτιμώμενη ετήσια μείωση των θανάτων από εγκεφαλικό επεισόδιο στην Ευρώπη από το 2000 έως το 2021. Ο αριθμός των θανάτων από εγκεφαλικό επεισόδιο μειώθηκε από περίπου 1.2 εκατομμύρια το 2000 σε κάτω από 1

εκατομμύριο το 2021. Η γραφική παράσταση δείχνει μια σταδιακή μείωση, η οποία αντανακλά τη βελτίωση της πρόληψης και της θεραπείας των εγκεφαλικών επεισοδίων στην Ευρώπη κατά τη διάρκεια αυτών των ετών.

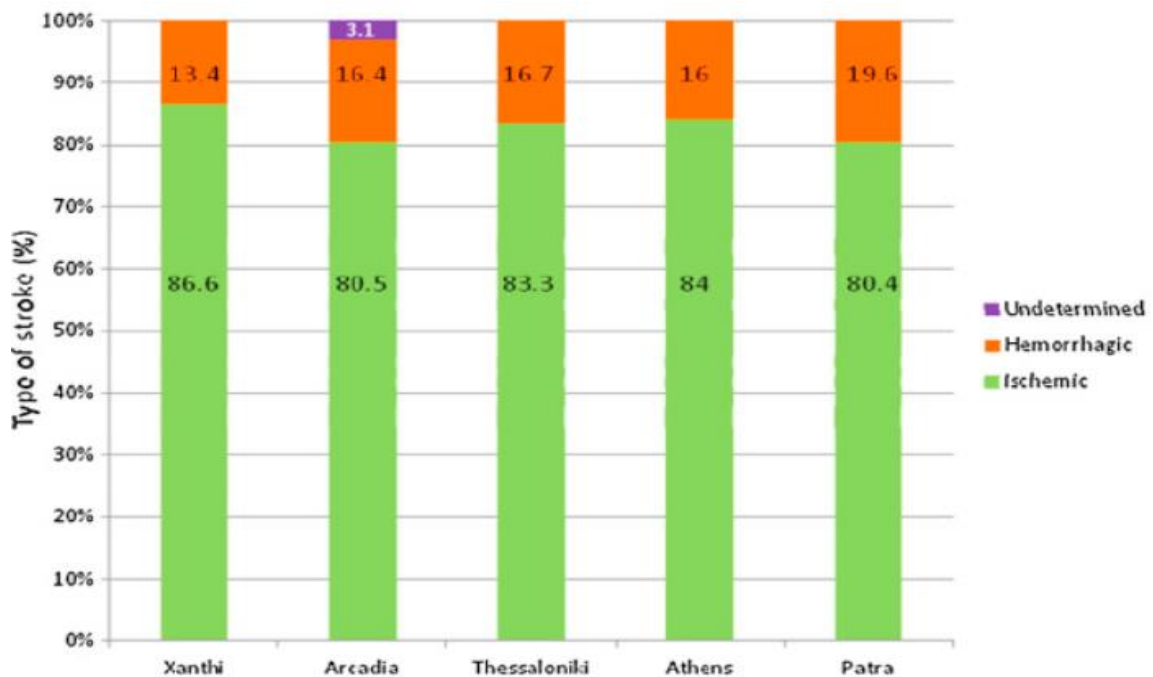
Πηγή: Our World in Data - Cardiovascular Diseases, World Health Organization(2024)

Επιπρόσθετα, οι δημογραφικές μεταβολές και η γήρανση του πληθυσμού σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των ατόμων που πλήττονται από εγκεφαλικό επεισόδιο. Ο αριθμός των ατόμων άνω των 65 ετών, οι οποίοι έχουν υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης εγκεφαλικού, αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια, γεγονός που θα αυξήσει τη ζήτηση για νοσοκομειακή και μακροχρόνια φροντίδα. Οι ειδικοί προβλέπουν ότι χωρίς τη λήψη μέτρων για την πρόληψη και την καλύτερη διαχείριση της νόσου, τα περιστατικά εγκεφαλικών στην Ευρώπη ενδέχεται να αυξηθούν κατά 35% έως το 2050.

1.2.3 Εγκεφαλικά Επεισόδια στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, τα εγκεφαλικά επεισόδια αποτελούν σημαντική αιτία θνησιμότητας και αναπηρίας, καθώς καταγράφονται περίπου 35.000 έως 40.000 νέα περιστατικά εγκεφαλικού κάθε χρόνο. Αυτή η επιδημιολογική επιβάρυνση αντιστοιχεί σε ποσοστό περίπου 11% των συνολικών θανάτων στη χώρα, καθιστώντας το εγκεφαλικό την τρίτη πιο συχνή αιτία θανάτου, μετά τα καρδιαγγειακά νοσήματα και τον καρκίνο. Οι μελέτες δείχνουν ότι το 40% των ασθενών που επιβιώνουν από το εγκεφαλικό επεισόδιο στην Ελλάδα παρουσιάζουν μόνιμες αναπηρίες, οι οποίες επηρεάζουν την ικανότητά τους να αυτοεξυπηρετούνται, να εργάζονται και να ζουν αυτόνομα.

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην υψηλή επίπτωση των εγκεφαλικών επεισοδίων στην Ελλάδα συνδέονται με την αυξανόμενη ηλικία του πληθυσμού, αλλά και με τις ανθυγιεινές συνήθειες ζωής. Οι κύριοι τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου, όπως η υπέρταση, η κακή διατροφή, η παχυσαρκία, το κάπνισμα και η καθιστική ζωή, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι στη χώρα και συνδέονται άμεσα με την εμφάνιση εγκεφαλικού επεισοδίου. Επιπλέον, η ανεπαρκής πρόσβαση σε προληπτική φροντίδα και η αδυναμία έγκαιρης αντιμετώπισης των παραγόντων κινδύνου επιδεινώνουν την κατάσταση.



Εικόνα 4: Ποσοστά τύπων εγκεφαλικού επεισοδίου ανά περιοχές της Ελλάδος.

Περιγραφή εικόνας(4): Στο παραπάνω **ραβδόγραμμα** με τα ποσοστά που καταγράφονται παρατηρείται πως τα ποσοστά ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων είναι τέσσερις ή και πέντε φορές μεγαλύτερα από αυτά των αιμορραγικών εγκεφαλικών επεισοδίων. Η πιο ενδιαφέρων παρατήρηση όμως είναι πως τα ποσοστά ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων στην νότια Ελλάδα και κυρίως στην **Πελοπόννησο**, είναι **5-7%** χαμηλότερα σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα (Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα).

Πηγή: Current status of stroke epidemiology in Greece: A panorama - ScienceDirect

Παρά τις προόδους στη διάγνωση και θεραπεία των εγκεφαλικών, η πρόληψη παραμένει το κλειδί για τη μείωση της επίπτωσης και της σοβαρότητας της νόσου. Ειδικότερα, οι εκστρατείες ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού σχετικά με τα συμπτώματα του εγκεφαλικού, καθώς και οι στρατηγικές για τον περιορισμό των παραγόντων κινδύνου (όπως η μείωση της κατανάλωσης αλατιού και η προώθηση της άσκησης), μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εγκεφαλικών επεισοδίων στο μέλλον.

1.3 Παράγοντες Κινδύνου για το Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Η αναγνώριση και κατανόηση των παραγόντων κινδύνου για το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι κρίσιμη για την πρόληψη της νόσου και τη μείωση των συνεπειών της. Οι παράγοντες κινδύνου διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: τους **μη τροποποιήσιμους** και τους **τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου**. Οι μη τροποποιήσιμοι σχετίζονται με τη φυσιολογία του ατόμου και δεν μπορούν να επηρεαστούν μέσω αλλαγών στον τρόπο ζωής, ενώ οι τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου μπορούν να ελεγχθούν και να βελτιωθούν με ιατρική παρέμβαση ή αλλαγές στη συμπεριφορά και τον τρόπο ζωής.

1.3.1 Μη Τροποποιήσιμοι Παράγοντες Κινδύνου

1. **Ηλικία:** Η ηλικία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση εγκεφαλικού επεισοδίου. Οι πιθανότητες εμφάνισης εγκεφαλικού αυξάνονται δραματικά μετά την ηλικία των 55 ετών, με τον κίνδυνο να διπλασιάζεται κάθε δεκαετία. Στις ανεπτυγμένες χώρες, όπου το προσδόκιμο ζωής είναι υψηλό, τα εγκεφαλικά επεισόδια παρουσιάζονται με αυξανόμενη συχνότητα, καθώς ο πληθυσμός γερνά.
2. **Φύλο:** Παρότι τα εγκεφαλικά επεισόδια είναι πιο συχνά στους άνδρες, οι γυναίκες είναι πιθανότερο να πεθάνουν από εγκεφαλικό. Ειδικότερα, μετά την εμμηνόπαυση, οι γυναίκες διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο εγκεφαλικού λόγω της μείωσης των προστατευτικών επιδράσεων των οιστρογόνων. Σύμφωνα με έρευνες, οι γυναίκες που εμφανίζουν εγκεφαλικό παρουσιάζουν συχνά σοβαρότερη συμπτωματολογία και μεγαλύτερα ποσοστά αναπηρίας.
3. **Οικογενειακό Ιστορικό και Γενετική Προδιάθεση:** Τα άτομα με οικογενειακό ιστορικό εγκεφαλικού διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να εμφανίσουν τη νόσο. Η γενετική προδιάθεση μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο λειτουργίας των αιμοφόρων αγγείων και την ευαισθησία σε παράγοντες όπως η υπέρταση και η χοληστερόλη. Έρευνες έχουν δείξει ότι μεταλλάξεις σε γονίδια που σχετίζονται με την πήξη του αίματος ή τη λειτουργία των αιμοφόρων αγγείων μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο.

1.3.2 Τροποποιήσιμοι Παράγοντες Κινδύνου

1. **Υπέρταση:** Η υψηλή αρτηριακή πίεση (υπέρταση) είναι ο πιο σημαντικός τροποποιήσιμος παράγοντας κινδύνου για το εγκεφαλικό επεισόδιο. Η υπέρταση προκαλεί αυξημένη πίεση στα αιμοφόρα αγγεία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αθηροσκλήρωση, ρήξη ή σχηματισμό θρόμβων. Η σωστή διαχείριση της αρτηριακής πίεσης μέσω φαρμακευτικής αγωγής και αλλαγών στη διατροφή και τον τρόπο ζωής είναι απαραίτητη για τη μείωση του κινδύνου εγκεφαλικού.
2. **Καρδιαγγειακές Παθήσεις:** Οι καρδιαγγειακές παθήσεις, όπως η στεφανιαία νόσος και η κολπική μαρμαρυγή, αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου. Στην περίπτωση της κολπικής μαρμαρυγής, ο μη κανονικός καρδιακός ρυθμός μπορεί να προκαλέσει σχηματισμό θρόμβων στο αίμα, οι οποίοι μπορεί να ταξιδέψουν στον εγκέφαλο και να προκαλέσουν ισχαιμικό εγκεφαλικό. Οι ασθενείς με τέτοιες καταστάσεις πρέπει να λαμβάνουν αντιπηκτική αγωγή για τη μείωση του κινδύνου σχηματισμού θρόμβων.
3. **Διαβήτης:** Ο διαβήτης τύπου 2 διπλασιάζει σχεδόν τον κίνδυνο εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου. Ο διαβήτης προκαλεί βλάβες στα αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας τον κίνδυνο σχηματισμού αθηρωματικών πλακών και θρόμβων. Επιπλέον, ο διαβήτης συχνά συνυπάρχει με άλλους παράγοντες κινδύνου, όπως η υπέρταση και η παχυσαρκία, οι οποίοι επιδεινώνουν την κατάσταση.
4. **Κάπνισμα:** Το κάπνισμα συνδέεται άμεσα με τον αυξημένο κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου, καθώς προκαλεί βλάβες στα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων και αυξάνει την πιθανότητα σχηματισμού αθηρωματικών πλακών και θρόμβων. Οι τοξικές

ουσίες που περιέχονται στον καπνό του τσιγάρου επιταχύνουν την αθηροσκλήρωση και αυξάνουν την πήξη του αίματος, με αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα εγκεφαλικού.

5. **Παχυσαρκία και Καθιστική Ζωή:** Η παχυσαρκία και η έλλειψη φυσικής δραστηριότητας συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου. Η υπερβολική κατανάλωση θερμίδων και η έλλειψη άσκησης οδηγούν σε αύξηση της χοληστερόλης, υπέρταση και διαβήτη, όλα από τα οποία είναι σημαντικοί παράγοντες κινδύνου για εγκεφαλικό. Έχει αποδειχθεί ότι η τακτική φυσική άσκηση και η υιοθέτηση μιας υγιεινής διατροφής μπορούν να μειώσουν δραστικά τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου.
6. **Υψηλή Χοληστερόλη:** Η αυξημένη συγκέντρωση χοληστερόλης στο αίμα οδηγεί σε σχηματισμό αθηρωματικών πλακών στα αιμοφόρα αγγεία, προκαλώντας αθηροσκλήρωση. Αυτό μπορεί να περιορίσει τη ροή του αίματος στον εγκέφαλο, αυξάνοντας τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου. Η διατροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά και η έλλειψη φυσικής άσκησης συνεισφέρουν στην αύξηση της χοληστερόλης.

1.3.3 Άλλοι Παράγοντες Κινδύνου

1. **Κατανάλωση Αλκοόλ:** Η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ αυξάνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου, ειδικά όταν συνδέεται με άλλους παράγοντες όπως η υπέρταση και η παχυσαρκία. Το αλκοόλ αυξάνει την αρτηριακή πίεση και μπορεί να επηρεάσει την καρδιακή λειτουργία, οδηγώντας σε σχηματισμό θρόμβων.
2. **Στρες:** Η χρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα στρες μπορεί να επηρεάσει την αρτηριακή πίεση και να αυξήσει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων, γεγονός που με τη σειρά του αυξάνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου. Το άγχος συνδέεται επίσης με ανθυγιεινές συνήθειες, όπως το κάπνισμα και την κακή διατροφή, οι οποίες επιδεινώνουν την κατάσταση.

1.4 Οικονομικό Κόστος και Επιπτώσεις στο Σύστημα Υγείας

Το εγκεφαλικό επεισόδιο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις για τα συστήματα υγείας παγκοσμίως, τόσο λόγω της συχνότητας εμφάνισής του όσο και των μακροπρόθεσμων επιπτώσεών του. Το κόστος που σχετίζεται με τη φροντίδα των ασθενών που έχουν υποστεί εγκεφαλικό είναι πολυεπίπεδο και περιλαμβάνει τόσο άμεσες ιατρικές δαπάνες όσο και έμμεσες οικονομικές απώλειες. Η κατανόηση αυτών των δαπανών είναι ζωτικής σημασίας για τη χάραξη αποτελεσματικών στρατηγικών πρόληψης και αποκατάστασης.

1.4.1 Άμεσο Οικονομικό Κόστος

Οι άμεσες δαπάνες που σχετίζονται με το εγκεφαλικό επεισόδιο περιλαμβάνουν τις δαπάνες νοσηλείας, φαρμακευτικής αγωγής, χειρουργικών επεμβάσεων και αποκατάστασης. Οι ασθενείς που επιβιώνουν μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο συχνά χρειάζονται νοσηλεία σε μονάδες εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) και περαιτέρω νοσηλεία σε ειδικές κλινικές για την αποκατάσταση. Επιπλέον, ανάλογα με τη σοβαρότητα του εγκεφαλικού, οι ασθενείς μπορεί να απαιτούν

μακροχρόνια φροντίδα, συμπεριλαμβανομένης της φυσιοθεραπείας, λογοθεραπείας και εργοθεραπείας.

Σύμφωνα με το **Stroke Alliance for Europe (SAFE)**, το άμεσο οικονομικό κόστος για τη θεραπεία και αποκατάσταση των εγκεφαλικών επεισοδίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση ξεπερνά τα 20 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως. Στις δαπάνες αυτές περιλαμβάνονται οι υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης, η διαχείριση φαρμακευτικών θεραπειών και η εξειδικευμένη περίθαλψη σε νοσοκομεία και κέντρα αποκατάστασης.

	Health care costs							Social care	Productivity costs		Informal care costs		TOTAL costs	
	Primary care	Outpatient care	Emergency care	Hospital care	Medications	Total healthcare	% of total healthcare expenditure		Mortality losses	Morbidity losses		Total	% GDP	
Austria	155	127	30	504	29	845	2.29%		106	94	180	383	1608	0.44%
Belgium	39	38	7	411	31	524	1.24%		328	118	159	354	1484	0.34%
Bulgaria	11	12	2	31	15	70	1.77%		8	87	6	106	278	0.54%
Croatia	10	6	8	22	5	50	1.50%		2	31	26	101	211	0.43%
Cyprus	1	6	2	1	1	11	0.90%		2	5	6	13	37	0.19%
Czech Rep.	25	64	3	280	18	390	3.09%		24	79	32	206	730	0.38%
Denmark	20	19	6	114	7	166	0.58%		155	124	83	148	677	0.23%
Estonia	9	15	2	33	1	61	4.34%		3	14	24	35	137	0.58%
Finland	19	161	29	421	10	640	3.12%		133	83	163	92	1111	0.50%
France	292	401	87	1165	199	2143	0.83%		630	519	1271	1260	5823	0.25%
Germany	1155	1359	24	6408	143	9089	2.60%		866	1483	1191	4971	17,600	0.54%
Greece	6	11	17	209	41	284	1.93%		36	82	89	160	650	0.36%
Hungary	20	37	6	196	28	286	3.42%		13	87	12	168	567	0.46%
Ireland	27	26	23	83	14	172	0.84%		17	67	111	83	451	0.15%
Italy	250	418	188	2160	115	3131	2.08%		375	543	501	2355	6905	0.40%
Latvia	4	8	1	13	3	30	1.90%		3	36	16	59	144	0.53%
Lithuania	13	14	1	32	2	62	2.39%		5	47	29	59	203	0.48%
Luxembourg	2	5	0	21	2	29	0.90%		19	6	4	17	75	0.14%
Malta	1	1	0	7	1	10	1.15%		2	3	5	8	29	0.26%
Netherlands	83	217	12	450	169	932	1.28%		210	247	117	484	1991	0.27%
Poland	45	261	9	253	67	636	2.29%		89	331	35	421	1512	0.33%
Portugal	37	60	44	91	24	257	1.53%		15	133	74	304	783	0.40%
Romania	19	61	4	88	26	198	2.33%		33	234	17	333	815	0.43%
Slovakia	32	78	3	55	8	177	3.07%		11	54	22	83	347	0.41%
Slovenia	10	8	2	25	4	48	1.41%		9	15	12	45	129	0.30%
Spain	427	336	178	569	175	1685	1.68%		133	274	357	1109	3557	0.30%
Sweden	121	289	55	311	12	788	1.55%		231	122	122	193	1455	0.31%

Πίνακας 3: Κόστος εγκεφαλικών επεισοδίων ανά χώρα στην Ευρώπη.

Περιγραφή πίνακα (3): Αυτός ο πίνακας παρουσιάζει το κόστος των εγκεφαλικών επεισοδίων σε εκατομμύρια ευρώ για διάφορες ευρωπαϊκές χώρες το 2017. Περιλαμβάνει αναλυτικά το κόστος υγειονομικής περίθαλψης, κοινωνικής φροντίδας και τα κόστη ανεπίσημης φροντίδας, καθώς και τις απώλειες παραγωγικότητας λόγω θνησιμότητας και νοσηρότητας. Το συνολικό κόστος παρουσιάζεται ως ποσοστό του ΑΕΠ για κάθε χώρα, με τη Γερμανία να εμφανίζει το μεγαλύτερο συνολικό κόστος (€17,600 εκατομμύρια), ακολουθούμενη από την Ιταλία και τη Γαλλία. Ο πίνακας προσφέρει μια ολοκληρωμένη ανάλυση του οικονομικού βάρους που προκαλείται από τα εγκεφαλικά επεισόδια στις χώρες της Ευρώπης.

Πηγή: PMC - Costs of Stroke in Europe by Country, 2017.

1.4.2 Έμμεσο Οικονομικό Κόστος

Οι έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις του εγκεφαλικού σχετίζονται με την απώλεια παραγωγικότητας λόγω αναπηρίας ή θανάτου, καθώς και την ανάγκη για μακροχρόνια φροντίδα στο σπίτι. Πολλοί επιζώντες του εγκεφαλικού δεν είναι σε θέση να επιστρέψουν στην εργασία

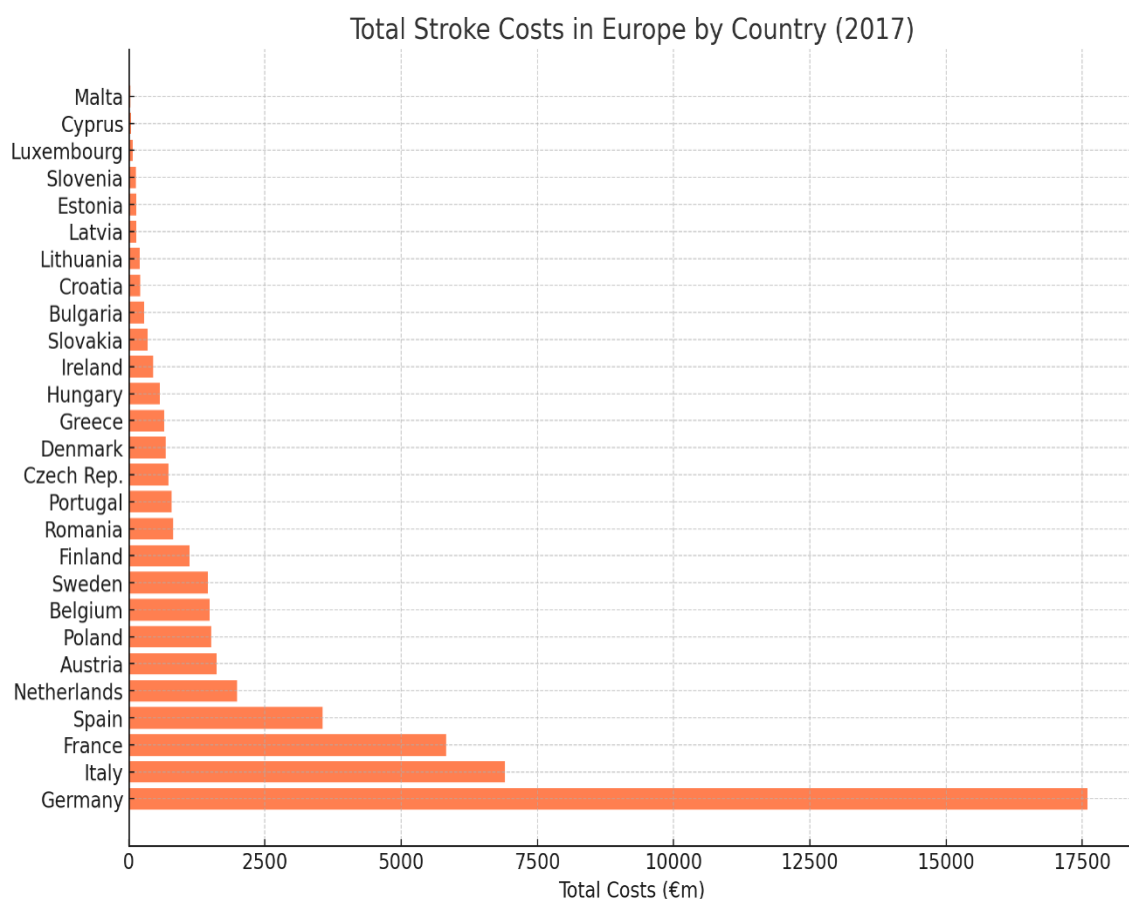
τους λόγω των σοβαρών σωματικών ή γνωστικών αναπηριών που υφίστανται, γεγονός που αυξάνει το κοινωνικό κόστος για τη φροντίδα τους. Επιπλέον, τα μέλη της οικογένειας των ασθενών αναγκάζονται συχνά να αναλάβουν το ρόλο των φροντιστών, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της δικής τους επαγγελματικής απόδοσης.

Σύμφωνα με το SAFE, οι έμμεσες δαπάνες από το εγκεφαλικό σε ολόκληρη την Ευρώπη υπολογίζονται σε περισσότερα από 40 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως. Αυτό το ποσό περιλαμβάνει την απώλεια παραγωγικότητας από τους ασθενείς και τους φροντιστές τους, καθώς και την κοινωνική πρόνοια που απαιτείται για την υποστήριξή τους. Οι χώρες της Βόρειας και Δυτικής Ευρώπης, όπου τα κοινωνικά συστήματα πρόνοιας είναι πιο αναπτυγμένα, καλούνται να καλύψουν σημαντικά κόστη για τη μακροχρόνια φροντίδα των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο.

1.4.3 Κόστος στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, οι οικονομικές επιπτώσεις του εγκεφαλικού είναι εξίσου σημαντικές. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, το συνολικό κόστος της φροντίδας των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο κυμαίνεται μεταξύ 400 και 500 εκατομμυρίων ευρώ ετησίως. Οι άμεσες δαπάνες περιλαμβάνουν τη νοσηλεία σε νοσοκομεία και μονάδες εντατικής θεραπείας, καθώς και τις δαπάνες για φάρμακα και αποκατάσταση. Ειδικότερα, οι ασθενείς που αντιμετωπίζουν σοβαρά εγκεφαλικά επεισόδια απαιτούν μακροχρόνια νοσηλεία και συνεχή φροντίδα, κάτι που αυξάνει σημαντικά το κόστος για το σύστημα υγείας.

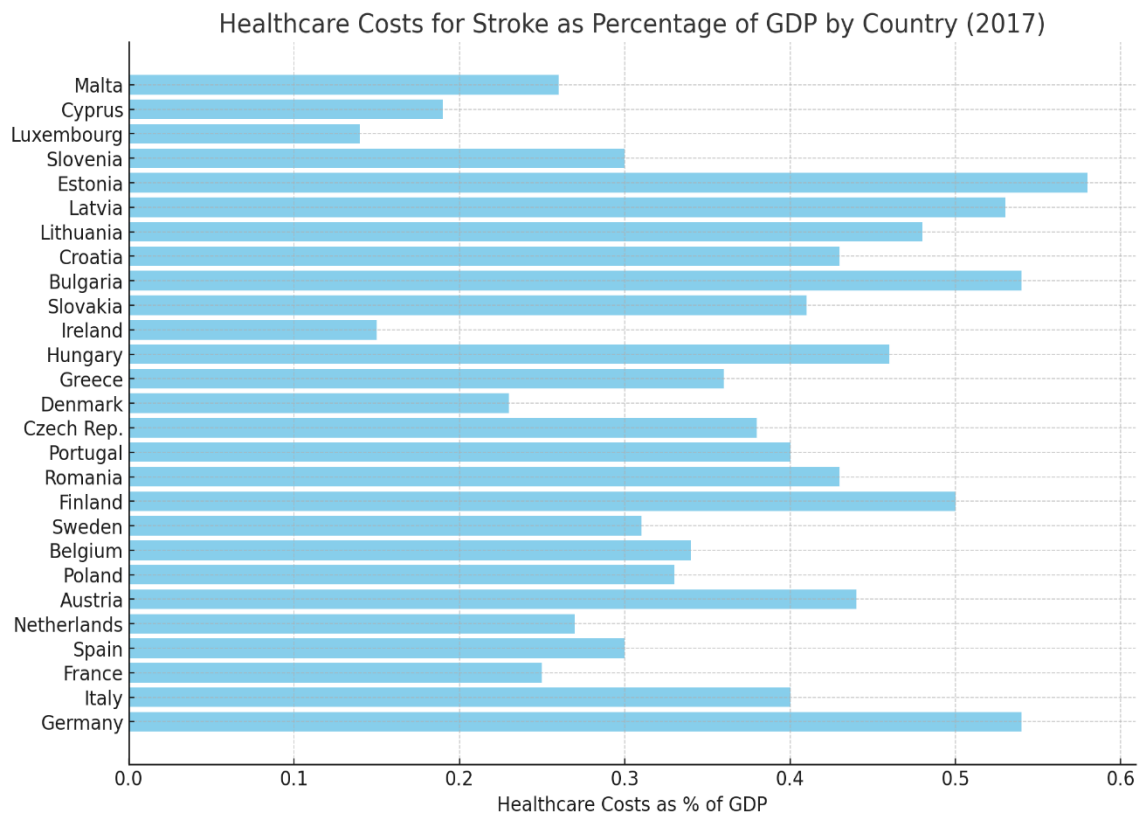
Οι έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις είναι εξίσου σημαντικές στην Ελλάδα, καθώς οι ασθενείς συχνά χάνουν την ικανότητά τους να εργαστούν, ενώ οι οικογένειές τους αναλαμβάνουν το ρόλο των φροντιστών. Αυτό οδηγεί σε απώλειες στην παραγωγικότητα και αυξημένη οικονομική επιβάρυνση για τα νοικοκυριά. Το ελληνικό σύστημα υγείας, το οποίο ήδη αντιμετωπίζει πιέσεις από δημοσιονομικούς περιορισμούς, δυσκολεύεται να καλύψει τις ανάγκες για μακροχρόνια φροντίδα των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο.



Εικόνα 5: Συνολικό κόστος εγκεφαλικού επεισοδίου ανά χώρα στην Ευρώπη.

Περιγραφή εικόνας(5): Αυτή η εικόνα δείχνει το συνολικό κόστος των εγκεφαλικών επεισοδίων σε εκατομμύρια ευρώ για το έτος 2017, ανά χώρα στην Ευρώπη. Οι χώρες με το μεγαλύτερο κόστος είναι η **Γερμανία**, η **Ιταλία**, και η **Γαλλία**, με τις άλλες χώρες να έχουν σημαντικά χαμηλότερα κόστη. Αυτά τα δεδομένα καταδεικνύουν τη μεγάλη οικονομική επιβάρυνση που προκαλούν τα εγκεφαλικά επεισόδια στις μεγάλες ευρωπαϊκές χώρες, με τη Γερμανία να σημειώνει το υψηλότερο κόστος, ξεπερνώντας τα **€17 δισ.**

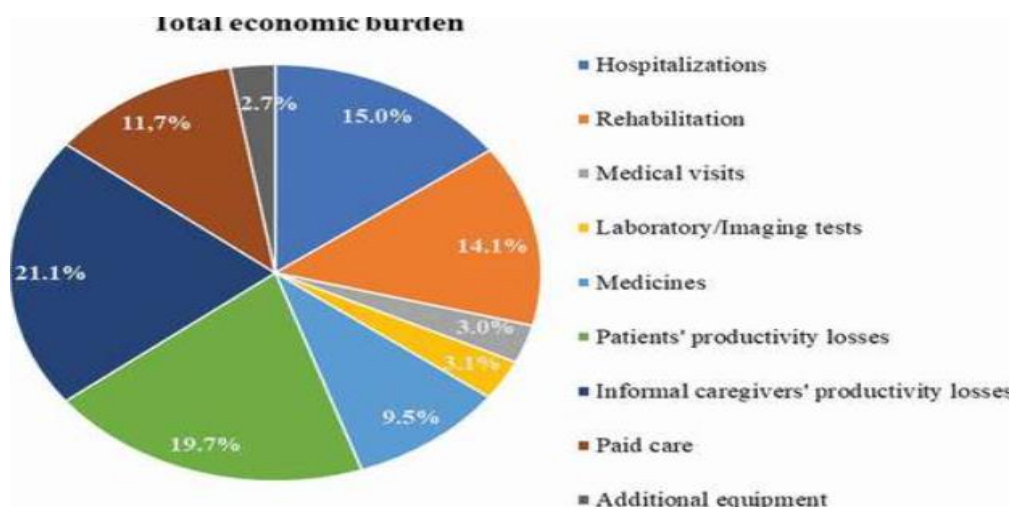
Πηγή: Προσαρμοσμένο από ευρωπαϊκά στατιστικά στοιχεία εγκεφαλικών επεισοδίων, 2017.



Εικόνα 6: Σύγκριση του ποσοστού του ΑΕΠ που ξοδεύεται για την περίθαλψη του εγκεφαλικού στην Ευρώπη.

Περιγραφή εικόνας(6): Healthcare Costs for Stroke as Percentage of GDP by Country (2017): Το παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζει το ποσοστό του ΑΕΠ που ξοδεύεται σε δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης για εγκεφαλικά επεισόδια σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες για το έτος 2017. Η ανάλυση δείχνει ότι χώρες όπως η **Μάλτα**, η **Κύπρος**, και η **Λουξεμβούργο** έχουν υψηλά ποσοστά δαπανών, ενώ άλλες χώρες όπως η **Γερμανία** και η **Ιταλία** έχουν χαμηλότερα ποσοστά αναλογικά με το ΑΕΠ τους. Τα δεδομένα αυτά προσφέρουν πληροφορίες για την κατανομή των οικονομικών πόρων σε σχέση με την υγεία σε διαφορετικά κράτη.

Πηγή: Προσαρμοσμένο από ευρωπαϊκά στατιστικά στοιχεία εγκεφαλικών επεισοδίων, 2017.



Εικόνα 7: Διαχωρισμός οικονομικών επιβαρύνσεων εγκεφαλικών επεισοδίων στην Ελλάδα.

Περιγραφή εικόνας (7): Η εικόνα παρουσιάζει ένα κυκλικό διάγραμμα που απεικονίζει την οικονομική επιβάρυνση του εγκεφαλικού επεισοδίου στην Ελλάδα. Κάθε τμήμα του διαγράμματος αντιπροσωπεύει τα ποσοστά των επιμέρους εξόδων που σχετίζονται με τη φροντίδα των ασθενών. Το μεγαλύτερο ποσοστό κόστους προέρχεται από τις νοσηλείες (Hospitalizations) με 21.1%, ακολουθούμενες από την αποκατάσταση (Rehabilitation) με 19.7%, που δείχνει το σημαντικό κόστος που απαιτείται για τη μακροχρόνια αποκατάσταση των ασθενών. Οι ιατρικές επισκέψεις (Medical visits) καταλαμβάνουν το 15% του συνολικού κόστους, ενώ οι πληρωμένες φροντίδες (Paid care) αντιπροσωπεύουν 14.1%. Τα φάρμακα (Medicines) αποτελούν το 9.5% της δαπάνης. Άλλα κόστη περιλαμβάνουν τις εργαστηριακές/απεικονιστικές εξετάσεις, τις απώλειες παραγωγικότητας των ασθενών και των φροντιστών, καθώς και την αγορά επιπλέον εξοπλισμού, ο οποίος αφορά το 2.7% των συνολικών εξόδων. Συνολικά, το διάγραμμα δίνει μια σαφή εικόνα του οικονομικού βάρους που επιφέρει το εγκεφαλικό επεισόδιο στο σύστημα υγείας και την κοινωνία στην Ελλάδα.

Πηγή: Estimation of the economic burden of atrial fibrillation-related stroke in Greece

1.4.4 Επιπτώσεις στο Σύστημα Υγείας

Το εγκεφαλικό επεισόδιο επιβαρύνει σοβαρά τα συστήματα υγείας, κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας της θεραπείας και της αποκατάστασης. Στην περίπτωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι δαπάνες που σχετίζονται με την περίθαλψη ασθενών με εγκεφαλικό υπερβαίνουν τα 60 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως, σύμφωνα με στοιχεία της **Stroke Alliance for Europe**. Αυτό το ποσό καλύπτει τόσο τα άμεσα κόστη, όπως η νοσηλεία και η φαρμακευτική αγωγή, όσο και τα έμμεσα κόστη, όπως η φροντίδα στο σπίτι και η απώλεια παραγωγικότητας.

Στην Ελλάδα, τα εγκεφαλικά επεισόδια επιβαρύνουν το σύστημα υγείας σημαντικά, καθώς οι ασθενείς συχνά απαιτούν μακροχρόνια νοσηλεία και ειδική φροντίδα. Οι πιέσεις αυτές είναι ιδιαίτερα έντονες στις δημόσιες δομές υγείας, οι οποίες δυσκολεύονται να διαχειριστούν την αυξανόμενη ζήτηση για φροντίδα. Η έλλειψη εξειδικευμένων κέντρων αποκατάστασης και η περιορισμένη πρόσβαση σε υπηρεσίες φυσικοθεραπείας και εργοθεραπείας συμβάλλουν στην επιδείνωση της κατάστασης, καθώς οι ασθενείς δεν λαμβάνουν πάντα την απαραίτητη φροντίδα για την πλήρη αποκατάσταση των ικανοτήτων τους.

Οι επιπτώσεις στην κοινωνία και την οικονομία είναι εξίσου σημαντικές, καθώς το εγκεφαλικό όχι μόνο προκαλεί απώλειες παραγωγικότητας, αλλά και αυξάνει τις δαπάνες για κοινωνικές υπηρεσίες και πρόνοια. Οι ασθενείς που παραμένουν με μόνιμες αναπηρίες απαιτούν συνεχόμενη υποστήριξη, ενώ οι φροντιστές τους συχνά αναγκάζονται να μειώσουν την εργασιακή τους απασχόληση, προσθέτοντας έτσι ένα επιπλέον οικονομικό βάρος.

1.5 Αντιμετώπιση και Θεραπευτική Προσέγγιση

Η αντιμετώπιση του εγκεφαλικού επεισοδίου είναι κρίσιμη για τη μείωση των θανάτων και των μόνιμων αναπηριών που προκαλεί η νόσος. Η θεραπεία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος του εγκεφαλικού επεισοδίου (ισχαιμικό ή αιμορραγικό), καθώς και από την ταχύτητα με

την οποία ο ασθενής λαμβάνει ιατρική φροντίδα. Η επιτυχία της θεραπευτικής παρέμβασης βασίζεται στην άμεση διάγνωση και την άμεση παροχή κατάλληλης φροντίδας.

1.5.1 Οξεία Αντιμετώπιση

Η οξεία φάση της θεραπείας του εγκεφαλικού επεισοδίου στοχεύει στη διατήρηση της ζωής του ασθενούς και στον περιορισμό των εγκεφαλικών βλαβών. Η θεραπευτική προσέγγιση διαφέρει ανάλογα με το αν το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι ισχαιμικό ή αιμορραγικό.

1. Ισχαιμικό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

- Το ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο, το οποίο αποτελεί περίπου το 85% των περιπτώσεων, προκαλείται από την απόφραξη αιμοφόρου αγγείου που τροφοδοτεί τον εγκέφαλο με αίμα. Η κύρια θεραπεία για το ισχαιμικό εγκεφαλικό είναι η **θρομβόλυση**. Πρόκειται για τη διάλυση του θρόμβου με τη χορήγηση ενός φαρμάκου, συνήθως ενεργοποιητή του πλασμινογόνου ιστού (tPA). Η θρομβόλυση πρέπει να γίνει μέσα στις πρώτες 3 έως 4,5 ώρες από την εμφάνιση των συμπτωμάτων, για να είναι αποτελεσματική.
- Μια άλλη μέθοδος για την αντιμετώπιση του ισχαιμικού εγκεφαλικού είναι η **μηχανική θρομβεκτομή**, κατά την οποία ο θρόμβος αφαιρείται μηχανικά μέσω ενός καθετήρα που εισάγεται στο αιμοφόρο αγγείο. Η θρομβεκτομή εφαρμόζεται συνήθως όταν η θρομβόλυση δεν είναι δυνατή ή δεν έχει επαρκή αποτελέσματα.
- Σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η άμεση αφαίρεση του θρόμβου, χορηγείται **αντιπηκτική και αντιαιμοπεταλιακή αγωγή**. Τα φάρμακα όπως η ασπιρίνη χρησιμοποιούνται για να εμποδίσουν τη δημιουργία νέων θρόμβων και να βελτιώσουν τη ροή του αίματος στον εγκέφαλο.

2. Αιμορραγικό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

- Το αιμορραγικό εγκεφαλικό προκαλείται από τη ρήξη ενός αιμοφόρου αγγείου που οδηγεί σε αιμορραγία στον εγκέφαλο. Η θεραπεία επικεντρώνεται στην αποτροπή περαιτέρω αιμορραγίας και στη μείωση της πίεσης που ασκείται στον εγκέφαλο. Σε πολλές περιπτώσεις, η χειρουργική παρέμβαση είναι απαραίτητη για την αφαίρεση του αίματος και την αποκατάσταση του αιμορραγούντος αγγείου.
- Σε ασθενείς με σοβαρή υπέρταση που προκαλεί αιμορραγικό εγκεφαλικό, η φαρμακευτική αγωγή χρησιμοποιείται για τη μείωση της αρτηριακής πίεσης και την αποτροπή περαιτέρω βλάβης στον εγκέφαλο. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται φάρμακα για τον έλεγχο της πήξης του αίματος και την αποτροπή νέων αιμορραγιών.

1.5.2 Μακροχρόνια Αντιμετώπιση και Αποκατάσταση

Μετά την οξεία φάση, η αποκατάσταση και η μακροχρόνια φροντίδα είναι κρίσιμες για την ανάκτηση των χαμένων λειτουργιών και την επανένταξη του ασθενούς στην καθημερινή ζωή. Η αποκατάσταση ποικίλλει ανάλογα με τη σοβαρότητα των βλαβών και μπορεί να περιλαμβάνει φυσικοθεραπείες, λογοθεραπείες και ψυχολογική υποστήριξη.

1. **Φυσικοθεραπεία:** Ένας σημαντικός τομέας αποκατάστασης για τους ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό είναι η αποκατάσταση των κινητικών λειτουργιών. Η φυσικοθεραπεία βοηθά στην επανεκπαίδευση του ασθενούς να περπατάει και να χρησιμοποιεί τα χέρια του. Ειδικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για την ενδυνάμωση των μυών και την αποκατάσταση της ισορροπίας.
2. **Λογοθεραπεία:** Οι ασθενείς που έχουν υποστεί βλάβες στις περιοχές του εγκεφάλου που ελέγχουν την ομιλία και την κατανόηση μπορούν να ωφεληθούν από τη λογοθεραπεία. Αυτή η θεραπεία βοηθά στην αποκατάσταση της επικοινωνίας, της ικανότητας κατάποσης και άλλων λειτουργιών που σχετίζονται με τη γλώσσα.
3. **Εργοθεραπεία:** Η εργοθεραπεία επικεντρώνεται στην αποκατάσταση των λεπτών κινητικών δεξιοτήτων και της ικανότητας του ασθενούς να εκτελεί καθημερινές δραστηριότητες, όπως το ντύσιμο, το φαγητό και η αυτοεξυπηρέτηση. Η εργοθεραπεία είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της αυτονομίας των ασθενών και την επανένταξή τους στην κοινωνία.
4. **Ψυχολογική Υποστήριξη:** Πολλοί επιζώντες του εγκεφαλικού αντιμετωπίζουν κατάθλιψη και αγχώδεις διαταραχές λόγω της ξαφνικής αλλαγής στην ποιότητα ζωής τους. Η ψυχολογική υποστήριξη, είτε μέσω ψυχοθεραπείας είτε μέσω φαρμακευτικής αγωγής, είναι απαραίτητη για να βοηθήσει τους ασθενείς να προσαρμοστούν στις νέες τους συνθήκες και να βελτιώσουν την ψυχική τους υγεία.

1.5.3 Πρόληψη Δευτερογενούς Εγκεφαλικού

Η πρόληψη ενός δευτερογενούς εγκεφαλικού επεισοδίου είναι ένας σημαντικός στόχος της θεραπευτικής παρέμβασης. Οι ασθενείς που έχουν ήδη υποστεί εγκεφαλικό διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο να εμφανίσουν δεύτερο επεισόδιο, το οποίο μπορεί να είναι πιο σοβαρό. Για την αποτροπή ενός νέου εγκεφαλικού, εφαρμόζονται οι εξής στρατηγικές:

1. **Αντιαιμοπεταλιακή και Αντιπηκτική Θεραπεία:** Η χορήγηση φαρμάκων, όπως η ασπιρίνη, η κλοπιδογρέλη ή τα νέα αντιπηκτικά, χρησιμοποιούνται για την αποτροπή του σχηματισμού θρόμβων και τη μείωση του κινδύνου ισχαιμικού εγκεφαλικού.
2. **Έλεγχος της Υπέρτασης:** Η διατήρηση της αρτηριακής πίεσης σε φυσιολογικά επίπεδα είναι κρίσιμη για την πρόληψη δευτερογενούς εγκεφαλικού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω φαρμακευτικής αγωγής και αλλαγών στον τρόπο ζωής, όπως η μείωση του αλατιού στη διατροφή και η τακτική άσκηση.
3. **Διαχείριση της Χοληστερόλης:** Οι ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό συνήθως έχουν υψηλά επίπεδα χοληστερόλης, τα οποία πρέπει να ελέγχονται με τη χρήση στατινών και άλλων φαρμάκων που μειώνουν τη συγκέντρωση λιπαρών στον οργανισμό.
4. **Διακοπή του Καπνίσματος:** Το κάπνισμα αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση δεύτερου εγκεφαλικού επεισοδίου. Η διακοπή του καπνίσματος μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο και να βελτιώσει τη συνολική υγεία του ασθενούς.

2 Χρησιμότητα Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων για το Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Η ανάγκη για αποτελεσματική πρόληψη, έγκαιρη διάγνωση και σωστή διαχείριση του εγκεφαλικού επεισοδίου είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Όπως αναλύθηκε, τα εγκεφαλικά επεισόδια έχουν τεράστιο αντίκτυπο τόσο στην υγεία των ασθενών όσο και στα συστήματα υγείας και την κοινωνία. Σε αυτό το πλαίσιο, τα **Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων** διαδραματίζουν έναν καθοριστικό ρόλο, βοηθώντας τους επαγγελματίες υγείας στη λήψη αποφάσεων με τη βοήθεια δεδομένων και τεχνολογίας. Ακολουθούν οι βασικοί λόγοι για τους οποίους τα DSS είναι απαραίτητα στη διαχείριση των εγκεφαλικών επεισοδίων.

2.1 Πρόβλεψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων

Ένας από τους πιο κρίσιμους τομείς όπου τα DSS μπορούν να προσφέρουν ανεκτίμητη βοήθεια είναι η **πρόβλεψη** εγκεφαλικών επεισοδίων, ιδίως σε ασθενείς υψηλού κινδύνου. Τα σύγχρονα DSS μπορούν να επεξεργάζονται τεράστια σύνολα δεδομένων, αναλύοντας παραμέτρους όπως:

- Ηλικία
- Αρτηριακή πίεση
- Επίπεδα χοληστερόλης
- Ιστορικό καρδιαγγειακών παθήσεων και διαβήτη
- Καπνιστική συνήθεια

Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης (AI), τα συστήματα αυτά μπορούν να εντοπίσουν μοτίβα που υποδηλώνουν αυξημένο κίνδυνο εγκεφαλικού σε ασθενείς. Αυτό επιτρέπει στους επαγγελματίες υγείας να παρέμβουν εγκαίρως και να μειώσουν τον κίνδυνο εμφάνισης εγκεφαλικού μέσω προληπτικών μέτρων, όπως η φαρμακευτική αγωγή ή η αλλαγή στον τρόπο ζωής. Η **πρόληψη** μέσω της χρήσης DSS μπορεί να μειώσει σημαντικά τόσο την επιβάρυνση στα συστήματα υγείας όσο και τον αριθμό των περιστατικών εγκεφαλικών.

2.2 Έγκαιρη Διάγνωση και Θεραπευτικές Αποφάσεις

Η ταχύτητα και η ακρίβεια είναι κρίσιμες παράμετροι για τη διάγνωση και αντιμετώπιση ενός εγκεφαλικού επεισοδίου. Τα DSS μπορούν να βοηθήσουν στην **έγκαιρη διάγνωση** εντοπίζοντας με ακρίβεια τα συμπτώματα ενός επερχόμενου εγκεφαλικού, βασιζόμενα σε δεδομένα από προηγούμενες εξετάσεις και κλινικά αρχεία του ασθενούς. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις ισχαιμικού εγκεφαλικού, η χρήση συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων μπορεί να επιταχύνει τη λήψη αποφάσεων για τη χορήγηση θρομβολυτικών φαρμάκων ή για την εφαρμογή μηχανικής θρομβεκτομής.

Επιπλέον, τα DSS μπορούν να βοηθήσουν στη **βελτιστοποίηση των θεραπειών** ανάλογα με το προφίλ του ασθενούς. Για παράδειγμα, σε ασθενείς με κίνδυνο αιμορραγικού εγκεφαλικού, τα

συστήματα αυτά μπορούν να παρέχουν προειδοποιήσεις σχετικά με την ανάγκη για διακοπή αντιπηκτικών φαρμάκων ή τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης. Η λήψη σωστών αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο είναι κρίσιμη για τη μείωση της εγκεφαλικής βλάβης και τη βελτίωση της πιθανότητας επιβίωσης και αποκατάστασης του ασθενούς.

2.3 Διαχείριση Μεγάλου Όγκου Δεδομένων και Προσωποποιημένη Φροντίδα

Η διαχείριση δεδομένων είναι ένας ακόμη τομέας όπου τα DSS μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη φροντίδα των ασθενών με εγκεφαλικό. Τα συστήματα υγείας σήμερα παράγουν τεράστια ποσά δεδομένων για κάθε ασθενή, τα οποία περιλαμβάνουν κλινικές εξετάσεις, απεικονιστικές μελέτες, φαρμακευτική αγωγή και ιστορικά συμβάντα υγείας. Τα DSS μπορούν να **οργανώνουν** αυτά τα δεδομένα και να παρουσιάζουν στους γιατρούς σαφή και ακριβή κλινικά προφίλ, βοηθώντας τους στη λήψη πιο τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι η **προσωποποιημένη φροντίδα** που μπορούν να παρέχουν. Τα DSS λαμβάνουν υπόψη τους το ατομικό προφίλ κάθε ασθενούς και προσαρμόζουν τις προτάσεις θεραπείας με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ασθενούς. Για παράδειγμα, για έναν ηλικιωμένο ασθενή με ιστορικό διαβήτη, τα DSS μπορεί να προτείνουν συγκεκριμένη φαρμακευτική αγωγή που δεν αυξάνει την αρτηριακή πίεση, ελαχιστοποιώντας έτσι τον κίνδυνο νέου εγκεφαλικού επεισοδίου.

2.4 Υποστήριξη Αποφάσεων για τη Μακροχρόνια Αποκατάσταση

Μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο, η διαδικασία αποκατάστασης είναι κρίσιμη για την επανένταξη του ασθενούς στην καθημερινή ζωή. Τα DSS μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο και σε αυτόν τον τομέα, βοηθώντας στην ανάπτυξη **εξατομικευμένων προγραμμάτων αποκατάστασης**. Βασιζόμενα σε δεδομένα από προηγούμενες περιπτώσεις και στη συνεχιζόμενη παρακολούθηση της πορείας του ασθενούς, τα DSS μπορούν να προτείνουν εξατομικευμένα πλάνα φυσικοθεραπείας, εργοθεραπείας και ψυχολογικής υποστήριξης.

Επιπλέον, μπορούν να παρακολουθούν την πρόοδο του ασθενούς και να παρέχουν ενημερώσεις στους γιατρούς για τυχόν προβλήματα που απαιτούν παρέμβαση. Αυτό επιτρέπει στους επαγγελματίες υγείας να προσαρμόζουν το πρόγραμμα αποκατάστασης σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τις πιθανότητες πλήρους αποκατάστασης και μειώνοντας τον κίνδυνο υποτροπής.

2.5 Αντιμετώπιση Έλλειψης Ανθρώπινων Πόρων

Τέλος, τα DSS μπορούν να βοηθήσουν στην **αντιμετώπιση των ελλείψεων σε ανθρώπινο δυναμικό** στα συστήματα υγείας. Η χρήση αυτών των συστημάτων υποστηρίζει τους γιατρούς και τους νοσηλευτές στη λήψη πιο γρήγορων και ακριβών αποφάσεων, μειώνοντας το χρόνο που απαιτείται για τη διάγνωση και τη θεραπεία. Ειδικά σε περιοχές όπου οι υγειονομικές υποδομές είναι περιορισμένες, τα DSS μπορούν να εξασφαλίσουν ότι οι ασθενείς λαμβάνουν υψηλού επιπέδου φροντίδα, ακόμη και αν δεν υπάρχει άμεση διαθεσιμότητα εξειδικευμένων ιατρών.

3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σημαντικότερες μελέτες και εργασίες που αφορούν τη χρήση της **μηχανικής μάθησης (Machine Learning)** σε **Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS)** για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων. Η ανασκόπηση καλύπτει ερευνητικά άρθρα από έγκυρες πηγές, όπως **PubMed**, **IEEE Xplore**, και άλλες επιστημονικές βάσεις δεδομένων. Αναλύονται τα πιο σύγχρονα μοντέλα πρόβλεψης, όπως οι **νευρωνικοί δίκτυα**, οι **αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης**, καθώς και άλλες τεχνικές, όπως το **Random Forest** και το **Support Vector Machines (SVM)**, που χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση των αποφάσεων σε κλινικές εφαρμογές. Οι μελέτες αυτές αξιολογούν τις επιδόσεις αυτών των μοντέλων σε πραγματικά κλινικά δεδομένα και τονίζουν την αξία των συστημάτων αυτών για τη βελτίωση της πρόγνωσης και της έκβασης ασθενών με εγκεφαλικό.

3.1 Πολλαπλές εξηγήσιμες προσεγγίσεις για την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού με χρήση τεχνητής νοημοσύνης. (2023)

Η μελέτη χρησιμοποιεί ετερογενείς ταξινομητές και μεθόδους επεξηγήσιμης τεχνητής νοημοσύνης (Explainable AI - XAI) για να ενισχύσει την κατανόηση και τη διαφάνεια των προβλέψεων της τεχνητής νοημοσύνης. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν πέντε διαφορετικές τεχνικές XAI: SHAP (Shapley Additive Explanations), LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations), ELI5, Anchor και QLattice για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μοντέλων μηχανικής μάθησης. Αυτές οι μέθοδοι βοηθούν τους επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης να κατανοήσουν καλύτερα τα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στις προβλέψεις, διευκολύνοντας την εμπιστοσύνη και την υιοθέτηση εργαλείων TN σε κλινικές ρυθμίσεις.

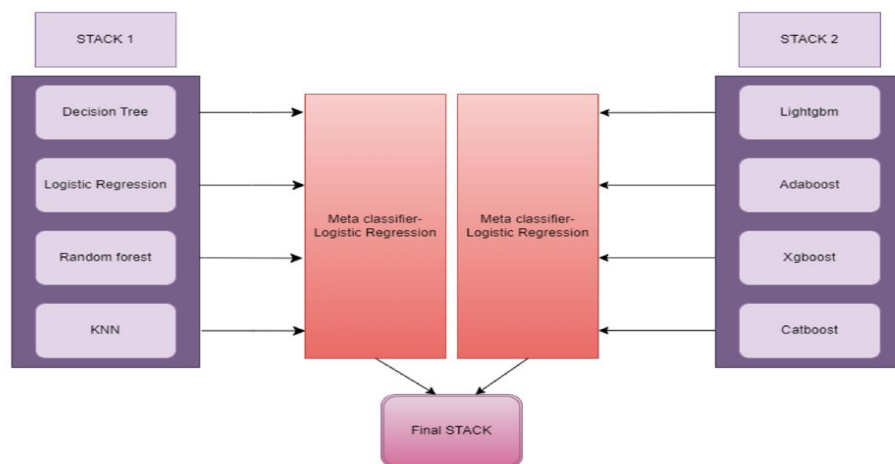
Το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη περιλαμβάνει πληροφορίες από 5110 ασθενείς, με 12 χαρακτηριστικά, όπως η ηλικία, η υπέρταση, η καρδιοπάθεια, ο ΔΜΣ και η κατάσταση καπνίσματος, μεταξύ άλλων. Το σύνολο δεδομένων έχει ένα δυαδικό πρόβλημα ταξινόμησης, όπου οι ασθενείς είτε είχαν εγκεφαλικό επεισόδιο είτε όχι. Η μελέτη διερεύνησε τέσσερις διαφορετικές μεθόδους επιλογής χαρακτηριστικών: Pearson, την αμοιβαία πληροφορία, τη βελτιστοποίηση σμήνους σωματιδίων και τον αλγόριθμο Harris Hawks, για να προσδιοριστεί ποια χαρακτηριστικά είχαν τη μεγαλύτερη επιρροή στην πρόβλεψη του εγκεφαλικού επεισοδίου.

Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιήθηκαν περιλάμβαναν τα Random Forest, Logistic Regression, Decision Tree, K-Nearest Neighbors και διάφορα άλλα. Οι πιο ακριβείς προβλέψεις επιτεύχθηκαν με τη χρήση μιας προσέγγισης ensemble stacking, η οποία συνδύαζε πολλαπλά μοντέλα για τη βελτίωση της απόδοσης. Η μελέτη αναφέρει ότι η στοίβα με τις

καλύτερες επιδόσεις πέτυχε ακρίβεια, ακρίβεια, ανάκληση και βαθμολογία F1 96%. Οι μέθοδοι ΧΑΙ επέτρεψαν στους συγγραφείς να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα των προβλέψεων, με την ηλικία, τον ΔΜΣ, την υπέρταση και τα μέσα επίπεδα γλυκόζης να αναδεικνύονται ως τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου.

Οι συγγραφείς τονίζουν ότι το ΧΑΙ μπορεί να απομυθοποιήσει τα πολύπλοκα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, καθιστώντας τα πιο διαφανή και κατανοητά για τους επαγγελματίες της υγειονομικής περίθαλψης. Στόχος είναι η ενσωμάτωση τέτοιων εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης σε νοσοκομεία και κλινικές για τη βελτίωση της πρόληψης, διάγνωσης και θεραπείας των εγκεφαλικών επεισοδίων. Ωστόσο, υπογραμμίζουν επίσης την ανάγκη για περαιτέρω επικύρωση και αξιολογήσεις της επεκτασιμότητας προτού αυτά τα μοντέλα υιοθετηθούν ευρέως στην κλινική πρακτική.

Συμπερασματικά, η παρούσα έρευνα καταδεικνύει τις δυνατότητες του συνδυασμού της ΤΝ με το ΧΑΙ για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού και ερμηνεύσιμου συστήματος πρόβλεψης εγκεφαλικού επεισοδίου. Παρέχοντας τόσο ακριβείς προβλέψεις όσο και εξηγήσεις για τις προβλέψεις αυτές, η μελέτη στοχεύει να υποστηρίξει τους γιατρούς στη λήψη πιο τεκμηριωμένων αποφάσεων για την πρόληψη των εγκεφαλικών επεισοδίων και τη φροντίδα των ασθενών.



Εικόνα 8: Απεικόνιση αρχιτεκτονικής stacking για την πρόβλεψη κινδύνου

Περιγραφή εικόνας(8): Αυτή η εικόνα απεικονίζει μια αρχιτεκτονική "stacking" που χρησιμοποιείται στη μηχανική μάθηση για την ενίσχυση της ακρίβειας πρόβλεψης. Το **Stack 1** περιλαμβάνει βασικούς ταξινομητές, όπως **Decision Tree**, **Logistic Regression**, **Random Forest** και **K-Nearest Neighbors (KNN)**, οι οποίοι εφαρμόζονται αρχικά στα δεδομένα. Τα αποτελέσματα αυτών των μοντέλων περνούν στον **Meta Classifier - Logistic Regression**, ο οποίος ενσωματώνει τις προβλέψεις τους για να βελτιώσει την απόδοση.

Στο **Stack 2**, άλλοι ισχυροί ταξινομητές, όπως **LightGBM**, **AdaBoost**, **XGBoost** και **CatBoost**, εκτελούν πρόσθετες προβλέψεις. Τα αποτελέσματα αυτών των ταξινομητών περνούν και αυτά μέσω του ίδιου **Meta Classifier - Logistic Regression**. Στο τέλος, όλες οι προβλέψεις συνδυάζονται στο **Final Stack**, προσφέροντας ένα πιο ισχυρό μοντέλο πρόβλεψης, βασισμένο στη συνδυαστική απόδοση όλων των ταξινομητών.

Αυτή η μέθοδος stacking επιτρέπει την εκμετάλλευση της διαφορετικότητας των αλγορίθμων για τη βελτίωση της συνολικής ακρίβειας του μοντέλου.

3.2 Πρόβλεψη αλλαγών στην πρόγνωση ασθενών με ισχαιμικό εγκεφαλικό χρησιμοποιώντας μηχανική μάθηση σε εθνικό μητρώο εγκεφαλικών. (2024)

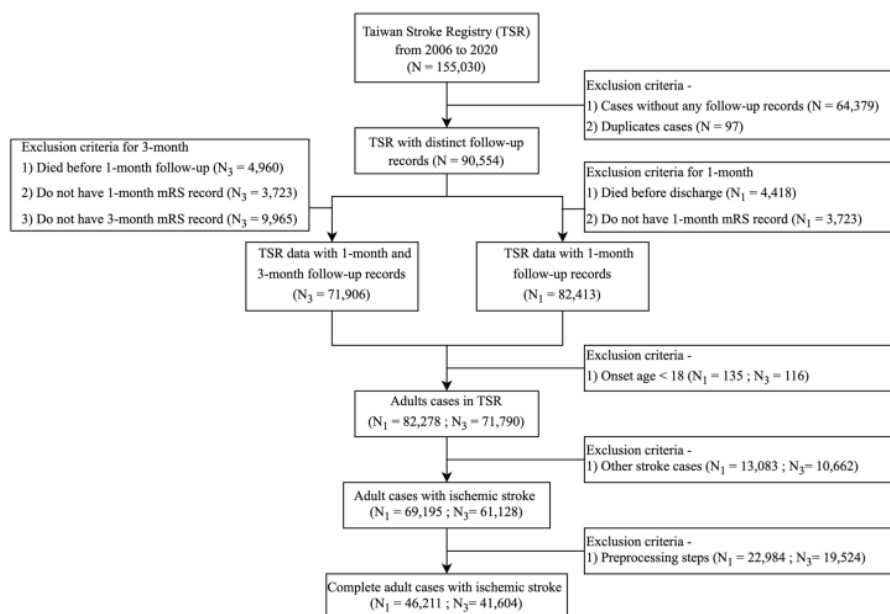
Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην πρόβλεψη της πρόγνωσης των ασθενών με ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο μετά το εξιτήριο, αξιοποιώντας τεχνικές μηχανικής μάθησης (ML) σε ένα εθνικής κλίμακας μητρώο μεγάλης κλίμακας, το Taiwan Stroke Registry (TSR). Η ακριβής πρόβλεψη της έκβασης του εγκεφαλικού επεισοδίου είναι απαραίτητη για τη βελτίωση των σχεδίων μακροπρόθεσμης φροντίδας, η οποία θα μπορούσε να μειώσει την επιβάρυνση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης και να ενισχύσει την αποκατάσταση των ασθενών.

Προηγούμενες μελέτες έχουν καταδείξει τις δυνατότητες των μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων του εγκεφαλικού επεισοδίου, αλλά πολλές έχουν χρησιμοποιήσει μικρότερα σύνολα δεδομένων ή περιορισμένες κλινικές μεταβλητές, οι οποίες μπορεί να εισάγουν μεροληψία. Η παρούσα έρευνα είχε ως στόχο να ξεπεράσει αυτούς τους περιορισμούς χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων από το TSR, το οποίο περιλάμβανε πάνω από 155.000 αρχεία ασθενών με εκτεταμένες κλινικές πληροφορίες.

Στη μελέτη συγκρίθηκαν τρία μοντέλα: ένα παραδοσιακό μοντέλο στατιστικής λογιστικής παλινδρόμησης, μοντέλα με βάση την κλινική βαθμολογία (SPAN-100 και THRIVE) και ένα προηγμένο μοντέλο XGBoost με βάση το ML. Η μελέτη διαπίστωσε ότι το μοντέλο XGBoost υπερέχει σημαντικά έναντι των άλλων μοντέλων, με περιοχή κάτω από την καμπύλη λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη (AUROC) 0,929 για την πρόβλεψη των αλλαγών της πρόγνωσης στους 3 μήνες. Αξίζει να σημειωθεί ότι το XGBoost διατήρησε υψηλή ακρίβεια ακόμη και όταν χρησιμοποιούσε μόνο 20 από τα πιο σημαντικά κλινικά χαρακτηριστικά, αντί για το πλήρες σύνολο δεδομένων, καθιστώντας το ένα αποτελεσματικό εργαλείο για κλινική χρήση στον πραγματικό κόσμο.

Τα αποτελέσματα εντόπισαν βασικούς κλινικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αποκατάσταση του εγκεφαλικού επεισοδίου, όπως η ηλικία, η λειτουργική ανεξαρτησία (δείκτης Barthel) και η παρουσία καταστάσεων όπως η αθηροσκλήρωση μεγάλων αρτηριών ή το ιστορικό εγκεφαλοαγγειακών ατυχημάτων. Αυτές οι γνώσεις θα μπορούσαν να βοηθήσουν τους γιατρούς να προσαρμόσουν αποτελεσματικότερα σχέδια θεραπείας μετά την έξοδο από το νοσοκομείο, εστιάζοντας σε ασθενείς με υψηλότερο κίνδυνο κακής έκβασης.

Εν κατακλείδι, η παρούσα έρευνα υπογραμμίζει τις δυνατότητες της ML, ιδίως του μοντέλου XGBoost, στην πρόβλεψη αλλαγών στην πρόγνωση του εγκεφαλικού επεισοδίου. Η ενσωμάτωση των μοντέλων μηχανικής μάθησης στην κλινική πρακτική μπορεί να βελτιώσει την εξατομικευμένη φροντίδα των ασθενών και τις στρατηγικές ανάκαμψης μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο, αν και προτείνεται περαιτέρω επικύρωση σε μη ασιατικούς πληθυσμούς λόγω των γεωγραφικών περιορισμών του συνόλου δεδομένων.



Εικόνα 9: Διαγραμματική απεικόνιση επιλογής ασθενών από το Taiwan Stroke Registry (TSR) με κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού για τη μελέτη.

Περιγραφή εικόνας(6): Η εικόνα παρουσιάζει ένα διαγραμματικό ροής για την επιλογή ασθενών από το Taiwan Stroke Registry (TSR) για τη μελέτη της πρόγνωσης του εγκεφαλικού. Ξεκινώντας από το αρχικό σύνολο 155,030 περιπτώσεων, εφαρμόζονται διαδοχικά κριτήρια αποκλεισμού για περιπτώσεις χωρίς δεδομένα παρακολούθησης, διπλότυπες εγγραφές, περιπτώσεις θανάτου πριν από τον 1ο μήνα, καθώς και μη ισχαιμικά εγκεφαλικά. Μετά από κάθε βήμα, το σύνολο των περιπτώσεων μειώνεται έως ότου καταλήξουμε στις ολοκληρωμένες περιπτώσεις ενηλίκων με ισχαιμικό εγκεφαλικό για ανάλυση, οι οποίες περιλαμβάνουν 46,211 αρχεία για την ομάδα παρακολούθησης 1 μήνα και 41,604 αρχεία για την ομάδα παρακολούθησης 3 μηνών.

3.3 Ανάπτυξη ενός ευφυούς συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση του κινδύνου ισχαιμικού εγκεφαλικού σε βάση δεδομένων ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων πληθυσμού. (2019)

Η μελέτη επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός Ευφυούς Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (IDSS) που χρησιμοποιεί βαθιά νευρωνικά δίκτυα (DNN) για την πρόβλεψη του κινδύνου ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου με βάση δεδομένα ηλεκτρονικού φακέλου υγείας (EHR). Η έρευνα βασίζεται σε ένα σύνολο δεδομένων μεγάλης κλίμακας από την Εθνική Ερευνητική Βάση Δεδομένων Ασφάλισης Υγείας της Ταϊβάν (NHIRD), που περιλαμβάνει 11,2 εκατομμύρια ιατρικούς φακέλους από 840.487 ασθενείς. Ο πρωταρχικός στόχος της μελέτης ήταν να αξιολογηθεί η δυνατότητα των μοντέλων DNN να δημιουργήσουν ένα ακριβές σύστημα πρόβλεψης του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην πραγματική κλινική πρακτική.

Το σύνολο δεδομένων χωρίστηκε σε σύνολα ανάπτυξης και δοκιμής, με το 70% να χρησιμοποιείται για την εκπαίδευση του μοντέλου και το 20% για τη δοκιμή. Η μελέτη επικεντρώθηκε στην πρόβλεψη περιστατικών ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου εντός τριών ετών από την εγγραφή των ασθενών, με πρωταρχικό αποτέλεσμα τον εντοπισμό περιστατικών εγκεφαλικού επεισοδίου από αρχεία νοσηλείας. Το μοντέλο DNN αξιολογήθηκε έναντι συμβατικών κλινικών βαθμολογιών εκτίμησης κινδύνου, όπως το QRISK και το Framingham, χρησιμοποιώντας την περιοχή κάτω από την καμπύλη λειτουργικών χαρακτηριστικών δέκτη (AUC) ως μέτρο απόδοσης.

Από τα δεδομένα εξήχθησαν συνολικά 7.932 προγνωστικά χαρακτηριστικά και εφαρμόστηκε μια διαδικασία επιλογής χαρακτηριστικών για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του μοντέλου, μειώνοντας την είσοδο σε 300 βασικές μεταβλητές. Η ακρίβεια του συστήματος συγκρίθηκε σε πολλαπλά σημεία λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένου ενός σημείου υψηλής ευαισθησίας για σκοπούς διαλογής και ενός σημείου υψηλής εξειδίκευσης για ακριβέστερη ανίχνευση κινδύνου.

Το μοντέλο DNN είχε εξαιρετικά καλές επιδόσεις, επιτυγχάνοντας τιμές AUC 0,920 στο σύνολο δεδομένων δοκιμής 1 και 0,925 στο σύνολο δεδομένων δοκιμής 2, αποδεικνύοντας καλύτερη προβλεπτική απόδοση από τις παραδοσιακές βαθμολογίες κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου. Υπό μια ρύθμιση υψηλής ευαισθησίας, το μοντέλο πέτυχε 92,5% ευαισθησία και 79,8% ειδικότητα, ενώ υπό μια ρύθμιση υψηλής ειδικότητας, πέτυχε 80,3% ευαισθησία και 87,5% ειδικότητα.

Η μελέτη διαπίστωσε ότι οι ασθενείς που ταξινομήθηκαν ως υψηλού κινδύνου είχαν σημαντικά αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου εντός 3 και 8 ετών, με ποσοστά εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου που κυμαίνονταν από 0,93% έως 3,55% σε διάστημα τριών ετών για τις κατηγορίες υψηλού κινδύνου.

Η παρούσα μελέτη καταδεικνύει ότι το IDSS με βάση το DNN μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου, προσφέροντας μεγαλύτερη ακρίβεια από τα παραδοσιακά κλινικά μοντέλα. Η επεκτασιμότητα και η αποτελεσματικότητα του συστήματος το καθιστούν κατάλληλο για χρήση σε πολυάσχολα κλινικά περιβάλλοντα όπου είναι απαραίτητες οι γρήγορες, αυτοματοποιημένες εκτιμήσεις κινδύνου. Οι ισχυρές επιδόσεις του μοντέλου για πολλά χρόνια υποδηλώνουν ότι θα μπορούσε να ενσωματωθεί σε συστήματα υγειονομικής περίθαλψης για την ενίσχυση των προσπαθειών πρόληψης των εγκεφαλικών επεισοδίων.

Characteristics of testing population *	No. in corresponding population in our testing datasets	Performance of the DNN model, AUC (95% CI)	Performance of current scores, AUC, name of stroke risk score, published year
age 35–74, women	39,248	0.870 (0.845–0.896)	0.774 Framingham, 1991 [4,5]
			0.788 QRISK1, 2007 [5]
			0.784 ASSIGN, 2007 [5,50]
			0.817 QRISK2, 2008 [53]
age 35–74, men	35,595	0.832 (0.803–0.862)	0.760 Framingham, 1991 [4,5]
			0.767 QRISK1, 2007 [5]
			0.764 ASSIGN, 2007 [5,50]
			0.792 QRISK2, 2008 [53]
age 30–74, women	46,450	0.887 (0.864–0.909)	0.774 Framingham, 2008 [49]
age 30–74, men	41,913	0.853 (0.826–0.879)	0.835 Framingham, 2008 [49]
age >45, women	27,458	0.819 (0.795–0.842)	0.809 Reynolds, 2007 [51]
age >50, men	19,629	0.746 (0.718–0.775)	0.708 Reynolds, 2008 [52]
age 25–84, women	56,929	0.896 (0.877–0.915)	0.880 QRISK3, 2017 [54]
age 25–84, men	51,796	0.870 (0.851–0.890)	0.858 QRISK3, 2017 [54]

* Age ranges and gender characteristics of testing populations in reference papers.
AUC = area under the receiver operating characteristic curve; CI = confidence intervals.

Πίνακας 4: Απόδοση διαθέσιμων συστημάτων αξιολόγησης κινδύνου εγκεφαλικού και του μοντέλου βαθιάς μάθησης.

Περιγραφή Πίνακα(4): Ο πίνακας συγκρίνει την απόδοση του μοντέλου βαθιάς μάθησης (DNN) με τα ήδη υπάρχοντα συστήματα αξιολόγησης κινδύνου εγκεφαλικού σε διάφορες πληθυσμιακές ομάδες με βάση την ηλικία και το φύλο. Ο αριθμός των ατόμων σε κάθε ομάδα δοκιμής εμφανίζεται, ενώ τα αποτελέσματα δίνονται με το μέτρο **AUC** (Area Under the Curve) και το **95% CI** (Διάστημα Εμπιστοσύνης 95%) για την ακρίβεια πρόβλεψης.

Το **μοντέλο βαθιάς μάθησης** παρουσιάζει υψηλότερες τιμές AUC σε σύγκριση με ορισμένα παραδοσιακά μοντέλα αξιολόγησης κινδύνου, όπως τα **Framingham**, **QRISK1**, **QRISK2**, **ASSIGN**, και **Reynolds**. Για παράδειγμα, για γυναίκες ηλικίας 35–74, το DNN έχει AUC 0.870, το οποίο υπερβαίνει τις αποδόσεις των παραδοσιακών μοντέλων. Αυτό υποδεικνύει ότι το DNN μπορεί να παρέχει βελτιωμένη ακρίβεια πρόβλεψης κινδύνου εγκεφαλικού για διάφορες υποομάδες.

3.4 Προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη κινδύνου εγκεφαλικού: Ευρήματα από τη μελέτη *Suita*. (2024)

Η παρούσα έρευνα διερευνά τη χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης (ML) για την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου χρησιμοποιώντας δεδομένα από τη μελέτη *Suita*, μια μεγάλη πληθυσμιακή κοόρτη που διεξήχθη στην Ιαπωνία. Η μελέτη αποσκοπεί στον εντοπισμό βασικών προβλεπτικών παραγόντων του εγκεφαλικού επεισοδίου και στην αξιολόγηση της απόδοσης διαφόρων μοντέλων ML σε σύγκριση με τις παραδοσιακές κλινικές μεθόδους.

Το σύνολο δεδομένων της μελέτης *Suita Study* περιλαμβάνει 7.389 συμμετέχοντες και 53 μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένων δημογραφικών πληροφοριών, ιατρικού ιστορικού και παραγόντων του τρόπου ζωής. Για να βελτιώσουν την ακρίβεια πρόβλεψης του εγκεφαλικού επεισοδίου, οι ερευνητές εφάρμοσαν έναν συνδυασμό προσεγγίσεων μάθησης χωρίς επίβλεψη και με επίβλεψη. Η μη επιβλεπόμενη μέθοδος ομαδοποίησης k-προτύπων χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση των συμμετεχόντων σε διακριτές ομάδες κινδύνου, ενώ πέντε επιβλεπόμενα μοντέλα ML - Logistic Regression (LR), Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM),

XGBoost και LightGBM - χρησιμοποιήθηκαν για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων του εγκεφαλικού επεισοδίου.

Μέθοδοι και ευρήματα:

Ομαδοποίηση: Οι συμμετέχοντες ομαδοποιήθηκαν σε τρεις ομάδες κινδύνου (υψηλού, μεσαίου και χαμηλού κινδύνου) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ομαδοποίησης k-prototype. Η ομάδα υψηλού κινδύνου είχε επίπτωση εγκεφαλικού επεισοδίου 9,1%, ενώ η ομάδα χαμηλού κινδύνου είχε επίπτωση 3,2%.

Μοντέλα με επίβλεψη: Το μοντέλο Random Forest (RF) είχε την καλύτερη απόδοση, επιτυγχάνοντας την υψηλότερη ακρίβεια, ανάκληση, ακρίβεια και F1-score σε όλα τα μοντέλα, ξεπερνώντας τα παραδοσιακά μοντέλα πρόβλεψης.

Κύριοι παράγοντες πρόβλεψης: Η μελέτη εντόπισε αρκετούς βασικούς παράγοντες που συμβάλλουν στον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου. Η μέθοδος Shapley Additive Explanations (SHAP) χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της σημασίας αυτών των μεταβλητών. Οι πιο σημαντικοί προγνωστικοί παράγοντες περιελάμβαναν την ηλικία, τη συστολική αρτηριακή πίεση, την υπέρταση, τον εκτιμώμενο ρυθμό σπειραματικής διήθησης (eGFR), το μεταβολικό σύνδρομο και τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα.

Επιπλέον, νέοι προγνωστικοί παράγοντες όπως το πάχος των αρθρώσεων του αγκώνα, η φρουκτοζαμίνη, η αιμοσφαιρίνη και τα επίπεδα ασβεστίου ορού βρέθηκαν να είναι σημαντικοί στην πρόβλεψη του εγκεφαλικού επεισοδίου, επεκτείνοντας τους παραδοσιακούς παράγοντες κινδύνου.

Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα μοντέλα ML, ιδίως το Random Forest, μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου λαμβάνοντας υπόψη ένα ευρύ φάσμα μεταβλητών. Οι μέθοδοι αυτές επιτρέπουν ακριβέστερη διαστρωμάτωση κινδύνου σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Ο συνδυασμός της μη επιβλεπόμενης ομαδοποίησης και της επιβλεπόμενης μάθησης προσφέρει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τον εντοπισμό ατόμων υψηλού κινδύνου και πιθανών βιοδεικτών. Τα ευρήματα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην προληπτική υγειονομική περίθαλψη, επιτρέποντας πιο εξατομικευμένες και στοχευμένες παρεμβάσεις για την πρόληψη των εγκεφαλικών επεισοδίων.

3.5 Συστηματική ανασκόπηση μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων του εγκεφαλικού με δομημένα δεδομένα. (2020)

Η εργασία αυτή εξετάζει την εφαρμογή των μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο, χρησιμοποιώντας δομημένα κλινικά δεδομένα. Δεδομένου του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για τη χρήση της μηχανικής μάθησης στην υγεία, η μελέτη αυτή προσπαθεί να αξιολογήσει το πώς αναπτύσσονται, αναφέρονται και επικυρώνονται τα μοντέλα που σχετίζονται με την πρόγνωση

των ασθενών μετά από εγκεφαλικό. Οι συγγραφείς ανέλυσαν 18 έρευνες που δημοσιεύτηκαν μεταξύ 1990 και 2019, αντλώντας δεδομένα από βάσεις όπως το PubMed και το Web of Science.

Τα περισσότερα μοντέλα που εξετάστηκαν εστίαζαν στην πρόβλεψη της θνησιμότητας και της λειτουργικής αποκατάστασης των ασθενών. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος ήταν το μοντέλο Random Forest, ενώ άλλα μοντέλα περιλάμβαναν τις Support Vector Machines, τα Decision Trees και τα Neural Networks. Οι μελέτες που αναλύθηκαν είχαν μέσο δείγμα περίπου 475 συμμετέχοντες, με αρκετές να χρησιμοποιούν μικρότερα σύνολα δεδομένων. Σε πολλές περιπτώσεις, οι ερευνητές προσπαθούσαν να προβλέψουν πόσο καλά θα ανακάμψουν οι ασθενείς μετά από ένα εγκεφαλικό ή ποιοι παράγοντες αυξάνουν τις πιθανότητες επιβίωσης.

Παρά τη γενικότερη αύξηση της χρήσης της μηχανικής μάθησης για την πρόγνωση των ασθενών, εντοπίστηκαν αρκετές ελλείψεις όσον αφορά την ανάπτυξη και την παρουσίαση των μοντέλων. Πολλές από τις μελέτες δεν περιέγραψαν επαρκώς βασικά στοιχεία, όπως την ρύθμιση των παραμέτρων ή την αξιολόγηση της ακρίβειας των προβλέψεων. Η συντριπτική πλειονότητα των μελετών αξιολόγησε την απόδοση των μοντέλων μέσω της καμπύλης ROC, αλλά μόνο τρεις εξ αυτών εξέτασαν την ορθότητα των προβλέψεων, που είναι απαραίτητη για τη σωστή κλινική χρήση.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι μόνο δύο από τις μελέτες εφάρμοσαν εξωτερική επικύρωση των μοντέλων, δηλαδή προσπάθησαν να τα δοκιμάσουν σε ανεξάρτητα σύνολα δεδομένων για να διαπιστώσουν αν τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να αναπαραχθούν σε άλλους πληθυσμούς. Αυτή η έλλειψη επικύρωσης δημιουργεί αβεβαιότητα για το κατά πόσο τα μοντέλα αυτά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ευρέως στην κλινική πράξη. Τα περισσότερα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν σχετικά μικρά, γεγονός που περιορίζει περαιτέρω την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Συνοψίζοντας, η ανασκόπηση δείχνει ότι ενώ η μηχανική μάθηση έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την πρόγνωση των ασθενών μετά από εγκεφαλικό, οι μελέτες που υπάρχουν αυτή τη στιγμή παρουσιάζουν σημαντικές αδυναμίες στην ανάπτυξη και την παρουσίαση των μοντέλων. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εστιάζει στη χρήση μεγαλύτερων και πιο ποικιλόμορφων συνόλων δεδομένων, καθώς και στη σαφέστερη αναφορά της διαδικασίας ανάπτυξης των μοντέλων, ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν κλινικά με περισσότερη εμπιστοσύνη.

3.6 Η μηχανική μάθηση στην πρόβλεψη των αποτελεσμάτων για ασθενείς με εγκεφαλικό μετά από αποκατάσταση: Μία συστηματική ανασκόπηση. (2023)

Η συστηματική αυτή ανασκόπηση επικεντρώνεται στη χρήση της μηχανικής μάθησης (ML) για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων σε ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο, μετά τη θεραπεία αποκατάστασης. Καθώς η αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό είναι κρίσιμη για την ανάκτηση των κινητικών λειτουργιών των ασθενών, η μελέτη στοχεύει να αξιολογήσει πόσο αποτελεσματικά τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να προβλέψουν τις πιθανότητες ανάρρωσης, ενώ παράλληλα αναδεικνύει ελλείψεις στις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται.

Η ανασκόπηση περιλαμβάνει 10 μελέτες, οι οποίες αξιολόγησαν συνολικά 32 διαφορετικά μοντέλα μηχανικής μάθησης. Τα μοντέλα αυτά αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας διάφορες πηγές δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων ηλεκτρονικών ιατρικών αρχείων και πολυκεντρικών βάσεων δεδομένων. Ορισμένες από τις βασικές τεχνικές μηχανικής μάθησης που εξετάστηκαν στις μελέτες ήταν τα λογιστικά μοντέλα παλινδρόμησης, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN) και τα μοντέλα τυχαίων δασών (random forest). Οι μελέτες επικεντρώθηκαν στην πρόβλεψη των κινητικών λειτουργιών των ασθενών, χρησιμοποιώντας τυποποιημένα κλινικά εργαλεία, όπως η Αξιολόγηση Fugl-Meyer (FMA) και το Μέτρο Λειτουργικής Ανεξαρτησίας (FIM).

Η απόδοση των μοντέλων ποίκιλε, με τα καλύτερα να επιτυγχάνουν τιμές AUC μεταξύ 0.63 και 0.91, και τιμές R^2 που κυμαίνονταν από 0.64 έως 0.91. Παρ' όλα αυτά, ένα κρίσιμο εύρημα της ανασκόπησης είναι ότι όλα τα συμπεριλαμβανόμενα μοντέλα αξιολογήθηκαν με υψηλό ή ασαφή κίνδυνο μεροληψίας. Η μεροληψία αυτή οφείλεται κυρίως σε ακατάλληλες πηγές δεδομένων ή σε προβληματικές διαδικασίες ανάλυσης, γεγονός που θέτει υπό αμφισβήτηση την αξιοπιστία και τη δυνατότητα γενίκευσης των μοντέλων.

Study	Number of models	Study type	Data source	Sample size Stroke stage	Rehabilitation treatment	Outcome	Number and type of predictors in the final model	Model development method	Optimal model performance results
Tozlu et al., 2020	10	Model development	Multicenter randomized trial	N = 102 Chronic stroke	Repetitive TMS and physical therapy	Post-intervention UE-FMA	93 Demographic variables, clinical variables, 2 TMS-based neurophysiological measures, and structural disconnectivity measurements for 86 regions	EN ANN SVM CART RF	R^2 0.910 RMSE 0.362
						FMA changed <5.5 (nonresponder) or ≥ 5.5 (responder) MCID = 5.5	93 Demographic variables, clinical variables, 2 TMS-based neurophysiological measures, and structural disconnectivity measurements for 86 regions	EN ANN SVM CART RF LR	AUC 0.63

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά των συμπεριλαμβανόμενων μελετών.

Thakkar et al., 2020	2	Model development	Randomized controlled trials	N = 239 Chronic stroke	Contemporary task-oriented interventions	FMA changed ≥ 4 (high responders) FMA changed <4 (low responders) MCID = 4	3 Time since stroke, baseline FIM scores and FMA scores	KNN ANN	Accuracy 85.42% AUC 0.89
Goffredo et al., 2022	6	Model development	Electronic medical records	N = 66 Subacute stroke	InMotion2 based upper limb Robot-assisted Therapy (uIRT) along with conventional therapy	Post-intervention MI _{ELBOW}	4 RMK metrics	MLR	R^2 0.683 RMSE 5.547
						Post-intervention MI _{SHOULDER}	4 RMK metrics		R^2 0.640 RMSE 5.294
						Post-intervention MI _{UL}	4 RMK metrics		R^2 0.765 RMSE 13.859
Gandolfi et al., 2023	2	Model development	Electronic medical records	N = 95 Subacute stroke	tailored upper limb rehabilitation treatment	UE-FMA at discharge	24 demographic and clinical domains; cognitive; body function and disability domains	MLR RF	R^2 0.807 RMSE 6.17

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά των συμπεριλαμβανόμενων μελετών.

TMS, transcranial magnetic stimulation; MCID, minimal clinically important difference; UE-FMA, upper-extremity Fugl-Meyer Assessment; FIM, Functional Independence Measure; FIS, Functional Independence Staging system; ANN, artificial neural network; CART, classification and regression trees; EN, elastic net; RF, random forest; SVM, support vector machine; KNN k-nearest neighbors; LR, logistic regression; RMSE, root of mean squared error; AUC, area under the receiver operating characteristic curve; HL test, the Hosmer–Lemeshow test; MAE, Mean Absolute Error; MI_{ELBOW}, Motricity Index affected elbow flexion; MI_{SHOULDER}, Motricity Index affected shoulder abduction; MI_{UL}, Motricity Index affected Upper Limb; RMK, Robot-Measured Kinematic; MLR, multiple linear regression; SSV, Split Sample Validation; LOOCV, Leave-One-Out Cross-Validation.

Εικόνα 10: Σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση των πινάκων.

Περιγραφή πινάκων(5,6) και εικόνας(10): Οι πίνακες παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά και τις κύριες πληροφορίες για κάθε μελέτη που εξετάζεται στο πλαίσιο της ανάπτυξης μοντέλων πρόβλεψης αποκατάστασης ασθενών με εγκεφαλικό. Αναφέρονται σημαντικές πληροφορίες όπως:

- Αριθμός μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.
- Τύπος μελέτης και η Πηγή δεδομένων (όπως πολυκεντρικές δοκιμές ή ηλεκτρονικά ιατρικά αρχεία).
- Μέγεθος δείγματος και το στάδιο εγκεφαλικού επεισοδίου που εξετάστηκε (οξύ, υποξύ ή χρόνιο).
- Αντιμετώπιση αποκατάστασης που εφαρμόστηκε, όπως TMS ή ρομποτική υποβοήθηση.
- Αποτελέσματα που αξιολογήθηκαν, όπως η Fugl-Meyer Assessment (FMA) και ο δείκτης Motricity Index.
- Αριθμός και τύπος παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στο τελικό μοντέλο πρόβλεψης, καθώς και οι μέθοδοι ανάπτυξης μοντέλων όπως ANN, SVM και MLR.
- Αποτελέσματα απόδοσης μοντέλων όπως AUC, RMSE και R^2 , που υποδεικνύουν την ακρίβεια και αξιοπιστία κάθε μοντέλου πρόβλεψης.

Αυτός ο πίνακας επιτρέπει την εύκολη σύγκριση μεταξύ των μελετών και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης στην αποκατάσταση εγκεφαλικών επεισοδίων.

Παρά την πρόοδο στη χρήση της μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων αποκατάστασης μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, η ανασκόπηση επισημαίνει σημαντικές προκλήσεις. Πολλά μοντέλα αναπτύχθηκαν από μικρά σύνολα δεδομένων, ενώ ελάχιστες μελέτες πραγματοποίησαν εξωτερική επικύρωση. Η έλλειψη ποιοτικών δεδομένων και ολοκληρωμένων διαδικασιών επικύρωσης περιορίζει τη χρησιμότητα των μοντέλων αυτών στην κλινική πράξη. Οι συγγραφείς προτείνουν ότι η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εστιάσει στη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων, την εφαρμογή πιο αξιόπιστων τεχνικών επικύρωσης και την εξασφάλιση ότι τα μοντέλα πρόβλεψης είναι διαφανή και ερμηνεύσιμα.

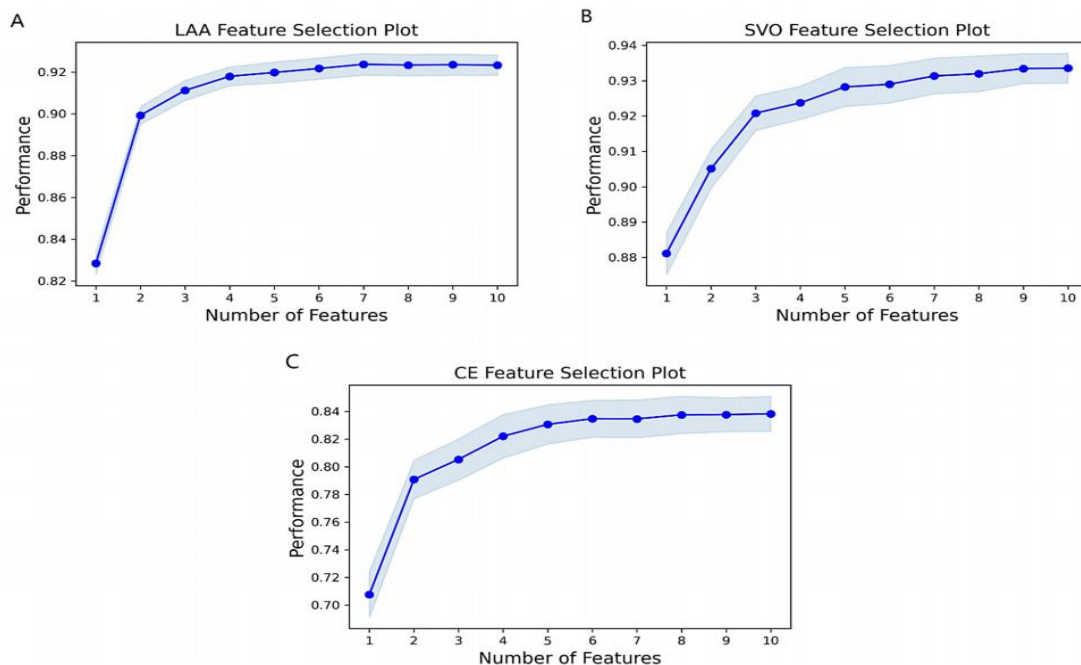
Συμπερασματικά, ενώ η μηχανική μάθηση προσφέρει υποσχόμενα εργαλεία για τη βελτίωση της αποκατάστασης των ασθενών μετά από εγκεφαλικό, υπάρχουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης. Απαιτείται πιο αυστηρή συλλογή δεδομένων, επικύρωση των μοντέλων και πρότυπα αναφοράς για να εξασφαλιστεί ότι τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αξιοπιστία στην κλινική πράξη, βοηθώντας τους ιατρούς να προσαρμόζουν την αποκατάσταση στις ανάγκες κάθε ασθενούς.

3.7 Προγνωστική αιτιολογική ταξινόμηση του οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού μέσω ερμηνεύσιμων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης: πολυκεντρική, προοπτική μελέτη κοόρτης. (2024)

Η μελέτη αυτή εξετάζει την εφαρμογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης (ML) για την πρόβλεψη της αιτιολογίας του οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου (AIS). Το AIS είναι μία από τις κύριες αιτίες θανάτου και αναπηρίας παγκοσμίως, και οι υποτύποι του, όπως η αθηροσκλήρωση μεγάλων αρτηριών (LAA), η απόφραξη μικρών αγγείων (SVO) και η

καρδιοεμβολή (CE), έχουν διαφορετική πρόγνωση και στρατηγικές δευτερογενούς πρόληψης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι ταξινόμησης αυτών των υποτύπων, όπως η ταξινόμηση TOAST, απαιτούν χρόνο και συχνά βασίζονται στην κρίση των ειδικών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μεταβλητότητα στις διαγνώσεις. Σκοπός της μελέτης είναι να χρησιμοποιήσει ερμηνεύσιμα μοντέλα μηχανικής μάθησης για να βελτιώσει την ακρίβεια και την ταχύτητα στην ταξινόμηση της αιτιολογίας του AIS.

Η μελέτη χρησιμοποίησε δεδομένα από το Τρίτο Εθνικό Μητρώο Εγκεφαλικών Επεισοδίων της Κίνας (CNSR-III), που περιλάμβαναν 5.213 ασθενείς με διάγνωση AIS. Από αυτούς, το 47,4% είχε LAA, το 41,3% είχε SVO και το 11,3% είχε CE. Οι ερευνητές ανέπτυξαν εννέα μοντέλα μηχανικής μάθησης, συμπεριλαμβανομένων των Random Forest (RF), XGBoost, Light Gradient Boosting Machine (LGBM) και Support Vector Machine (SVM). Τα μοντέλα αυτά εκπαιδεύτηκαν να προβλέπουν τον υποτύπο εγκεφαλικού επεισοδίου με βάση κλινικά, απεικονιστικά και εργαστηριακά δεδομένα. Η απόδοση των μοντέλων μετρήθηκε χρησιμοποιώντας την Καμπύλη Χαρακτηριστικής Λειτουργίας Δέκτη (AUC).



Εικόνα 11: Γραφήματα επιλογής χαρακτηριστικών για τα μοντέλα αιτιολογικής ταξινόμησης LAA, SVO και CE.

Περιγραφή εικόνας(11): Τα διαγράμματα απεικονίζουν την επίδραση του αριθμού των επιλεγμένων χαρακτηριστικών στην απόδοση των μοντέλων πρόβλεψης για τρεις τύπους αιτιολογιών εγκεφαλικού.

- **LAA Feature Selection Plot:** Δείχνει την απόδοση του μοντέλου αιτιολογίας LAA με την αύξηση του αριθμού των χαρακτηριστικών. Η απόδοση βελτιώνεται σημαντικά με τα πρώτα χαρακτηριστικά και σταθεροποιείται μετά τα 5 χαρακτηριστικά, με την ακρίβεια να φτάνει περίπου στο 0.92.
- **SVO Feature Selection Plot:** Εδώ, η απόδοση του μοντέλου αιτιολογίας SVO βελτιώνεται επίσης γρήγορα με την αύξηση των χαρακτηριστικών, σταθεροποιούμενη περίπου στο 0.93 από τα 4 χαρακτηριστικά και μετά.

- CE Feature Selection Plot: Το μοντέλο αιτιολογίας CE παρουσιάζει παρόμοια τάση, με την απόδοση να βελτιώνεται έως περίπου τα 5 χαρακτηριστικά και να σταθεροποιείται γύρω στο 0.84.

Η επιλογή του αριθμού των χαρακτηριστικών είναι κρίσιμη για την επίτευξη υψηλής απόδοσης και τα διαγράμματα αυτά βοηθούν στην κατανόηση του σημείου βελτιστοποίησης για κάθε αιτιολογία.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μοντέλα μηχανικής μάθησης ξεπερνούσαν τα παραδοσιακά μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης στην πρόβλεψη των υποτύπων του AIS. Το καλύτερο μοντέλο για την πρόβλεψη του SVO ήταν το Random Forest, με AUC 0.932, ενώ το μοντέλο Natural Gradient Boosting (NGB) ήταν το πιο αποτελεσματικό για την πρόβλεψη του LAA (AUC = 0.917). Το μοντέλο LGBM ήταν το πιο κατάλληλο για την πρόβλεψη του CE (AUC = 0.846). Όλα τα μοντέλα παρουσίασαν καλή βαθμονόμηση, καθιστώντας τα αξιόπιστα για κλινική χρήση. Σημαντικό είναι επίσης ότι τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούσαν να εντοπίσουν πιθανές περιπτώσεις CE σε ασθενείς με αδιευκρίνιστες αιτιολογίες εγκεφαλικού, βελτιώνοντας τη διαγνωστική διαδικασία.

Συμπερασματικά, η μελέτη δείχνει ότι τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ταξινόμηση των υποτύπων του AIS σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να βοηθήσουν τους κλινικούς γιατρούς να προσδιορίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα τον τύπο εγκεφαλικού επεισοδίου, επιτρέποντας πιο αποτελεσματικές στρατηγικές δευτερογενούς πρόληψης, προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε ασθενούς.

3.8 Μία διερεύνηση του μοντέλου πρόβλεψης εγκεφαλικού βασισμένου στη μηχανική μάθηση. *Frontiers in Neurology.* (2024)

Η μελέτη αυτή επικεντρώνεται στην ανάπτυξη μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων εγκεφαλικών επεισοδίων, χρησιμοποιώντας επίπεδα κυτοκινών και δημογραφικά δεδομένα. Το εγκεφαλικό επεισόδιο, μία από τις κύριες αιτίες θανάτου και αναπηρίας, επηρεάζεται από διάφορες φλεγμονώδεις διεργασίες, με τις κυτοκίνες να παίζουν καθοριστικό ρόλο. Στόχος της έρευνας ήταν να δημιουργηθούν μοντέλα μηχανικής μάθησης που θα υποστηρίζουν τους κλινικούς ιατρούς στην πρόβλεψη της πιθανότητας εγκεφαλικού επεισοδίου και στη λήψη αποφάσεων για τη θεραπεία και την πρόγνωση.

Στη μελέτη συμμετείχαν 2.346 ασθενείς με εγκεφαλικό και 2.128 υγιή άτομα ως ομάδα ελέγχου, οι οποίοι επιλέχθηκαν από το Κεντρικό Νοσοκομείο του Πανεπιστημίου Τσονγκκίνγκ. Συλλέχθηκαν κλινικά δεδομένα, όπως τα επίπεδα κυτοκινών, συμπεριλαμβανομένων των IL-6, IL-5, IL-10, και IL-2, κατά την εισαγωγή των ασθενών. Αναπτύχθηκαν τρία μοντέλα μηχανικής μάθησης: Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF) και Gradient Boosting Machine (GBM), τα οποία εκπαιδεύτηκαν και αξιολογήθηκαν με τεχνικές διασταυρούμενης επικύρωσης.

Το μοντέλο Random Forest υπερίσχυε των άλλων δύο, παρουσιάζοντας τις υψηλότερες τιμές AUC και ευαισθησίας. Συγκεκριμένα, το μοντέλο RF ανέδειξε ότι οι κυτοκίνες IL-6, IL-5, IL-10 και IL-2 ήταν οι πιο σημαντικοί παράγοντες στην πρόβλεψη του εγκεφαλικού. Το προβλεπτικό μοντέλο δοκιμάστηκε σε νέα, μη ορατά δεδομένα, και έδειξε AUC 0.74, με ευαισθησία 0.31 και ειδικότητα 0.78. Αν και το μοντέλο παρουσίασε δυναμική, κυρίως στην εξαίρεση μη εγκεφαλικών επεισοδίων, εμφάνισε περιορισμούς στην αναγνώριση όλων των περιπτώσεων εγκεφαλικού, όπως φάνηκε από τη χαμηλή ευαισθησία.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η μηχανική μάθηση, ειδικά με τη χρήση δεδομένων κυτοκινών, θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβεια της πρόβλεψης εγκεφαλικών επεισοδίων και να παρέχει πολύτιμα εργαλεία για την κλινική πρακτική. Ωστόσο, οι ερευνητές αναγνώρισαν ότι απαιτείται περαιτέρω δουλειά για τη βελτίωση της γενίκευσης του μοντέλου, καθώς το σύνολο δεδομένων περιορίστηκε σε μία γεωγραφική περιοχή και η μελέτη δεν συμπεριέλαβε ποικιλόμορφους πληθυσμούς ασθενών. Επιπλέον, η "μαύρη κουτί" φύση των μοντέλων μηχανικής μάθησης απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση, προκειμένου να γίνουν πιο κατανοητά για τους κλινικούς γιατρούς και τους ασθενείς.

3.9 Πρόβλεψη εμφάνισης εγκεφαλικού με μηχανική μάθηση: Μία συστηματική ανασκόπηση. (2024)

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση στοχεύει στην αξιολόγηση της χρήσης αλγορίθμων μηχανικής μάθησης (ML) για την πρόβλεψη της εμφάνισης εγκεφαλικών επεισοδίων, τόσο ισχαιμικών όσο και αιμορραγικών, με βάση διάφορους παράγοντες κινδύνου. Το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι μία από τις κύριες αιτίες θανάτου και αναπηρίας παγκοσμίως, και τα ακριβή μοντέλα πρόβλεψης είναι απαραίτητα για την έγκαιρη πρόληψη και παρέμβαση. Η ανασκόπηση περιλαμβάνει 40 μελέτες που χρησιμοποίησαν τεχνικές ML για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων, επιλεγμένες από βάσεις δεδομένων όπως το MEDLINE, Scopus, και το IEEE Xplore. Οι μελέτες αυτές εστίασαν στη δημιουργία μοντέλων με τη χρήση δημογραφικών, κλινικών και συμπεριφορικών δεδομένων για την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού.

Μεταξύ των μοντέλων μηχανικής μάθησης που αναλύθηκαν, οι αλγόριθμοι boosting και τα νευρωνικά δίκτυα παρουσίασαν σταθερά την υψηλότερη ακρίβεια πρόβλεψης. Ο αλγόριθμος boosting πέτυχε μια διάμεση τιμή του C-statistic 0.92 (ενδοτεταρτημοριακή περιοχή [IQR]: 0.90-0.95), κατατάσσοντάς τον στην κορυφή, ενώ οι μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης (SVM) είχαν διάμεσο C-statistic 0.85. Τα νευρωνικά δίκτυα παρουσίασαν επίσης καλή απόδοση, με διάμεσο C-statistic 0.78. Αυτά τα μοντέλα ξεπέρασαν τις παραδοσιακές στατιστικές μεθόδους, όπως το Framingham Stroke Risk Profile (FSRP), που είχε C-statistic 0.653.

Παρά την υψηλή προβλεπτική απόδοση των μοντέλων, η μελέτη αναγνωρίζει ανησυχίες σχετικά με τη φύση του "μαύρου κουτιού" των μοντέλων μηχανικής μάθησης, ειδικά στο κλινικό πλαίσιο. Αυτά τα μοντέλα, όπως τα νευρωνικά δίκτυα και οι αλγόριθμοι boosting, συχνά στερούνται διαφάνειας, καθιστώντας δύσκολη την κατανόηση της λογικής πίσω από τις αποφάσεις τους από τους κλινικούς γιατρούς. Επιπλέον, η ανασκόπηση βρήκε ότι λιγότερες από τις μισές από τις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν είχαν χαμηλό κίνδυνο μεροληψίας, γεγονός που υποδηλώνει περιορισμούς στη γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων.

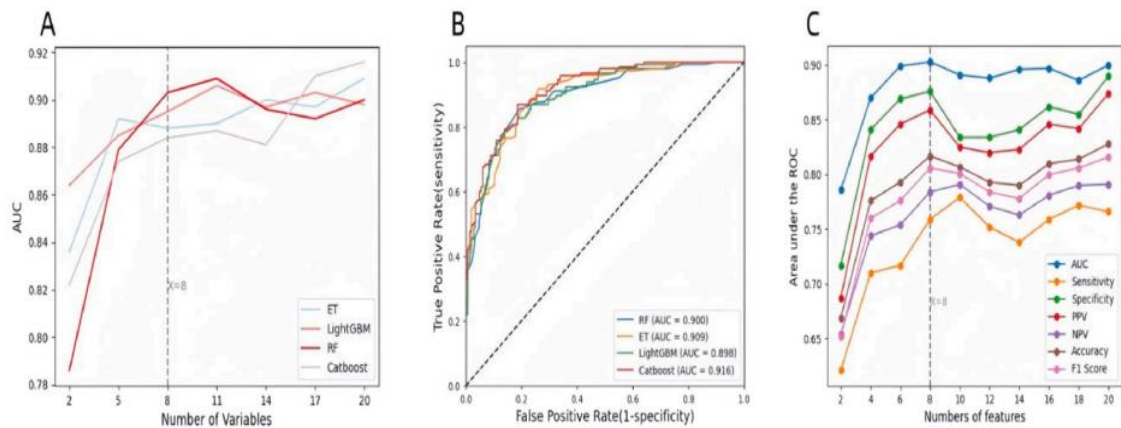
Οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι, ενώ τα μοντέλα μηχανικής μάθησης δείχνουν δυναμική στην πρόβλεψη των εγκεφαλικών επεισοδίων, απαιτείται περισσότερη έρευνα για τη βελτίωση της ερμηνευσιμότητάς τους και την εξασφάλιση της εφαρμοσιμότητάς τους σε πραγματικές κλινικές συνθήκες. Επίσης, ζητούν υψηλότερης ποιότητας μελέτες με καλύτερες τεχνικές επικύρωσης για να βελτιωθεί η αξιοπιστία και η γενικευσιμότητα αυτών των μοντέλων.

3.10 Κατασκευή μοντέλου πρόβλεψης βασισμένου στη μηχανική μάθηση για μη ευνοϊκά αποτελέσματα εξιτηρίου σε ασθενείς με ισχαιμικό εγκεφαλικό. (2024)

Η μελέτη αυτή επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός μοντέλου πρόβλεψης που βασίζεται στη μηχανική μάθηση, για την πρόβλεψη δυσμενών αποτελεσμάτων εξιτηρίου σε ασθενείς που υπέστησαν ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Δεδομένου του σημαντικού οικονομικού και υγειονομικού φορτίου που προκαλεί το ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο, η πρόβλεψη της έκβασης ενός ασθενούς κατά την έξοδό του από το νοσοκομείο είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική θεραπευτική προσέγγιση και την εξατομικευμένη φροντίδα. Η μελέτη στοχεύει στη δημιουργία ενός προγνωστικού μοντέλου χρησιμοποιώντας μεθόδους μηχανικής μάθησης (ML) για την ακριβή πρόβλεψη της πιθανότητας δυσμενούς έκβασης κατά την έξοδο, προσφέροντας πολύτιμες κλινικές πληροφορίες.

Η έρευνα χρησιμοποίησε δεδομένα από 964 ασθενείς που εισήχθησαν στο Περιφερειακό Νοσοκομείο του Γκουανγκντόνγκ. Η έκβαση εξιτηρίου κάθε ασθενούς αξιολογήθηκε βάσει της κλίμακας National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), με ευνοϊκό εξιτήριο να ορίζεται ως σκορ ≤ 1 ή μείωση ≥ 8 πόντων από τον χρόνο εισαγωγής. Το προγνωστικό μοντέλο κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας 88 ιατρικά χαρακτηριστικά που συλλέχθηκαν κατά την εισαγωγή. Εφαρμόστηκαν εννέα αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων εξιτηρίου, με το μοντέλο Random Forest (RF) να παρουσιάζει την καλύτερη διακριτική απόδοση.

Το μοντέλο Random Forest βελτιώθηκε για κλινική εφαρμογή μέσω ανάλυσης SHAP (Shapley Additive Explanation), η οποία εξήγησε τη σημασία κάθε χαρακτηριστικού που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο. Τελικά, επιλέχθηκε ένα ερμηνεύσιμο μοντέλο που χρησιμοποίησε οκτώ βασικά χαρακτηριστικά, όπως ο λόγος των μονοκυττάρων, ο αριθμός αιμοπεταλίων, τα επίπεδα γλυκόζης και η συστολική αρτηριακή πίεση κατά την εισαγωγή. Το τελικό μοντέλο παρουσίασε ισχυρή προβλεπτική ικανότητα, επιτυγχάνοντας AUC (Area Under the Curve) 0.903, με υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα, καθιστώντας το ένα αξιόπιστο εργαλείο για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων εξιτηρίου σε ασθενείς με ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο.



Εικόνα 12: Απόδοση μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων εξιτηρίου σε ασθενείς με ισχαιμικό εγκεφαλικό.

Περιγραφή Εικόνας(12): Αυτή η εικόνα παρουσιάζει τρία γραφήματα που συγκρίνουν την απόδοση διαφόρων μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων εξιτηρίου σε ασθενείς με ισχαιμικό εγκεφαλικό.

- **Αριθμός Μεταβλητών και Απόδοση (AUC):** Το γράφημα δείχνει την τιμή AUC (Area Under the Curve) σε σχέση με τον αριθμό των χαρακτηριστικών που χρησιμοποιούνται. Τα μοντέλα **ET (Extra Tree)**, **LightGBM**, **RF (Random Forest)**, και **Catboost** επιδεικνύουν βελτίωση στην απόδοση με την αύξηση των χαρακτηριστικών, με τη βέλτιστη απόδοση να παρατηρείται γύρω στις 8 μεταβλητές.
- **Καμπύλες ROC για Κορυφαία Μοντέλα:** Το γράφημα δείχνει τις καμπύλες ROC (Receiver Operating Characteristic) των τεσσάρων κορυφαίων μοντέλων (**RF**, **ET**, **LightGBM**, και **Catboost**), μαζί με τις αντίστοιχες τιμές AUC. Όλα τα μοντέλα παρουσιάζουν υψηλή διαγνωστική ικανότητα, με **Catboost** να επιτυγχάνει την υψηλότερη AUC (0.916).
- **Αριθμός Χαρακτηριστικών και Μετρικές Απόδοσης:** Αυτό το γράφημα δείχνει διάφορες μετρικές απόδοσης, όπως AUC, ευαισθησία, ειδικότητα, PPV, NPV, ακρίβεια και F1 score, του μοντέλου **Random Forest** με διαφορετικούς αριθμούς χαρακτηριστικών. Η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται με περίπου 8 χαρακτηριστικά, όπου οι μετρικές απόδοσης φτάνουν το μέγιστο.

Αυτά τα γραφήματα υποδεικνύουν τη σημασία της σωστής επιλογής αριθμού χαρακτηριστικών για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των μοντέλων πρόβλεψης.

Συμπερασματικά, η μελέτη ανέπτυξε με επιτυχία ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης που μπορεί να προβλέψει δυσμενή αποτελέσματα εξιτηρίου σε ασθενείς με ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Η ερμηνευσιμότητα και η ακρίβεια του μοντέλου το καθιστούν ένα πολύτιμο εργαλείο για τους κλινικούς ιατρούς, προσφέροντας τη δυνατότητα υποστήριξης εξατομικευμένων θεραπευτικών στρατηγικών με βάση την προβλεπόμενη έκβαση εξιτηρίου.

3.11 Ερμηνεύσιμη πρόβλεψη οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού μετά από κάταγμα ισχίου σε ασθενείς 65 ετών και άνω, βασισμένη στη μηχανική μάθηση και το SHAP. (2024)

Η μελέτη αυτή διερευνά τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης (ML) για την πρόβλεψη της εμφάνισης οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου (AIS) σε ασθενείς άνω των 65 ετών που έχουν υποστεί κάταγμα ισχίου. Τόσο τα κατάγματα ισχίου όσο και τα εγκεφαλικά επεισόδια είναι συχνές καταστάσεις στους ηλικιωμένους και συχνά έχουν αρνητική πρόγνωση, ιδιαίτερα όταν συνυπάρχουν. Στόχος της μελέτης ήταν να αναπτύξει ένα προβλεπτικό μοντέλο χρησιμοποιώντας έξι διαφορετικούς αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, ενώ παράλληλα να αξιοποιήσει τη μέθοδο SHAP (Shapley Additive Explanations) για την παροχή τόσο τοπικών όσο και γενικών εξηγήσεων του μοντέλου.

Οι ασθενείς κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο ομάδες: εκείνους που εμφάνισαν AIS και εκείνους που δεν εμφάνισαν AIS μετά από το κάταγμα ισχίου. Οι έξι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιήθηκαν περιλάμβαναν αλγόριθμους όπως ο Support Vector Machine (SVM), ο οποίος παρουσίασε την καλύτερη απόδοση με AUC 0.87. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που συνδέονταν με την εμφάνιση του AIS ήταν ο Δείκτης Συστηματικής Φλεγμονώδους Απόκρισης (SIRI), η αθηροσκληρώση καρωτίδων, το ιστορικό εγκεφαλικών επεισοδίων, η C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (CRP), το ινωδογόνο (FIB) και η υπέρταση.

Η μέθοδος SHAP προσέφερε πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη σημασία των διαφορετικών παραμέτρων, με τα FIB και SIRI να αναδεικνύονται ως οι πιο σημαντικοί προγνωστικοί παράγοντες. Παρά τις επιτυχίες του μοντέλου, δεν εντοπίστηκε διαμεσολαβητικός ρόλος του FIB μεταξύ του SIRI και του AIS. Επίσης, η επιβίωση των ασθενών παρουσιάστηκε σημαντικά μειωμένη στους ασθενείς με AIS, γεγονός που υποδεικνύει τις σοβαρές επιπλοκές που συνδέονται με το εγκεφαλικό επεισόδιο μετά από κάταγμα ισχίου.

Συμπερασματικά, η μελέτη ανέπτυξε ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης που μπορεί να προβλέψει την εμφάνιση AIS σε ηλικιωμένους ασθενείς με κάταγμα ισχίου, προσφέροντας ένα χρήσιμο εργαλείο για την κλινική εκτίμηση και τη βελτίωση των θεραπευτικών στρατηγικών.

3.12 Χρήση της μηχανικής μάθησης για την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης θνησιμότητας και εγκεφαλικού σε ασθενείς που υποβάλλονται σε διαστολή αορτικής βαλβίδας με μπαλόνι. (2022)

Η μελέτη αυτή εξετάζει τη χρήση της μηχανικής μάθησης για την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης της θνησιμότητας και της εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου σε ασθενείς που υποβάλλονται σε διαδερμική βαλβιδοπλαστική αορτικής βαλβίδας με μπαλόνι (BAV). Η BAV αποτελεί θεραπευτική επιλογή για ασθενείς με αορτική στένωση που θεωρούνται υψηλού κινδύνου για χειρουργική αντικατάσταση βαλβίδας. Ωστόσο, οι ασθενείς αυτοί διατρέχουν

υψηλό κίνδυνο για επιπλοκές όπως το εγκεφαλικό και η θνησιμότητα, γεγονός που καθιστά σημαντική την ακριβή πρόβλεψη των κινδύνων.

Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να αναπτύξουν μοντέλα πρόβλεψης, βασισμένα σε κλινικά δεδομένα και πληροφορίες από ιατρικά αρχεία ασθενών που υποβλήθηκαν σε BAV. Τα μοντέλα επικεντρώθηκαν σε κρίσιμους παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, η αρτηριακή πίεση, η παρουσία καρδιαγγειακών παραγόντων κινδύνου, καθώς και η κατάσταση της υγείας των ασθενών πριν από τη διαδικασία.

Η Ανάλυση Δέντρων Απόφασης (Decision Trees), η Τυχαία Δασική Μέθοδος (Random Forest) και το XGBoost ήταν μερικοί από τους αλγόριθμους που εφαρμόστηκαν για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων. Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης επέδειξαν σημαντική ακρίβεια στην πρόβλεψη των κινδύνων εγκεφαλικού επεισοδίου και θνησιμότητας, επιτρέποντας στους κλινικούς γιατρούς να προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τους ασθενείς υψηλού κινδύνου και να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις για τη θεραπεία τους.

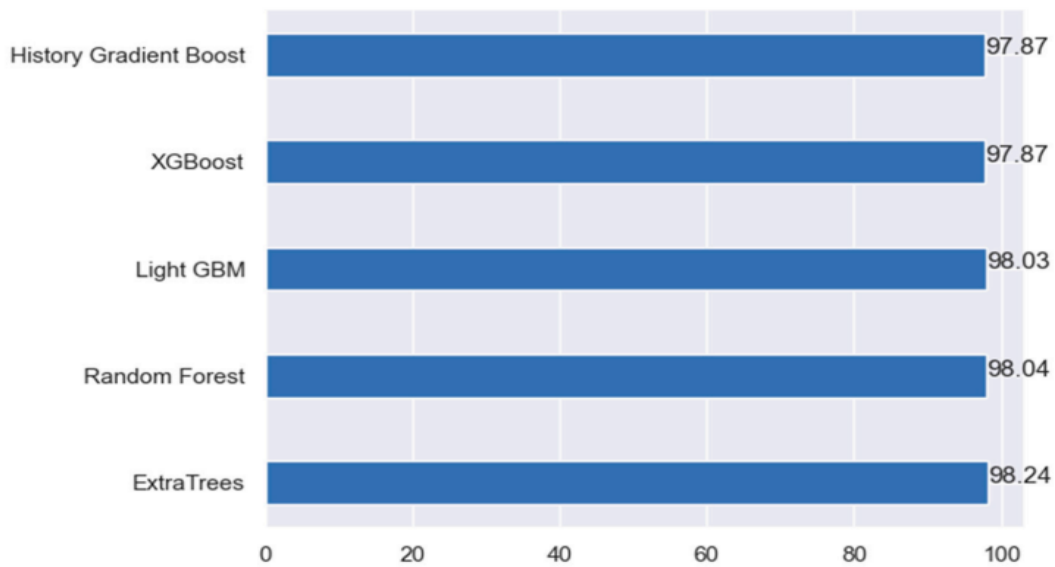
Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η μηχανική μάθηση μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της πρόγνωσης των ασθενών που υποβάλλονται σε BAV, βοηθώντας τους γιατρούς να αναγνωρίζουν πιο αποτελεσματικά τους ασθενείς που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο για σοβαρές επιπλοκές, όπως το εγκεφαλικό και η θνησιμότητα. Προτείνεται η περαιτέρω έρευνα και η κλινική εφαρμογή τέτοιων μοντέλων πρόβλεψης, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα της φροντίδας και να μειωθούν οι ανεπιθύμητες εκβάσεις.

3.13 Μια συνδυαστική προσέγγιση μηχανικής μάθησης και εξόρυξης δεδομένων για την ενίσχυση της πρόβλεψης εγκεφαλικού. (2024)

Η μελέτη αυτή διερευνά την εφαρμογή συνδυαστικών τεχνικών μηχανικής μάθησης και εξόρυξης δεδομένων για τη βελτίωση της πρόβλεψης εγκεφαλικού επεισοδίου, το οποίο αποτελεί σημαντικό ζήτημα υγείας, επηρεάζοντας εκατομμύρια ανθρώπους ετησίως. Η έγκαιρη και ακριβής πρόβλεψη των εγκεφαλικών επεισοδίων είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική εφαρμογή προληπτικών παρεμβάσεων στην υγειονομική περίθαλψη.

Η έρευνα εφαρμόζει αρκετούς αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, όπως το Random Forest, ExtraTrees, XGBoost, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ANN) και Γενετικούς Αλγόριθμους με ANN (GANN), σε δύο διαφορετικά σύνολα δεδομένων. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για να προβλέψουν εγκεφαλικά επεισόδια βάσει παραμέτρων όπως η ηλικία, το φύλο, η κατάσταση καπνίσματος, ο δείκτης μάζας σώματος (BMI), η υπέρταση, οι καρδιακές παθήσεις και οι παράγοντες του τρόπου ζωής. Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν η ανισορροπία στα σύνολα δεδομένων, το οποίο αντιμετωπίστηκε με τη χρήση της Τεχνικής Υπερδειγματοληψίας Μειονοτικών Δεδομένων (SMOTE). Επίσης, εφαρμόστηκε βελτιστοποίηση υπερπαραμέτρων για τη βελτίωση των μοντέλων.

Το μοντέλο με την καλύτερη απόδοση ήταν το ExtraTrees classifier, το οποίο πέτυχε ακρίβεια και AUC 98.24%, ενώ το μοντέλο Random Forest είχε επίσης καλή απόδοση με 98.03%. Αυτά τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με άλλες σύγχρονες μεθόδους, και η συνδυαστική προσέγγιση έδειξε ανώτερη απόδοση.



Εικόνα 13: Σύγκριση των 5 κορυφαίων μοντέλων απόδοσης (ακρίβεια) στο πρώτο σύνολο δεδομένων.

Περιγραφή Εικόνας(13): Η εικόνα παρουσιάζει μια σύγκριση της ακρίβειας πέντε μοντέλων μηχανικής μάθησης, που εφαρμόστηκαν σε ένα σύνολο δεδομένων πρόβλεψης κινδύνου εγκεφαλικού. Τα μοντέλα που συγκρίνονται είναι τα εξής:

- **Extra Trees:** 98.24% ακρίβεια, που παρουσιάζει την καλύτερη απόδοση.
- **Random Forest:** 98.04% ακρίβεια.
- **Light GBM:** 98.03% ακρίβεια.
- **XGBoost και History Gradient Boost:** και τα δύο με 97.87% ακρίβεια.

Η εικόνα επιδεικνύει ότι τα μοντέλα **Extra Trees** και **Random Forest** είναι τα πλέον αποδοτικά, επιτυγχάνοντας υψηλές τιμές ακρίβειας, κάτι που υποδεικνύει την ικανότητά τους για ακριβή πρόβλεψη.

Model	Evaluation Metrics				
	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	AUC
Gradient Boost	97.29%	97.38%	97.29%	97.29%	97%
Histogram-based Gradient Boosting	97.87%	97.89%	97.87%	97.87%	98%
XGBoost	97.87%	97.88%	97.87%	97.87%	98%
LightGBM	98.03%	98.05%	98.03%	98.03%	98%
CatBoost	97.45%	97.50%	97.45%	97.45%	97%
ExtraTrees Classifier	98.24%	98.24%	98.24%	98.24%	98%
Random forest	98.03%	98.05%	98.03%	98.03%	98%
Random forest without feature scaling and class balancing	94.50%	89.49%	94.50%	91.93%	50%
Random forest with minmax scaler	96.65%	96.72%	96.65%	96.65%	97%
Random forest with standard scaler	85.32%	87.69%	85.32%	85.04%	85%
Random forest without feature scaling + RSCV	97.18%	97.26%	97.18%	97.18%	97%
Random forest with minmax scaler + RSCV	97.29%	97.38%	97.29%	97.29%	97%
Random forest with standard scaler + RSCV	77.77%	84.20%	77.77%	76.55%	77%
ANN without feature scaling and class balancing	94.60%	89.50%	94.60%	91.98%	83%
ANN without feature scaling	92.13%	92.14%	92.13%	92.13%	97%
ANN with minmax scaler	94.89%	94.89%	94.89%	94.89%	99%
ANN with standard scaler	95.43%	95.43%	95.43%	95.43%	99%
ANN without feature scaling + GSCV	87.93%	88.50%	87.93%	87.86%	94%
ANN with minmax scaler + GSCV	95.96%	96.05%	95.96%	95.96%	99%
ANN with standard scaler + GSCV	96.33%	96.38%	96.33%	96.33%	99%
GANN without feature scaling and class balancing	96.03%	-	-	-	-
GANN without feature scaling	75.67%	-	-	-	-
GANN with minmax scaler	76.79%	-	-	-	-
GANN with standard scaler	79.98%	-	-	-	-

Πίνακας 7: Αποτελέσματα μοντέλων στο πρώτο σύνολο δεδομένων

Περιγραφή πίνακα(7): Ο πίνακας παρουσιάζει την απόδοση διαφόρων μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού, με την αξιολόγηση να γίνεται σε πέντε μετρικές: **Ακρίβεια**, **Ακρίβεια (Precision)**, **Ανάκληση (Recall)**, **F1-Score** και **AUC**.

- **Κορυφαία μοντέλα:** Τα μοντέλα **ExtraTrees Classifier** και **Random Forest** παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές απόδοσης, με την **ExtraTrees Classifier** να έχει την υψηλότερη ακρίβεια (98.24%) και πολύ καλή συνολική απόδοση σε όλες τις μετρικές.
- **Διάφορες Ρυθμίσεις:** Δοκιμάστηκαν διάφορες ρυθμίσεις για τα μοντέλα, όπως κλιμάκωση χαρακτηριστικών (scaling) και ισορροπία κατηγορίας (class balancing). Οι βελτιώσεις στην απόδοση παρατηρούνται κυρίως όταν χρησιμοποιούνται τεχνικές κλιμάκωσης, ενώ η προσθήκη τυχαίων κλιμάκωσης και διασταυρούμενης επικύρωσης (RSCV και GSCV) ενίσχυσε την απόδοση σε ορισμένες περιπτώσεις.
- **Νευρωνικά Δίκτυα (ANN και GANN):** Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα παρουσιάζουν καλές επιδόσεις, ιδιαίτερα με την εφαρμογή τεχνικών κλιμάκωσης, αν και η απόδοσή τους υστερεί ελαφρώς σε σύγκριση με τα δέντρα αποφάσεων και τα ενισχυμένα μοντέλα.

Αυτός ο πίνακας δείχνει τη σημασία της σωστής επιλογής και ρύθμισης των μοντέλων για τη βελτίωση της απόδοσης πρόβλεψης.

Η μελέτη καταλήγει ότι οι συνδυαστικές μέθοδοι μηχανικής μάθησης, ιδιαίτερα ο ταξινομητής ExtraTrees, προσφέρουν μια αποτελεσματική λύση για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων και θα μπορούσαν να προσφέρουν σημαντικά οφέλη στην υγειονομική περίθαλψη, επιτρέποντας ακριβέστερες προβλέψεις και έγκαιρες παρεμβάσεις.

3.14 Βελτίωση της πρόβλεψης αποτελεσμάτων εγκεφαλικού με μοριακές και μηχανικές προσεγγίσεις σε απόφραξη μεγάλων αγγείων. (2024)

Αυτή η μελέτη εξετάζει τη βελτίωση της πρόβλεψης των αποτελεσμάτων σε ασθενείς με οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο (AIS) και απόφραξη μεγάλων αγγείων (LVO) χρησιμοποιώντας μοριακούς δείκτες και μεθόδους μηχανικής μάθησης. Η πρόβλεψη των εκβάσεων σε ασθενείς με LVO είναι δύσκολη, καθώς τα υπάρχοντα εργαλεία, όπως ο όγκος εμφράγματος και η κλίμακα NIHSS, δεν παρέχουν πάντοτε ακριβείς προβλέψεις. Ο σκοπός της μελέτης ήταν να επιβεβαιώσει αν οι ξαφνικές μεταβολικές αλλαγές λόγω διαταραχής του αιματοεγκεφαλικού φραγμού (BBB) αντικατοπτρίζουν διαφορές στους κυκλοφορούντες μεταβολίτες και το RNA μεταξύ μικρών και μεγάλων εμφραγμάτων. Επιπλέον, αξιολογήθηκε αν η ενσωμάτωση μοριακών δεικτών με τα υπάρχοντα νευρολογικά και απεικονιστικά εργαλεία μπορεί να βελτιώσει την πρόγνωση των αποτελεσμάτων σε εγκεφαλικά με απόφραξη μεγάλων αγγείων.

Η έρευνα χρησιμοποίησε την ανάλυση μικροRNA (miRNA) μέσω αλληλούχησης RNA από εξωσώματα ορού και τη φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR) για τον εντοπισμό των μεταβολιτών που σχετίζονται με τα εγκεφαλικά επεισόδια. Τα δεδομένα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας μεθόδους μηχανικής μάθησης, και 11 σημαντικά χαρακτηριστικά εντοπίστηκαν για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων εγκεφαλικών επεισοδίων με ακρίβεια 0.81 και AUC 0.91. Μεταξύ των σημαντικών χαρακτηριστικών ήταν ο όγκος του εμφράγματος, η κλίμακα NIHSS, καθώς και ορισμένα miRNA και κετονικά σώματα.

Συμπερασματικά, η μελέτη προσφέρει ένα μελλοντικό πλαίσιο για την προώθηση θεραπειών εγκεφαλικών επεισοδίων, συνδυάζοντας μοριακούς δείκτες με υπάρχοντα νευρολογικά και απεικονιστικά εργαλεία, με στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας της πρόβλεψης και την καλύτερη έκβαση για τους ασθενείς.

3.15 Πρόβλεψη κινδύνου εγκεφαλικού με χρήση μηχανικής μάθησης: Μία προοπτική μελέτη κοόρτης σε 0,5 εκατομμύρια Κινέζους ενήλικες. (2021)

Η μελέτη αυτή διερευνά τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης (ML) για την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου σε έναν πληθυσμό 500.000 ενηλίκων από την Κίνα, με δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη μελέτη China Kadoorie Biobank. Στόχος της έρευνας ήταν να αναπτύξει ένα μοντέλο που θα προβλέπει με ακρίβεια τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου σε έναν πληθυσμό μεγάλης κλίμακας, χρησιμοποιώντας κλινικά δεδομένα και παράγοντες κινδύνου όπως η ηλικία, το φύλο, η αρτηριακή πίεση, το ιστορικό καπνίσματος και η ύπαρξη διαβήτη.

Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη του κινδύνου, όπως Random Forest, Gradient Boosting Machines (GBM) και neural networks. Τα μοντέλα αυτά συγκρίθηκαν με παραδοσιακές μεθόδους πρόβλεψης κινδύνου εγκεφαλικού, όπως τα στατιστικά μοντέλα Cox. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης υπερείχαν σε ακρίβεια, ειδικότερα το μοντέλο GBM, το οποίο πέτυχε σημαντικά υψηλότερες τιμές στην καμπύλη ROC και στη διαστρωμάτωση κινδύνου.

Η έρευνα κατέληξε ότι η χρήση μηχανικής μάθησης μπορεί να βελτιώσει την πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού σε μεγάλους πληθυσμούς, παρέχοντας δυνατότητες για πιο εξατομικευμένες στρατηγικές πρόληψης. Επιπλέον, τα αποτελέσματα δείχνουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης τέτοιων αλγορίθμων σε κλινικά εργαλεία για την υποστήριξη των ιατρών στην καλύτερη πρόγνωση των ασθενών υψηλού κινδύνου.

4 Υπάρχοντα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για το εγκεφαλικό

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τα υπάρχοντα δεδομένα και τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη και διαχείριση των εγκεφαλικών επεισοδίων, εστιάζοντας στις πιο σύγχρονες τεχνολογίες και πλατφόρμες. Η εξέλιξη της μηχανικής μάθησης και των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (DSS) έχει φέρει επανάσταση στην πρόγνωση εγκεφαλικών, παρέχοντας στους επαγγελματίες υγείας εργαλεία για την έγκαιρη διάγνωση και τη βελτιστοποίηση της θεραπευτικής προσέγγισης. Επιπλέον, θα αναλύσουμε τα δημόσια διαθέσιμα σετ δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην έρευνα, καθώς και τα λογισμικά και τους αλγορίθμους που ενσωματώνουν τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης (AI) για την εκτίμηση του κινδύνου και των εκβάσεων των ασθενών. Τέλος, θα δούμε πώς αυτά τα συστήματα μπορούν να εφαρμοστούν στην κλινική πράξη και τις προκλήσεις που προκύπτουν από τη χρήση τους.

4.1 Υπάρχοντα Σετ Δεδομένων για το Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Η μελέτη των εγκεφαλικών επεισοδίων βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη χρήση δεδομένων υψηλής ποιότητας που περιλαμβάνουν δημογραφικά χαρακτηριστικά, κλινικά δεδομένα και ιστορικό ασθενειών. Υπάρχουν πολλά δημόσια διαθέσιμα σετ δεδομένων που

χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη και τη μελέτη των εγκεφαλικών επεισοδίων. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα πιο γνωστά.

4.1.1 Kaggle Stroke Prediction Dataset

- Το **Kaggle** προσφέρει ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο σετ δεδομένων για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων. Περιλαμβάνει πληροφορίες όπως ηλικία, φύλο, υπέρταση, διαβήτη, ιστορικό καπνίσματος, καθώς και το ιστορικό καρδιαγγειακών ασθενειών. Χρησιμοποιείται συχνά σε μελέτες μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της πιθανότητας εγκεφαλικού.
- **Περιγραφή:** Το dataset περιέχει δεδομένα από χιλιάδες άτομα, εστιάζοντας στους βασικούς παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με τα εγκεφαλικά επεισόδια.

4.1.2 UCI Stroke Dataset

- Αυτή η βάση δεδομένων περιλαμβάνει δεδομένα ασθενών με εγκεφαλικό από το **University of California, Irvine (UCI)**. Τα δεδομένα καλύπτουν δημογραφικά στοιχεία, παράγοντες κινδύνου, κλινικά αποτελέσματα, και χρησιμοποιούνται συχνά για την ανάπτυξη και αξιολόγηση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης.
- **Περιγραφή:** Το σετ δεδομένων περιλαμβάνει διάφορες κατηγορίες ασθενών με και χωρίς ιστορικό εγκεφαλικού, προσφέροντας έτσι πληθώρα κλινικών παραμέτρων για ανάλυση.

4.1.3 SPREAD Stroke Registry

- Το **SPREAD Stroke Registry** είναι ένα διεθνές μητρώο που συλλέγει δεδομένα σχετικά με τα εγκεφαλικά επεισόδια, καλύπτοντας δεδομένα ασθενών από νοσοκομεία σε διάφορες χώρες. Χρησιμοποιείται για τη μελέτη των παραγόντων κινδύνου και των θεραπευτικών προσεγγίσεων, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων.
- **Περιγραφή:** Το SPREAD παρέχει δεδομένα σχετικά με τη θεραπεία και την έκβαση ασθενών με εγκεφαλικό, ενώ περιλαμβάνει δεδομένα για την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών παρεμβάσεων.

4.1.4 UK Biobank Dataset

- Η **UK Biobank** περιέχει κλινικά και γενετικά δεδομένα για περισσότερους από 500.000 συμμετέχοντες, τα οποία χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη και την κατανόηση των εγκεφαλικών επεισοδίων. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν δημογραφικές πληροφορίες, πληροφορίες για τον τρόπο ζωής, καθώς και γενετικές παραλλαγές που σχετίζονται με τον κίνδυνο εγκεφαλικού.
- **Περιγραφή:** Τα δεδομένα της UK Biobank είναι εξαιρετικά χρήσιμα για τη μελέτη της συσχέτισης των γενετικών παραλλαγών με την εμφάνιση εγκεφαλικών επεισοδίων.

4.2 Υπάρχοντα Λογισμικά για την Πρόβλεψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων

Η ανάπτυξη λογισμικών και συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (DSS) έχει συμβάλει στην ενίσχυση της ικανότητας των γιατρών να προβλέπουν και να διαχειρίζονται τα εγκεφαλικά επεισόδια. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα πιο γνωστά λογισμικά που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό.

4.2.1 SIS (Stroke Identification System)

- Το **SIS** είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης για την ανίχνευση εγκεφαλικών επεισοδίων, βασισμένο σε κλινικά δεδομένα ασθενών. Βοηθάει στην αναγνώριση της σοβαρότητας του επεισοδίου και υποστηρίζει τη λήψη κλινικών αποφάσεων σχετικά με τη θεραπευτική προσέγγιση.
- **Περιγραφή:** Το σύστημα παρέχει ταχεία αξιολόγηση των κλινικών δεδομένων και βοηθά τους επαγγελματίες υγείας στη διάγνωση και πρόγνωση.

4.2.2 SAGE Stroke Risk Assessment Tool

- Το **SAGE** χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό κλινικών δεδομένων και αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για να εκτιμήσει τον κίνδυνο εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου. Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση ατόμων υψηλού κινδύνου και την πρόληψη των επεισοδίων μέσω έγκαιρης παρέμβασης.
- **Περιγραφή:** Παρέχει εξατομικευμένες εκτιμήσεις κινδύνου με βάση παραμέτρους όπως η ηλικία, το φύλο, η υπέρταση, και το ιστορικό.

4.2.3 QRISK3

- Το **QRISK3** είναι ένας αλγόριθμος υπολογισμού κινδύνου καρδιαγγειακών και εγκεφαλικών επεισοδίων. Χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα ασθενών για να παρέχει προβλέψεις σχετικά με την πιθανότητα εμφάνισης εγκεφαλικού μέσα σε μια δεκαετία.
- **Περιγραφή:** Βασίζεται σε έναν συνδυασμό δημογραφικών δεδομένων και κλινικών παραμέτρων όπως η αρτηριακή πίεση και το ιστορικό καπνίσματος.

4.2.4 Framingham Stroke Risk Profile

- Το **Framingham Stroke Risk Profile** αποτελεί έναν από τους παλαιότερους και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους δείκτες κινδύνου για εγκεφαλικά επεισόδια. Ενσωματώνει παράγοντες κινδύνου όπως η αρτηριακή πίεση, η ηλικία και το οικογενειακό ιστορικό για την εκτίμηση του κινδύνου εγκεφαλικού μέσα σε διάστημα 10 ετών.
- **Περιγραφή:** Χρησιμοποιεί δεδομένα από τη μελέτη Framingham, η οποία θεωρείται από τις πιο αξιόπιστες πηγές για την εκτίμηση καρδιαγγειακών κινδύνων.

4.3 Αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης και Τεχνητής Νοημοσύνης

Η χρήση της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων έχει φέρει σημαντικές προόδους στην ακριβή και έγκαιρη διάγνωση. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης έχουν την ικανότητα να επεξεργάζονται μεγάλα σύνολα δεδομένων,

εντοπίζοντας σύνθετα μοτίβα που μπορούν να βοηθήσουν στην πρόβλεψη του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου με μεγαλύτερη ακρίβεια από τα παραδοσιακά εργαλεία. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στον τομέα της πρόβλεψης εγκεφαλικών επεισοδίων.

4.3.1 Deep Learning Models

- Τα **Deep Neural Networks (DNN)** είναι ένας τύπος τεχνητών νευρωνικών δικτύων που έχουν την ικανότητα να μαθαίνουν από δεδομένα πολλών επιπέδων (layers). Χρησιμοποιούνται ευρέως για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων, αναλύοντας δημογραφικά και κλινικά δεδομένα όπως η αρτηριακή πίεση, το σάκχαρο αίματος και το ιστορικό καρδιαγγειακών παθήσεων.
- **Πλεονεκτήματα:** Τα deep learning μοντέλα μπορούν να εντοπίσουν πολυπαραγοντικά μοτίβα που μπορεί να μην είναι άμεσα προφανή στους ανθρώπους, επιτρέποντας έτσι καλύτερη ανάλυση σύνθετων κλινικών δεδομένων.

4.3.2 Random Forest

- Ο αλγόριθμος **Random Forest** είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, καθώς αποτελείται από πολλαπλά δέντρα απόφασης (decision trees) και λειτουργεί με την αρχή της πλειοψηφικής ψήφου. Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πιθανότητας εγκεφαλικού επεισοδίου μέσω της αξιολόγησης παραγόντων κινδύνου, όπως το ιστορικό ασθενειών και οι συνήθειες υγείας.
- **Πλεονεκτήματα:** Παρέχει υψηλή ακρίβεια, διαχειρίζεται μεγάλα δεδομένα και είναι ανθεκτικός στην υπερπροσαρμογή (overfitting).

4.3.3 Support Vector Machines (SVM)

- Ο αλγόριθμος **Support Vector Machines (SVM)** είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς αλγόριθμους για την ταξινόμηση δεδομένων και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου. Αναλύει δεδομένα και διαχωρίζει τα δεδομένα σε κατηγορίες με βάση τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού.
- **Πλεονεκτήματα:** Παρέχει ακρίβεια σε μεγάλα και πολύπλοκα δεδομένα, ειδικά όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές όπως η βελτιστοποίηση παραμέτρων.

4.3.4 Explainable AI (Explainable Artificial Intelligence - XAI)

- Η **Explainable AI (XAI)** είναι μια νέα προσέγγιση που επιτρέπει την εξήγηση των αποφάσεων που λαμβάνονται από τα μοντέλα AI, καθιστώντας τα πιο διαφανή και αξιόπιστα. Ένα από τα πιο γνωστά εργαλεία για αυτόν τον σκοπό είναι το **SHAP (Shapley Additive Explanations)**, το οποίο βοηθάει στην ανάλυση της συνεισφοράς κάθε παράγοντα κινδύνου στην τελική πρόβλεψη.
- **Πλεονεκτήματα:** Παρέχει σαφήνεια σχετικά με τον τρόπο που το μοντέλο φτάνει σε ένα συμπέρασμα, ενισχύοντας έτσι την εμπιστοσύνη των γιατρών στη χρήση των μοντέλων AI.

Οι παραπάνω αλγόριθμοι συνεισφέρουν καθοριστικά στη βελτίωση της ακρίβειας στην πρόγνωση εγκεφαλικών επεισοδίων, επιτρέποντας την έγκαιρη παρέμβαση και τη βελτιστοποίηση της θεραπευτικής προσέγγισης. Τα λογισμικά που βασίζονται σε αυτούς τους αλγορίθμους χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στην κλινική πράξη, βελτιώνοντας την ικανότητα των γιατρών να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις.

4.4 Εφαρμογή των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων στην Κλινική Πράξη

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) που βασίζονται σε αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται σε πολλές κλινικές πρακτικές για την πρόληψη, την πρόγνωση και τη θεραπεία εγκεφαλικών επεισοδίων. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα από την κλινική χρήση αυτών των συστημάτων.

4.4.1 Πρόβλεψη Κινδύνου και Έγκαιρη Παρέμβαση

Συστήματα όπως το **SAGE Stroke Risk Tool** και το **QRISK3** χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου σε πληθυσμούς υψηλού κινδύνου. Οι πληροφορίες αυτές επιτρέπουν στους γιατρούς να λάβουν προληπτικά μέτρα, όπως η έναρξη αντιυπερτασικής αγωγής ή η παρακολούθηση των ασθενών για σημεία που προαναγγέλλουν το εγκεφαλικό.

4.4.2 Διαχείριση Ασθενών μετά από Εγκεφαλικό

Τα λογισμικά υποστήριξης αποφάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των αναγκών αποκατάστασης των ασθενών μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Για παράδειγμα, η χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης βοηθά στην πρόβλεψη της ανάκαμψης κινητικών λειτουργιών μετά από την οξεία φάση του εγκεφαλικού.

4.4.3 Αυτοματοποίηση Διαγνωστικών Διαδικασιών

Η χρήση λογισμικού, όπως το **Stroke Identification System (SIS)**, συμβάλλει στην αυτοματοποίηση της διαδικασίας διάγνωσης εγκεφαλικών, βελτιώνοντας την ταχύτητα και την ακρίβεια στην αναγνώριση εγκεφαλικών επεισοδίων. Το σύστημα αυτό παρέχει άμεσες συστάσεις για θεραπευτικές προσεγγίσεις με βάση τα κλινικά δεδομένα των ασθενών.

Αυτά τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων αναδεικνύουν την πρακτική εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στην ιατρική πρακτική, βελτιώνοντας τόσο την ποιότητα της φροντίδας όσο και την ακρίβεια στη λήψη αποφάσεων.

4.5 Συμπέρασμα

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) που βασίζονται στη μηχανική μάθηση και την τεχνητή νοημοσύνη προσφέρουν τεράστιες δυνατότητες για την πρόβλεψη, τη διάγνωση και τη θεραπεία των εγκεφαλικών επεισοδίων. Παρά τις σημαντικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, οι προοπτικές για την περαιτέρω βελτίωση της ακρίβειας των αλγορίθμων,

την ασφάλεια των δεδομένων και την προσαρμογή τους στην κλινική πράξη είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικές. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας και τη σωστή εφαρμογή της, τα συστήματα αυτά μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα της φροντίδας των ασθενών και να συμβάλουν στη μείωση των θνησιμότητας και των επιπτώσεων των εγκεφαλικών επεισοδίων σε παγκόσμιο επίπεδο.

5 Σύγκριση και Ανάλυση Επιστημονικών Άρθρων για την Πρόβλεψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων με Χρήση Μηχανικής Μάθησης

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξετάσουμε αναλυτικά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που παρουσιάστηκε στο τρίτο κεφάλαιο, μέσα από τη δημιουργία ενός πίνακα σύγκρισης των επιμέρους επιστημονικών άρθρων. Ο πίνακας αυτός θα περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες για κάθε άρθρο, όπως τον τίτλο, τους συγγραφείς, τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, τα βασικά αποτελέσματα, καθώς και τις εφαρμογές τους. Μέσω αυτής της σύγκρισης, θα αναλύσουμε τις διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, θα εξετάσουμε τα αποτελέσματα και θα αξιολογήσουμε την πρακτική τους εφαρμογή σε συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων. Τέλος, θα αναδείξουμε τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ των άρθρων, υπογραμμίζοντας τις σημαντικές συμβολές κάθε μελέτης στο πεδίο της πρόβλεψης εγκεφαλικών και της εφαρμογής της μηχανικής μάθησης.

5.1 Πίνακας Επιστημονικών Εργασιών

Εργασίες Τρίτου Κεφαλαίου	Η/νία Δημοσίευσης	Περίληψη Εργασίας	Τίτλος Μεθοδολογία	Δεδομένα Εργασίας	Νούμερα Εργασίας
3.1	Αύγουστος 2023	Πρόβλεψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων με AI	Machine Learning με ΧAI τεχνικές	Dataset 5110 ασθενών, 12 χαρακτηριστικά, 249 επεισόδια	Ακρίβεια 96%, Αξιολόγηση με SHAP, LIME, κλπ.
3.2	Απρίλιος 2024	Πρόβλεψη Αλλαγής Πρόγνωσης Εγκ.Επ.	XGBoost, Logistic Regression, THRIVE score	Taiwan Stroke Registry, 46,198 ασθενείς	Ακρίβεια (AUROC) 0.929 για XGBoost, 0.841 για Logistic Regression

3.3	Μάρτιος 2019	Ανάπτυξη DSS για Διάγνωση Κινδύνου	Deep Neural Network (DNN)	National Health Insurance Research Database (Taiwan), 840,487 ασθενείς, 11,192,916 αρχεία	Ακρίβεια (AUC) 0.920 και 0.925 για δύο σύνολα δεδομένων
3.4	Ιούλιος 2024	Πρόβλεψη Κινδύνου Εγκεφαλικού με ML	Random Forest, SVM, XGBoost	Suita Study, 7,389 συμμετέχοντες, 53 μεταβλητές	Ακρίβεια RF 70%, AUC 0.71, SHAP ανάλυση
3.5	Ιούνιος 2020	Ανασκόπηση ML μοντέλων πρόβλεψης εγκεφαλικών	Random Forest, SVM, Decision Trees, ANN	Dataset από 18 μελέτες, 475 ασθενείς, 22 προβλέψεις κατά Μ.Ο.	Ακρίβεια (AUC) αναφέρθηκε σε 13 μελέτες, με συνολική τιμή AUC 0.7-0.93
3.6	Ιούνιος 2023	Ανασκόπηση ML για πρόγνωση αποκατάστασης	Logistic Regression, Random Forest, SVM	10 μελέτες, 32 μοντέλα, διαφορετικά σύνολα δεδομένων	Ακρίβεια (AUC) 0.63 - 0.91, R^2 0.64 - 0.91
3.7	Σεπτέμβριος 2024	Πρόγνωση υποτύπων ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου	NGB, LGBM, Random Forest	China National Stroke Registry, 5,213 ασθενείς	AUC 0.917 (LAA), 0.932 (SVO), 0.846 (CE)
3.8	Απρίλιος 2024	Πρόβλεψη Εγκεφαλικών βασισμένο σε κυτονικές	Random Forest, Gradient Boosting, SVM	2,346 ασθενείς με εγκεφαλικό, 2,128 υγιείς συμμετέχοντες	Ακρίβεια RF 0.738, AUC 0.74, Precision 0.690
3.9	Μάρτιος 2024	Ανασκόπηση ML μοντέλων πρόβλεψης εγκεφαλικών	Boosting, Neural Networks	40 μελέτες, 2,340,341 ασθενείς με 26,929 εγκεφαλικά περιστατικά	Ακρίβεια Boosting (C-statistic) 0.92, NN 0.80
3.10	Σεπτέμβριος 2024	Πρόβλεψη εξόδων νοσηλείας εγκεφαλικού	Random Forest, SHAP	964 ασθενείς από νοσοκομεία της Κίνας, 88	Ακρίβεια RF 0.903, Sensitivity 0.759,

				χαρακτηριστικά	Specificity 0.876
3.11	Σεπτέμβριος 2024	Πρόβλεψη ισχαιμικού εγκεφαλικού μετά κάταγμα	SVM, SHAP, Lasso Regression	1,283 ασθενείς με κάταγμα ισχίου, 40 ασθενείς με AIS	AUC SVM 0.87, Specificity 0.97, Accuracy 0.97
3.12	Δεκέμβριος 2022	Πρόβλεψη θνησιμότητας και εγκεφαλικού σε BAB	Random Forest, Logistic Regression	1,524 ασθενείς, 30 χαρακτηριστικά	AUC RF 0.76, Logistic Regression 0.73
3.13	Ιούλιος 2024	Ενίσχυση πρόβλεψης εγκεφαλικού με ML	Random Forest, ExtraTrees, XGBoost	Δύο σύνολα δεδομένων (SMOTE), 12 χαρακτηριστικά, 100,000+ συμμετοχές	Ακρίβεια 98.24%, AUC 98.24% (ExtraTrees)
3.14	Οκτώβριος 2024	Πρόβλεψη αποτελεσμάτων εγκεφαλικών με ML	Artificial Neural Networks (ANN), Logistic Regression (LR)	85 ασθενείς με LVO, RNA και μεταβολικά δεδομένα	Ακρίβεια ANN 0.81, AUC 0.91
3.15	Μάιος 2021	Πρόβλεψη κινδύνου εγκεφαλικού σε Κινέζους	Gradient Boosting Machine (GBM), Random Forest	0.5 εκατομμύρια Κινέζοι ενήλικες, 10ετής παρακολούθηση	AUC 0.85 για GBM, 0.84 για RF

5.2 Ανάλυση και Σχολιασμός του Πίνακα Επιστημονικών Εργασιών

Ο πίνακας που δημιουργήσαμε περιλαμβάνει μια ποικιλία επιστημονικών εργασιών που εστιάζουν στην πρόβλεψη και την ανάλυση του κινδύνου εγκεφαλικών επεισοδίων χρησιμοποιώντας μεθοδολογίες μηχανικής μάθησης. Στην ανάλυση που ακολουθεί, θα σχολιάσουμε τα κύρια σημεία από κάθε εργασία, συγκρίνοντας τις μεθοδολογίες, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και τα αποτελέσματα, προκειμένου να προσδιορίσουμε τη συμβολή και τις δυνατότητες αυτών των συστημάτων στην πρόγνωση και διαχείριση του εγκεφαλικού.

5.2.1 Μεθοδολογίες Μηχανικής Μάθησης

Ο πίνακας περιλαμβάνει εργασίες που χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές μηχανικής μάθησης, όπως:

- **Random Forest** και **XGBoost**: Αυτές οι μέθοδοι είναι πολύ δημοφιλείς για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων. Οι περισσότερες εργασίες που παρουσιάζονται (π.χ., στις γραμμές 3.1, 3.2, 3.3) χρησιμοποιούν τουλάχιστον μία από αυτές τις τεχνικές για την ανάλυση δεδομένων.
- **Support Vector Machines (SVM)** και **Gradient Boosting**: Χρησιμοποιούνται επίσης σε πολλές εργασίες (3.4, 3.6), ενώ παρέχουν ισχυρά αποτελέσματα για τη διαχείριση δεδομένων μεγάλου όγκου.
- **Artificial Neural Networks (ANN)**: Αυτή η τεχνική, όπως φαίνεται στην εργασία 3.14, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση σύνθετων δεδομένων, όπως τα RNA δεδομένα, για την πρόγνωση εγκεφαλικών επεισοδίων.

5.2.2 Σύνολα Δεδομένων και Πληθυσμός

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στις εργασίες ποικίλλουν από μικρά σύνολα (όπως στην περίπτωση της εργασίας 3.14 με 85 ασθενείς) έως εξαιρετικά μεγάλα (όπως η εργασία 3.15 με 0.5 εκατομμύρια Κινέζους ενήλικες). Οι βάσεις δεδομένων με πολλούς συμμετέχοντες παρέχουν μεγαλύτερη αξιοπιστία στα αποτελέσματα, όπως βλέπουμε στα αποτελέσματα της γραμμής 3.15, όπου η ακρίβεια της μεθοδολογίας φτάνει το **AUC 0.85**.

- Οι μελέτες με μεγάλο όγκο δεδομένων όπως αυτές στις γραμμές 3.3 (11 εκατομμύρια αρχεία) και 3.9 (2.340.341 ασθενείς) είναι σημαντικές καθώς προσφέρουν ισχυρά αποτελέσματα λόγω της πληθώρας των δεδομένων.
- Εντυπωσιακό είναι επίσης ότι μελέτες όπως η 3.6 και η 3.8, παρόλο που χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη δεδομένων (αποκατάσταση και κυτοκίνες αντίστοιχα), παρουσιάζουν καλά επίπεδα ακρίβειας.

5.2.3 Αποτελέσματα και Ακρίβεια των Μεθόδων

Η αξιολόγηση της απόδοσης των μοντέλων γίνεται με μετρικές όπως η **AUC** και η **ακρίβεια (accuracy)**. Οι περισσότερες μελέτες στον πίνακα εμφανίζουν AUC που κυμαίνεται μεταξύ **0.70** και **0.93**, δείχνοντας ότι τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι αξιόπιστα και προσφέρουν σημαντική βοήθεια στην πρόγνωση των εγκεφαλικών επεισοδίων.

- Στην εργασία 3.3, η ακρίβεια των μεθόδων Deep Neural Networks έφτασε το **AUC 0.92**, ενώ στην εργασία 3.7 η χρήση αλγορίθμων όπως το NGB και το LGBM είχε επίσης εντυπωσιακά αποτελέσματα με AUC **0.917** για ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια.
- Σε σύγκριση, οι μικρότερες μελέτες όπως η 3.10 με 964 ασθενείς είχαν καλή ακρίβεια (**0.903**) και ευαισθησία (**0.759**), γεγονός που δείχνει τη σημασία της επιλογής κατάλληλων μοντέλων ακόμα και για μικρότερα σύνολα δεδομένων.

5.2.4 Συγκρίσεις Μεταξύ Εργασιών

Ένα σημαντικό σημείο σύγκρισης είναι η χρήση διαφορετικών αλγορίθμων και το πώς αποδίδουν σε διαφορετικές περιπτώσεις.

- Εργασίες όπως η 3.12 και η 3.13 συγκρίνουν την απόδοση αλγορίθμων όπως το Random Forest και το XGBoost σε περιπτώσεις πρόβλεψης θνησιμότητας και εγκεφαλικών επεισοδίων, με το XGBoost να υπερτερεί σε ακρίβεια.
- Τα μοντέλα **Gradient Boosting** και **Logistic Regression**, όπως φαίνεται στις εργασίες 3.15 και 3.11, προσφέρουν επίσης σταθερά αποτελέσματα με **AUC 0.85** και **0.87** αντίστοιχα, δίνοντας έμφαση στη σημασία της χρήσης διαφορετικών αλγορίθμων ανάλογα με τη φύση των δεδομένων.

5.2.5 Συμπεράσματα και Επεξηγήσεις

Ο πίνακας αναδεικνύει τη σημασία των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης στην πρόγνωση εγκεφαλικών επεισοδίων και τη διαχείριση δεδομένων. Οι περισσότερες μελέτες καταλήγουν σε παρόμοια συμπεράσματα: η χρήση **Random Forest**, **XGBoost**, και νευρωνικών δικτύων παρέχει αξιόπιστες προβλέψεις για τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου. Ωστόσο, το μέγεθος και η ποιότητα των δεδομένων, καθώς και η επιλογή της σωστής μεθοδολογίας, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Αυτό το κεφάλαιο επισημαίνει τις κύριες πτυχές και τα ευρήματα από τις διάφορες επιστημονικές μελέτες και πώς αυτές συγκρίνονται μεταξύ τους, αναδεικνύοντας την πρακτική σημασία των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στην πρόγνωση και διαχείριση εγκεφαλικών επεισοδίων.

5.3 Σύγκριση Αλγορίθμων με Επικέντρωση στην Αποτελεσματικότητα

Ο πίνακας παρουσιάζει μια σειρά αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη εγκεφαλικών επεισοδίων. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι περιλαμβάνουν το **Random Forest (RF)**, το **XGBoost**, και τα **Artificial Neural Networks (ANN)**. Αν και όλοι οι αλγόριθμοι αποδεικνύονται αποτελεσματικοί, παρατηρούνται διαφορές στην ακρίβεια, στην ευαισθησία, στην ειδικότητα και σε άλλες μετρικές απόδοσης.

Ο **Random Forest** είναι ένας από τους πιο αξιόπιστους αλγόριθμους και χρησιμοποιείται σε πολλές εργασίες (όπως στις γραμμές 3.1, 3.12 και 3.13). Αυτός ο αλγόριθμος έχει υψηλή ακρίβεια και είναι ανθεκτικός σε υπερπροσαρμογή (overfitting), γεγονός που τον καθιστά ιδανικό για προβλέψεις με μεγάλες βάσεις δεδομένων. Στις περισσότερες μελέτες, η **AUC (Area Under the Curve)** για τον Random Forest κυμαίνεται από **0.80 έως 0.93**, όπως φαίνεται στις εργασίες 3.12 και 3.10. Η μέθοδος αυτή έχει την ικανότητα να ενσωματώνει πολλά χαρακτηριστικά και να διαχειρίζεται μεγάλα σύνολα δεδομένων με πολύ καλή απόδοση.

Το **XGBoost** (Extreme Gradient Boosting) είναι μια άλλη πολύ αποδοτική μέθοδος, ειδικά για προβλέψεις υψηλής ακρίβειας. Στην εργασία 3.7, το **AUC** έφτασε το **0.917** για την πρόγνωση ισχαιμικών εγκεφαλικών, καταδεικνύοντας την αποτελεσματικότητά του αλγορίθμου. Το XGBoost είναι ιδιαίτερα ισχυρό σε δεδομένα που έχουν αλληλεπιδρώντα χαρακτηριστικά, καθιστώντας το ιδανικό για σύνθετα ιατρικά δεδομένα.

Από την άλλη πλευρά, τα **Artificial Neural Networks (ANN)** παρουσιάζουν εξαιρετική απόδοση όταν πρόκειται για δεδομένα που περιλαμβάνουν περίπλοκες σχέσεις, όπως τα βιολογικά ή

γενετικά δεδομένα. Στην εργασία 3.14, τα ANN εμφάνισαν **AUC 0.91**, υποδεικνύοντας την ικανότητά τους να ανιχνεύουν μη προφανείς σχέσεις στα δεδομένα. Παρά την υψηλή ακρίβεια, τα ANN έχουν το μειονέκτημα ότι συχνά απαιτούν μεγάλα σύνολα δεδομένων και πολύπλοκη διαδικασία εκπαίδευσης, ενώ η ερμηνευσιμότητα των μοντέλων τους μπορεί να είναι περιορισμένη, κάτι που καθιστά απαραίτητη τη χρήση εργαλείων εξηγήσιμης AI όπως το SHAP.

Τέλος, η χρήση αλγορίθμων όπως το **Gradient Boosting Machine (GBM)** και το **Support Vector Machines (SVM)**, οι οποίοι συνδυάζουν τη δύναμη της ενίσχυσης (boosting) και των διανυσματικών μηχανών υποστήριξης, έχει επίσης αποδείξει υψηλή αποτελεσματικότητα σε δεδομένα μεγάλης κλίμακας, όπως φαίνεται στην εργασία 3.15. Η **AUC** για το GBM φτάνει το **0.85**, αποδεικνύοντας την ικανότητά του να παρέχει ακριβείς προβλέψεις σε μεγάλο πληθυσμό.

Συνολικά, αν και οι διαφορετικοί αλγόριθμοι αποδίδουν εξαιρετικά σε διαφορετικά σενάρια, οι μέθοδοι ενίσχυσης (boosting) και τα νευρωνικά δίκτυα ξεχωρίζουν όταν υπάρχει ανάγκη για σύνθετες και αξιόπιστες προβλέψεις, ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα είναι πολύπλοκα ή περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό χαρακτηριστικών.

5.4 Τάσεις και Μελλοντική Προοπτική στη Χρήση Μηχανικής Μάθησης για την Πρόβλεψη Εγκεφαλικών

Τα τελευταία χρόνια, η εφαρμογή της μηχανικής μάθησης (ML) και της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην πρόβλεψη και τη διαχείριση των εγκεφαλικών επεισοδίων έχει σημειώσει ραγδαία ανάπτυξη. Αυτή η τάση συνδέεται με την αυξανόμενη δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης μεγάλων συνόλων δεδομένων (Big Data) που αφορούν την υγεία και την πρόοδο των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, οι οποίοι μπορούν να επεξεργαστούν σύνθετες πληροφορίες με εξαιρετική ακρίβεια. Ένας τομέας ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι η **Explainable AI (XAI)**, δηλαδή η ανάπτυξη μοντέλων που προσφέρουν εξηγήσιμες προβλέψεις, διευκολύνοντας τους γιατρούς να κατανοούν πώς καταλήγουν τα μοντέλα σε συγκεκριμένες αποφάσεις.

Εργασίες όπως αυτές στις γραμμές 3.10 και 3.11 δείχνουν πώς τεχνικές XAI, όπως το **SHAP (Shapley Additive Explanations)** και το **LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations)**, προσφέρουν σαφείς εξηγήσεις σχετικά με τον αντίκτυπο συγκεκριμένων χαρακτηριστικών στην πρόγνωση εγκεφαλικών επεισοδίων. Αυτή η τάση είναι σημαντική, καθώς οι εξηγήσιμες προβλέψεις ενισχύουν την εμπιστοσύνη των κλινικών ιατρών στις τεχνολογίες μηχανικής μάθησης, επιτρέποντάς τους να ενσωματώσουν πιο εύκολα τα εργαλεία αυτά στην καθημερινή πρακτική. Οι αλγόριθμοι που είναι "μαύρα κουτιά" (δηλαδή προσφέρουν αποτελέσματα χωρίς να εξηγούν το πώς επιτυγχάνονται) παραμένουν ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για τη διάχυση της τεχνολογίας σε κλινικά περιβάλλοντα.

Μια άλλη τάση που διαφαίνεται είναι η αυξανόμενη εφαρμογή **βαθιάς μάθησης (Deep Learning)**, ειδικά σε πολύπλοκα σύνολα δεδομένων όπως τα RNA και τα μεταβολικά δεδομένα (όπως στην εργασία 3.14). Παρά την εξαιρετική απόδοση των παραδοσιακών μεθόδων όπως το **Random Forest** και το **XGBoost**, οι τεχνικές βαθιάς μάθησης (Artificial Neural Networks - ANN) επιτρέπουν την εξαγωγή πιο σύνθετων σχέσεων μεταξύ των δεδομένων, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν πολυδιάστατα βιολογικά δεδομένα.

Στην επόμενη δεκαετία, οι εφαρμογές μηχανικής μάθησης αναμένεται να γίνουν ακόμη πιο ακριβείς και πολυδιάστατες, με την ενσωμάτωση νέων μορφών δεδομένων όπως η γενετική

πληροφορία και τα δεδομένα εικόνας (π.χ., μαγνητική τομογραφία). Η **συνεχής εκπαίδευση των αλγορίθμων (continual learning)**, όπου τα μοντέλα βελτιώνονται διαρκώς με νέα δεδομένα χωρίς να απαιτείται πλήρης επανεκπαίδευση, είναι μια άλλη πολλά υποσχόμενη εξέλιξη που θα βελτιώσει τις δυνατότητες πρόβλεψης. Τέλος, η δυνατότητα αξιοποίησης **φορητών συσκευών (wearable devices)** και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορεί να δώσει στις προβλέψεις εγκεφαλικών ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια και εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες.

6 Εφαρμογές που βοηθάνε στη Διαχείριση Ατόμων με Εγκεφαλικό

Η ψηφιακή τεχνολογία και οι σύγχρονες εφαρμογές υγείας έχουν φέρει επανάσταση στη φροντίδα των ατόμων που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο. Αυτές οι εφαρμογές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών, από τη διάγνωση και την πρόληψη έως την αποκατάσταση και την παρακολούθηση των ασθενών στην καθημερινή τους ζωή. Οι εφαρμογές αυτές παρέχουν εργαλεία που διευκολύνουν τη διαχείριση της νόσου και της αποκατάστασης, τόσο για τους επαγγελματίες υγείας όσο και για τους ίδιους τους ασθενείς. Σε αυτή την ενότητα θα εξετάσουμε διάφορες κατηγορίες εφαρμογών και τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό τη διαχείριση ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο.

6.1 Επισκόπηση των Εφαρμογών για την Υποστήριξη Ασθενών με Εγκεφαλικό

Τα τελευταία χρόνια, έχει αυξηθεί σημαντικά η ανάπτυξη ψηφιακών εφαρμογών υγείας που στοχεύουν στην υποστήριξη ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο. Αυτές οι εφαρμογές καλύπτουν διάφορες πτυχές της φροντίδας των ασθενών, από τη διάγνωση και την οξεία αντιμετώπιση έως την αποκατάσταση και την παρακολούθηση μακροχρόνιας φροντίδας. Μερικές από τις βασικές λειτουργίες αυτών των εφαρμογών περιλαμβάνουν:

- **Υποστήριξη της διάγνωσης και της θεραπευτικής προσέγγισης:** Εφαρμογές που βασίζονται στην ανάλυση κλινικών δεδομένων και μπορούν να βοηθήσουν τους γιατρούς να λάβουν πιο ακριβείς αποφάσεις για τη θεραπεία ενός εγκεφαλικού επεισοδίου, με βάση τον κλινικό φάκελο του ασθενούς και τα δεδομένα από προηγούμενες περιπτώσεις.
- **Αποκατάσταση:** Εφαρμογές φυσικοθεραπείας και εργοθεραπείας που επιτρέπουν στους ασθενείς να ακολουθούν προγράμματα αποκατάστασης στο σπίτι, με τη συνεχή παρακολούθηση από τους επαγγελματίες υγείας.

- **Τηλεϊατρική και απομακρυσμένη παρακολούθηση:** Εφαρμογές που επιτρέπουν στους γιατρούς να παρακολουθούν την πορεία της υγείας των ασθενών από απόσταση, διασφαλίζοντας ότι λαμβάνουν τη σωστή φροντίδα ακόμη και αν βρίσκονται μακριά από τα νοσοκομεία.

Η αύξηση των εφαρμογών αυτών αντανακλά την ανάγκη για πιο εξατομικευμένη και αποτελεσματική φροντίδα, ιδιαίτερα για ασθενείς που χρειάζονται μακροχρόνια αποκατάσταση. Τα εργαλεία αυτά βοηθούν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών, μειώνοντας ταυτόχρονα την επιβάρυνση στα συστήματα υγείας.

6.2 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) βασίζονται σε τεχνολογίες **τεχνητής νοημοσύνης (AI)** και **μηχανικής μάθησης (Machine Learning)** για να παρέχουν στους επαγγελματίες υγείας προηγμένα εργαλεία για τη λήψη κλινικών αποφάσεων. Στον τομέα της διαχείρισης των εγκεφαλικών επεισοδίων, τα DSS έχουν αποδειχθεί ανεκτίμητα στη **διάγνωση**, την **πρόβλεψη επιπλοκών** και την **προσαρμογή της θεραπείας**.

6.2.1 Πρόβλεψη Εγκεφαλικών με DSS

Τα συστήματα DSS που εφαρμόζουν τεχνητή νοημοσύνη έχουν τη δυνατότητα να **προβλέψουν τον κίνδυνο εγκεφαλικού** σε ασθενείς που εμφανίζουν αυξημένους παράγοντες κινδύνου. Αυτά τα συστήματα αναλύουν μεγάλους όγκους δεδομένων από την κλινική εικόνα του ασθενούς, όπως η αρτηριακή πίεση, το ιστορικό καρδιαγγειακών παθήσεων, και τα επίπεδα χοληστερόλης. Μέσα από τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, τα DSS μπορούν να εντοπίσουν μοτίβα που είναι αόρατα σε ανθρώπους γιατρούς και να προειδοποιήσουν για επερχόμενα εγκεφαλικά επεισόδια.

6.2.2 Υποστήριξη στη Θεραπευτική Απόφαση

Στις περιπτώσεις όπου ένας ασθενής έχει υποστεί εγκεφαλικό, τα DSS μπορούν να βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων για την κατάλληλη θεραπεία. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις ισχαιμικού εγκεφαλικού, τα συστήματα DSS μπορούν να αναλύσουν τον τύπο του θρόμβου, τη σοβαρότητα της κατάστασης και να προτείνουν αν είναι κατάλληλη η θρομβόλυση ή η θρομβεκτομή. Αυτό μπορεί να μειώσει το περιθώριο λάθους και να αυξήσει τις πιθανότητες επιτυχούς θεραπείας, ειδικά όταν ο χρόνος είναι κρίσιμος.

6.2.3 Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων και AI

Με την ενσωμάτωση **μεγάλων δεδομένων (Big Data)**, οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης είναι σε θέση να επεξεργάζονται πληροφορίες από χιλιάδες ασθενείς και να εφαρμόζουν τα δεδομένα αυτά σε μεμονωμένες περιπτώσεις. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι που αναπτύσσονται για τη διαχείριση εγκεφαλικών μπορούν να ενσωματώσουν δεδομένα από απεικονιστικές εξετάσεις (CT, MRI), από εργαστηριακές αναλύσεις και από γενετικές δοκιμές, για να παρέχουν προτάσεις θεραπείας που είναι πλήρως εξατομικευμένες.

Παράδειγμα χρήσης αυτής της τεχνολογίας είναι η δημιουργία **προσωποποιημένων πλάνων θεραπείας**, όπου ο αλγόριθμος αξιολογεί την ατομική κατάσταση του ασθενούς και

προσαρμόζει τη φαρμακευτική αγωγή, τη φυσικοθεραπεία και άλλες παρεμβάσεις σύμφωνα με τις μοναδικές ανάγκες του ασθενούς.

6.3 Τηλεϊατρική και Απομακρυσμένη Παρακολούθηση Ασθενών

Η **τηλεϊατρική** έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία στη φροντίδα των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες περιοχές ή για ασθενείς που δεν έχουν εύκολη πρόσβαση σε εξειδικευμένες υγειονομικές υπηρεσίες. Μέσω της τηλεϊατρικής, οι ασθενείς μπορούν να λαμβάνουν συμβουλές και υποστήριξη από γιατρούς εξ αποστάσεως, χωρίς να χρειάζεται να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις για να λάβουν φροντίδα.

6.3.1 Τηλεϊατρική στις Οξείες Φάσεις του Εγκεφαλικού

Στην οξεία φάση του εγκεφαλικού επεισοδίου, η τηλεϊατρική μπορεί να αποδειχθεί σωτήρια. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι ασθενείς μεταφέρονται σε κέντρα υγείας που δεν διαθέτουν εξειδικευμένους νευρολόγους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η τηλεϊατρική επιτρέπει στους γιατρούς να συνδέονται άμεσα με ειδικούς, οι οποίοι μπορούν να αξιολογήσουν την κατάσταση του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο και να προτείνουν την κατάλληλη θεραπεία, όπως η θρομβόλυση ή άλλη επείγουσα παρέμβαση.

6.3.2 Τηλεϊατρική στην Παρακολούθηση Ασθενών

Μετά την οξεία φάση, οι εφαρμογές τηλεϊατρικής επιτρέπουν στους ασθενείς να παρακολουθούνται συνεχώς από το σπίτι τους. Οι γιατροί μπορούν να ελέγχουν την πρόοδο της αποκατάστασης, να παρακολουθούν κρίσιμες παραμέτρους, όπως η αρτηριακή πίεση, και να τροποποιούν τη θεραπεία ανάλογα με την πορεία του ασθενούς. Επιπλέον, οι ασθενείς μπορούν να λάβουν ψυχολογική υποστήριξη και οδηγίες για την καθημερινή τους φροντίδα μέσω βιντεοκλήσεων και άλλων ψηφιακών εργαλείων.

6.3.3 Πλεονεκτήματα της Τηλεϊατρικής

Τα βασικά πλεονεκτήματα της τηλεϊατρικής είναι:

- **Μείωση της ανάγκης για φυσικές επισκέψεις σε νοσοκομεία**, γεγονός που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για ασθενείς με κινητικά προβλήματα.
- **Αύξηση της προσβασιμότητας** σε εξειδικευμένες υπηρεσίες για ασθενείς που ζουν σε απομακρυσμένες περιοχές ή δεν μπορούν να μετακινηθούν εύκολα.
- **Συνεχής παρακολούθηση** της υγείας των ασθενών, ακόμη και όταν δεν βρίσκονται υπό άμεση ιατρική φροντίδα.

6.4 Εφαρμογές Αποκατάστασης και Φυσικοθεραπείας μέσω Εφαρμογών

Η αποκατάσταση των ασθενών μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο είναι μια διαδικασία που απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και προσπάθεια. Οι ψηφιακές εφαρμογές που επικεντρώνονται στη **φυσικοθεραπεία** και την **εργοθεραπεία** παρέχουν ένα σημαντικό εργαλείο για τους ασθενείς και τους φροντιστές τους.

6.4.1 Προγράμματα Αποκατάστασης μέσω Εφαρμογών

Οι εφαρμογές αυτές προσφέρουν διαδραστικά προγράμματα φυσικοθεραπείας που επιτρέπουν στους ασθενείς να πραγματοποιούν **εξατομικευμένες ασκήσεις** από το σπίτι τους, παρακολουθώντας την πρόοδό τους μέσω της εφαρμογής. Οι ασκήσεις αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν κινήσεις για την αποκατάσταση της ισορροπίας, της κινητικότητας των άκρων και της δύναμης των μυών.

6.4.2 Παρακολούθηση της Απόδοσης του Ασθενούς

Μια από τις σημαντικές λειτουργίες αυτών των εφαρμογών είναι η δυνατότητα **παρακολούθησης της απόδοσης του ασθενούς**. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τις συσκευές του ασθενούς μπορούν να αποστέλλονται στον φυσιοθεραπευτή ή τον γιατρό, οι οποίοι αξιολογούν την πρόοδο και τροποποιούν το πλάνο θεραπείας ανάλογα με τις ανάγκες.

6.4.3 Αυτονομία των Ασθενών

Η χρήση αυτών των εφαρμογών ενισχύει την **αυτονομία των ασθενών**, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να συνεχίζουν την αποκατάστασή τους χωρίς την ανάγκη συνεχούς φυσικής παρουσίας του θεραπευτή. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για ασθενείς που ζουν μακριά από κέντρα αποκατάστασης ή έχουν περιορισμένη δυνατότητα μετακίνησης.

6.5 Εφαρμογές Ψυχολογικής Υποστήριξης και Διαχείρισης Συμπεριφοράς

Η ψυχολογική υποστήριξη είναι απαραίτητη για τους ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο, καθώς πολλές φορές αντιμετωπίζουν σοβαρές ψυχολογικές συνέπειες, όπως κατάθλιψη, άγχος, και αλλαγές στη συμπεριφορά. Οι ψηφιακές εφαρμογές ψυχολογικής υποστήριξης έχουν στόχο να βοηθήσουν τους ασθενείς να διαχειριστούν τα ψυχολογικά και συναισθηματικά προβλήματα που προκύπτουν μετά από ένα εγκεφαλικό, επιτρέποντάς τους να λάβουν υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο.

6.5.1 Ψυχολογικές Εφαρμογές με Καθοδηγούμενη Υποστήριξη

Πολλές από αυτές τις εφαρμογές προσφέρουν **προγράμματα καθοδηγούμενης υποστήριξης** από επαγγελματίες ψυχολόγους, παρέχοντας ασκήσεις και οδηγίες για τη διαχείριση του άγχους και της κατάθλιψης. Μέσω αυτών των εργαλείων, οι ασθενείς μπορούν να καταγράψουν την ψυχολογική τους κατάσταση, να λαμβάνουν καθοδήγηση για την αυτοβοήθεια και να έχουν συνεχή πρόσβαση σε υλικό που υποστηρίζει τη συναισθηματική τους ευεξία.

Οι πιο συνηθισμένες λειτουργίες περιλαμβάνουν:

- **Εβδομαδιαία ή καθημερινά ερωτηματολόγια** που καταγράφουν τη διάθεση και την ψυχολογική κατάσταση του ασθενούς, με την παρακολούθηση να γίνεται από ειδικούς ή αυτόματα από την εφαρμογή.
- **Προτάσεις και συμβουλές** βασισμένες στην κατάσταση του ασθενούς, όπως ασκήσεις χαλάρωσης, διαλογισμού και αναπνοής, που μειώνουν τα επίπεδα άγχους.

- **Ειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις** που βοηθούν τον ασθενή να ακολουθεί σταθερά το πρόγραμμα ψυχολογικής υποστήριξης.

6.5.2 Διαχείριση της Συμπεριφοράς και Επανένταξη

Ένα κρίσιμο στοιχείο για την αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό είναι η **διαχείριση της συμπεριφοράς** και η **επανένταξη στην καθημερινότητα**. Πολλοί ασθενείς που επιβιώνουν από εγκεφαλικό αντιμετωπίζουν προβλήματα στη συμπεριφορά τους, όπως επιθετικότητα, έλλειψη αυτοέλεγχου και δυσκολίες στην κοινωνική αλληλεπίδραση. Οι εφαρμογές διαχείρισης συμπεριφοράς βοηθούν στην καταγραφή αυτών των συμπτωμάτων και προσφέρουν εξατομικευμένες στρατηγικές για τη διαχείρισή τους.

Με τη χρήση εφαρμογών αυτού του είδους, οι ασθενείς μπορούν να συνεργάζονται με τους φροντιστές και τους ψυχολόγους τους για να βελτιώσουν την κοινωνική τους συμπεριφορά, να διαχειριστούν συναισθηματικές αντιδράσεις και να βρουν νέους τρόπους να επανενταχθούν στην καθημερινή ζωή. Η εφαρμογή μπορεί να παρακολουθεί τις αλληλεπιδράσεις του ασθενούς και να προσαρμόζει τις στρατηγικές που ακολουθεί για την αντιμετώπιση των προβλημάτων συμπεριφοράς.

6.5.3 Ψηφιακές Πλατφόρμες Υποστήριξης για Φροντιστές

Επιπλέον, οι εφαρμογές αυτές δεν είναι μόνο χρήσιμες για τους ασθενείς, αλλά παρέχουν επίσης **υποστήριξη στους φροντιστές**. Οι φροντιστές μπορούν να χρησιμοποιούν ψηφιακές πλατφόρμες για να ενημερώνονται σχετικά με την ψυχολογική κατάσταση του ασθενούς, να λαμβάνουν συμβουλές για το πώς να διαχειριστούν τις συναισθηματικές ή συμπεριφορικές αντιδράσεις και να έχουν πρόσβαση σε πόρους που τους βοηθούν να βελτιώσουν την ποιότητα της φροντίδας που παρέχουν.

Οι εφαρμογές υποστήριξης φροντιστών μπορούν να περιλαμβάνουν επίσης φόρουμ ή κοινότητες όπου οι φροντιστές μπορούν να ανταλλάσσουν εμπειρίες, να μοιράζονται στρατηγικές και να λαμβάνουν υποστήριξη από άλλους που βρίσκονται στην ίδια θέση. Αυτό συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του ψυχολογικού φόρτου που συχνά βιώνουν οι φροντιστές.

6.6 Προσωποποιημένη Υγειονομική Φροντίδα με Χρήση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data)

Η χρήση **Big Data** στη διαχείριση ατόμων με εγκεφαλικό επεισόδιο ανοίγει νέους δρόμους για την εξατομικευμένη φροντίδα και την πρόβλεψη μελλοντικών επιπλοκών. Με την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να προσαρμόσουν τις θεραπείες, να προβλέψουν πιθανά προβλήματα και να παρέχουν πιο στοχευμένη φροντίδα για τους ασθενείς τους.

6.6.1 Χρήση Μεγάλων Δεδομένων στην Πρόληψη Εγκεφαλικών Επεισοδίων

Τα **μεγάλα δεδομένα** επιτρέπουν τη συλλογή και ανάλυση πληροφοριών από χιλιάδες ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο. Αυτό επιτρέπει στους επιστήμονες να εντοπίζουν μοτίβα και παράγοντες κινδύνου που προηγουμένως δεν ήταν εμφανείς. Για παράδειγμα, με την ανάλυση δεδομένων από πολλαπλές κλινικές, οι γιατροί μπορούν να καθορίσουν πιο αξιόπιστα

πότε και πώς είναι πιθανό να εμφανιστεί ένα εγκεφαλικό επεισόδιο σε συγκεκριμένες ομάδες πληθυσμού.

Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη **βελτίωση της πρόληψης**, εντοπίζοντας τους ασθενείς που διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο και προτείνοντας προληπτικές στρατηγικές, όπως η μείωση της αρτηριακής πίεσης, η διακοπή του καπνίσματος και η μείωση της χοληστερόλης.

6.6.2 Εξατομικευμένη Φροντίδα με Χρήση Big Data

Η δυνατότητα συλλογής δεδομένων από συσκευές παρακολούθησης υγείας και από ιατρικά αρχεία επιτρέπει τη δημιουργία **προσωποποιημένων προγραμμάτων θεραπείας**. Οι ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό μπορούν να λαμβάνουν εξατομικευμένες οδηγίες θεραπείας βάσει της μοναδικής τους κατάστασης υγείας και της ανταπόκρισής τους στη θεραπεία.

Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι που βασίζονται σε Big Data μπορούν να προτείνουν τη βέλτιστη δοσολογία φαρμάκων ή το καταλληλότερο πρόγραμμα αποκατάστασης με βάση την ανάλυση των δεδομένων που αφορούν ασθενείς με παρόμοια χαρακτηριστικά. Αυτό εξασφαλίζει ότι κάθε ασθενής λαμβάνει την πιο κατάλληλη φροντίδα για τη δική του περίπτωση, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο επιπλοκών ή ανεπιθύμητων αντιδράσεων στις θεραπείες.

6.6.3 Πρόβλεψη Επαναλαμβανόμενων Εγκεφαλικών

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα των μεγάλων δεδομένων είναι η ικανότητα πρόβλεψης μελλοντικών επιπλοκών. Οι ασθενείς που έχουν υποστεί ένα εγκεφαλικό έχουν αυξημένο κίνδυνο για ένα δεύτερο εγκεφαλικό. Με την ανάλυση δεδομένων από προηγούμενες περιπτώσεις, οι γιατροί μπορούν να αναπτύξουν αλγόριθμους που προβλέπουν την πιθανότητα εμφάνισης ενός δεύτερου εγκεφαλικού.

Αυτό επιτρέπει τη **λήψη προληπτικών μέτρων** όπως η εντατική παρακολούθηση των παραγόντων κινδύνου και η προσαρμογή των θεραπειών. Επιπλέον, οι ασθενείς μπορούν να λαμβάνουν ειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις μέσω εφαρμογών για την έγκαιρη παρακολούθηση της υγείας τους, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα επαναλαμβανόμενου εγκεφαλικού.

6.7 Σημαντικά Παραδείγματα Εφαρμογών στη Διαχείριση Εγκεφαλικών

Πολλές εφαρμογές και πλατφόρμες υγείας έχουν ήδη αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για την υποστήριξη ατόμων με εγκεφαλικό επεισόδιο. Μερικά σημαντικά παραδείγματα περιλαμβάνουν:

- **MyStrokeGuide:** Μια διαδικτυακή πλατφόρμα που προσφέρει εργαλεία αυτοβοήθειας για την αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό. Παρέχει οδηγίες φυσικοθεραπείας, ψυχολογική υποστήριξη και πληροφορίες για τη διαχείριση της καθημερινότητας των ασθενών.
- **Constant Therapy:** Εφαρμογή που βοηθά στην αποκατάσταση της ομιλίας και των γνωστικών λειτουργιών μετά από εγκεφαλικό. Περιλαμβάνει εξατομικευμένες ασκήσεις που προσαρμόζονται στις ανάγκες του κάθε ασθενούς και παρακολουθεί την πρόοδό του σε πραγματικό χρόνο.

- **ReWalk:** Μια συσκευή ρομποτικής αποκατάστασης που επιτρέπει σε ασθενείς με κινητικές δυσκολίες να περπατήσουν ξανά μετά από εγκεφαλικό. Η συσκευή συνδυάζεται με μια εφαρμογή που παρακολουθεί τις κινήσεις του ασθενούς και προσαρμόζει την υποστήριξη ανάλογα με την πρόοδό του.
- **Telerehabilitation Apps:** Εφαρμογές όπως το **VAST.Rehab** που επιτρέπουν στους ασθενείς να εκτελούν ασκήσεις αποκατάστασης στο σπίτι τους, ενώ οι επαγγελματίες υγείας παρακολουθούν την πρόοδό τους από απόσταση.

Βιβλιογραφία

- World Health Organization (WHO). (2020). Global health estimates: Leading causes of death. Διαθέσιμο από: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Global Burden of Disease Collaborative Network. (2021). Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Results. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), University of Washington. Διαθέσιμο από: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
- European Stroke Organisation (ESO). (2019). Stroke statistics in Europe: Facts and figures from the European Stroke Organisation. Διαθέσιμο από: <https://www.eso-stroke.org/stroke-statistics/>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ). (2020). Θνησιμότητα από εγκεφαλικό επεισόδιο στην Ελλάδα. Διαθέσιμο από: <https://www.statistics.gr/>
- Feigin, V. L., Norrving, B., & Mensah, G. A. (2020). Global burden of stroke. *Circulation Research*, 120(3), 439-448. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308413
- Johnson, C. O., Nguyen, M., Roth, G. A., Nichols, E., Alam, T., & Abate, D. (2019). Global, regional, and national burden of stroke, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*, 18(5), 439-458. doi: 10.1016/S1474-4422(19)30034-1
- Stroke Alliance for Europe (SAFE). (2018). The economic impact of stroke in Europe. Διαθέσιμο από: <https://www.safestroke.eu/economic-impact-of-stroke/>
- Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.
- Johnson, C. O., et al. (2019). Global, regional, and national burden of stroke, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*, 18(5), 439-458.
- Kamel, H., & Navi, B. B. (2018). Telemedicine in stroke: reaching new horizons. *The Lancet Neurology*, 17(6), 461-462.
- Laver, K. E., et al. (2017). Telerehabilitation services for stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1).
- Zheng, H., & Black, N. D. (2017). Remote monitoring in healthcare: The role of artificial intelligence in stroke management. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 23(5), 358-362.
- Chen, J., et al. (2020). Stroke rehabilitation using digital health technologies: A systematic review of the literature. *Frontiers in Neurology*, 11, 203.

- Adams, H. P., et al. (2020). Artificial intelligence and big data in stroke prevention and rehabilitation. *Stroke*, 51(4), 907-913.
- SAFE - Stroke Alliance for Europe. (2019). Economic impact of stroke in Europe. Διαθέσιμο από: <https://www.safestroke.eu/economic-impact-of-stroke/>
- Clarke, D. J., & Forster, A. (2015). Improving post-stroke recovery: the role of telemedicine. *Stroke*, 46(3), 860-865.
- Lin, C.-H., Chen, Y.-A., Jeng, J.-S., Sun, Y., Wei, C.-Y., Yeh, P.-Y., Chang, W.-L., Fann, Y. C., Hsu, K.-C., & Lee, J.-T. (2024). *Predicting ischemic stroke patients' prognosis changes using machine learning in a nationwide stroke registry*. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 62(12), 2343–2354. <https://doi.org/10.1007/s11517-024-03073-4>
- Hung, C.-Y., Lin, C.-H., Lan, T.-H., Peng, G.-S., & Lee, C.-C. (2019). Development of an intelligent decision support system for ischemic stroke risk assessment in a population-based electronic health record database. *PLoS ONE*, 14(3), e0213007. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213007>
- Vu, T., Kokubo, Y., Inoue, M., Yamamoto, M., Mohsen, A., Martin-Morales, A., Inoué, T., Dawadi, R., & Araki, M. (2024). *Machine learning approaches for stroke risk prediction: Findings from the Suita study*. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 11(207). <https://doi.org/10.3390/jcdd11070207>
- Wang, W., Kiik, M., Peek, N., Curcin, V., Marshall, I. J., Rudd, A. G., Wang, Y., Douiri, A., Wolfe, C. D., & Bray, B. (2020). *A systematic review of machine learning models for predicting outcomes of stroke with structured data*. *PLoS ONE*, 15(6), e0234722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234722>
- Zu, W., Huang, X., Xu, T., Du, L., Wang, Y., Wang, L., & Nie, W. (2023). *Machine learning in predicting outcomes for stroke patients following rehabilitation treatment: A systematic review*. *PLoS ONE*, 18(6), e0287308. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287308>
- Chen, S., Yang, X., Gu, H., Wang, Y., Xu, Z., Jiang, Y., & Wang, Y. (2024). *Predictive etiological classification of acute ischemic stroke through interpretable machine learning algorithms: a multicenter, prospective cohort study*. *BMC Medical Research Methodology*, 24, 199. <https://doi.org/10.1186/s12874-024-02331-1>
- Zhi, S., Hu, X., Ding, Y., Chen, H., Li, X., Tao, Y., & Li, W. (2024). *An exploration on the machine-learning-based stroke prediction model*. *Frontiers in Neurology*, 15, 1372431. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1372431>
- Lolak, S., Suppasilp, C., Poprom, N., Sapankaew, T., Yin, M. S., Thammasudjarit, R., McKay, G. J., Attia, J., & Thakkinstian, A. (2024). Machine learning prediction of stroke occurrence: A systematic review. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.03.28.24305014>
- Lolak, S., Suppasilp, C., Poprom, N., Sapankaew, T., Yin, M. S., Thammasudjarit, R., McKay, G. J., Attia, J., & Thakkinstian, A. (2024). Machine learning prediction of stroke occurrence: A systematic review. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.03.28.24305014>
- He, Y., Zhang, X., Mei, Y., Qianyun, D., Zhang, X., Chen, Y., Li, J., Meng, Z., & Wei, Y. (2024). Construction of a machine learning-based prediction model for

- unfavorable discharge outcomes in patients with ischemic stroke. *Heliyon*, 10, e37179. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37179>
- Fu, M., Hou, Z., & Wang, Z. (2024). Interpretable prediction of acute ischemic stroke after hip fracture in patients 65 years and older based on machine learning and SHAP. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 105641. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2024.105641>
 - Bansal, A., Kumar, A., Garg, C., Kalra, A., Puri, R., Kapadia, S. R., & Reed, G. W. (2022). Use of machine learning to develop prediction models for mortality and stroke in patients undergoing balloon aortic valvuloplasty. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, 45, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2022.07.024>
 - Wijaya, R., Saeed, F., Samimi, P., Albarrak, A. M., & Qasem, S. N. (2024). An Ensemble Machine Learning and Data Mining Approach to Enhance Stroke Prediction. *Bioengineering*, 11(7), 672. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11070672>
 - Wijaya, R., Saeed, F., Samimi, P., Albarrak, A. M., & Qasem, S. N. (2024). An Ensemble Machine Learning and Data Mining Approach to Enhance Stroke Prediction. *Bioengineering*, 11(7), 672. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11070672>
 - Fernandes, J. N. D., Cardoso, V. E. M., Comesaña-Campos, A., & Pinheira, A. (2024). Comprehensive Review: Machine and Deep Learning in Brain Stroke Diagnosis. *Sensors*, 24(4355). <https://doi.org/10.3390/s24134355>
 - Rout, M., Vaughan, A., Sidorov, E. V., & Sanghera, D. K. (2024). Improving stroke outcome prediction using molecular and machine learning approaches in large vessel occlusion. *Journal of Clinical Medicine*, 13(5917). <https://doi.org/10.3390/jcm13195917>
 - Chun, M., Clarke, R., Cairns, B. J., Clifton, D., Bennett, D., Chen, Y., Guo, Y., Pei, P., Lv, J., Yu, C., Yang, L., Li, L., Chen, Z., Zhu, T.; China Kadoorie Biobank Collaborative Group. (2021). Stroke risk prediction using machine learning: A prospective cohort study of 0.5 million Chinese adults. *Journal of the American Medical Association*, 28(8), 1719-1727. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocab068>
 - World Health Organization. **Stroke Fact Sheet**. World Health Organization. (2021). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/stroke>
 - Chen, J., Jin, W., Zhang, X. X., Xu, W., Liu, X. N., & Ren, C. C. (2020). Telerehabilitation approaches for stroke patients: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 29(9), 105206.
 - Laver, K. E., Adey-Wakeling, Z., Crotty, M., Lannin, N. A., George, S., & Sherrington, C. (2020). Telerehabilitation for stroke: An updated systematic review and meta-analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 29(2), 104965.
 - Cramer, S. C., Dodakian, L., Le, V. H., See, J., Augsburger, R., McKenzie, A., & Cassidy, J. M. (2019). Efficacy of home-based telerehabilitation vs in-clinic therapy for adults after stroke: A randomized clinical trial. *JAMA Neurology*, 76(9), 1079-1087.

- Drużdż, M., Teresinska, A., & Wegrzynowska-Teodorczyk, K. (2021). Artificial intelligence in stroke prevention and management: State of the art and future perspectives. *Artificial Intelligence in Medicine*, 118, 102143.
- Winstein, C. J., Stein, J., Arena, R., Bates, B., Cherney, L. R., Cramer, S. C., & Zorowitz, R. D. (2016). Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 47(6), e98-e169.
- Kumar, A., & Singh, S. (2019). Big data analytics for stroke management: A systematic review. *Journal of Medical Systems*, 43(8), 244.
- Moran, G. M., Fletcher, B., Calvert, M., Feltham, M. G., Sackley, C., & Marshall, T. (2016). A cohort study to investigate the association between depression, anxiety and stroke recurrence: The Depression Anxiety and Stroke Study (DAS). *BMC Neurology*, 16(1), 1-10.
- Stroke Alliance for Europe (SAFE). (2020). The economic impact of stroke in Europe. Διαθέσιμο από: <https://www.safestroke.eu/economic-impact-of-stroke/>
- Mahajan, U. N., & Tadi, P. (2021). Mobile stroke units and emerging paradigms in stroke care. *Journal of Clinical Medicine*, 10(3), 420.