

ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΝΕΦΡΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Μέτρηση Κρεατινίνης και Πρωτεομορφών Κυστατίνης-C στον Ιδρώτα
σε Ασθενείς με Χρόνια Νεφρική Νόσο

KERMIT Study — Αποτελέσματα Μελέτης Συσχέτισης

S. Ghimenti, M. De Cristofaro, D. Biagini, Π. Τσαβουρέλου, Ε. Σταμέλλου, Ε. Ντουνούση,
G. Matteoli, P. Salvo, T. Lomonaco

Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Πίσας, Ιταλία | Πανεπιστήμιο & ΠΓΝ Ιωαννίνων, Ελλάδα | CNR, Πίσας, Ιταλία

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΣΥΜΦΕΡΟΝΤΩΝ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος KERMIT (Kidney disease sweat sEnsoR patch for early diagnosis and reMote monIToring), χρηματοδοτούμενου από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

**Δεν δηλώνεται σύγκρουση
συμφερόντων**

Γιατί Μη Επεμβατική Παρακολούθηση ΧΝΝ;

Το κλινικό ερώτημα

Επιβάρυνση της ΧΝΝ

843 εκ.

άτομα παγκοσμίως με ΧΝΝ

10%

του πληθυσμού πάσχει

<20%

επίγνωση της νόσου στα στάδια 1–3

Ο Ιδρώτας ως Βιολογικό Υλικό

- ✓ Μη επεμβατική συλλογή — χωρίς βελόνα
- ✓ Πλούσιος σε βιοδείκτες νεφρικής λειτουργίας (κρεατινίνη, κυστατίνη-C)
- ✓ Δυνατότητα επαναλαμβανόμενης μέτρησης
- ✓ Εφαρμόσιμος σε φορητές συσκευές / wearables
- ✓ Συμπληρωματικός ρόλος στην παρακολούθηση ΧΝΝ

Το Πρόγραμμα KERMIT

Kidney disease sweat sEnsoR patch for early diagnosis and reMote monIToring

Στόχος

Ανάπτυξη wearable αισθητήρα ιδρώτα για μη επεμβατική, συνεχή παρακολούθηση ΧΝΝ μέσω ανίχνευσης κρεατινίνης και κυστατίνης-C.

Work Packages

WP1-4

Ανάπτυξη αισθητήρα & αναλυτικής μεθόδου

WP5

Κλινική επικύρωση — Μελέτη Συσχέτισης & Κύρια Μελέτη

WP6

Διάχυση αποτελεσμάτων

WP5 — Κλινικά Πρωτόκολλα

1

Ποιοτική Έρευνα

107 / 200 ασθενείς ΧΝΝ
Ερωτηματολόγιο αποδοχής & εμπειρίας ασθενών

2

Μελέτη Συσχέτισης ★

20 ασθενείς ΧΝΝ
Συσχέτιση ιδρώτα-αίματος (κρεατινίνη, CysC)
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΗΜΕΡΑ

3

Κύρια Μελέτη (KERMIT patch)

52 ασθενείς

Υλικό & Μέθοδος

Μελέτη Συσχέτισης Ιδρώτα–Αίματος

1

Πληθυσμός Μελέτης

20 ασθενείς ΧΝΝ σταδίου 3–5
Μονοκεντρική πιλοτική μελέτη
ΠΓΝ Ιωαννίνων

3

Ανάλυση — UHPLC-MS/MS

Ταυτόχρονη μέτρηση:

- Κρεατινίνης
 - Native CysC (ακέραιη κυστατίνη-C)
 - 3-proline hydroxylated CysC (3prOH-CysC)
- Ανάλυση MEPS για εκχύλιση

2

Συλλογή Ιδρώτα (Macroduct®)

Ιοντοφόρηση πιλοκαρπίνης 0.5%
Επιφανειακά ηλεκτρόδια 25 cm²
Σταθερό ρεύμα 1.5 mA × 5 λεπτά
Παθητική συλλογή 30 λεπτά × 2 (αμφότερα αντιβράχια)

4

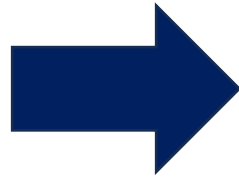
Στατιστική Ανάλυση

Spearman's ρ (συσχέτιση ιδρώτα–αίματος)
Πολυπαραγοντική γραμμική παλινδρόμηση
(διόρθωση για ηλικία & BMI)
Bland–Altman (συστηματική μεροληψία)

Workflow: Συλλογή Ιδρώτα (Macroduct



- Ιοντοφόρηση πιλοκαρπίνης 0.5%
- Επιφανειακά ηλεκτρόδια 25 cm²
- Σταθερό ρεύμα 1.5 mA x 5 λεπτά



Παθητική συλλογή 30 λεπτά x 2
(αμφότερα αντιβράχια)

Βασικά Χαρακτηριστικά Πληθυσμού Μελέτης

Χαρακτηριστικό	Τιμή (N=20)
Ηλικία (έτη), μέση τιμή \pm SD	67 \pm 13
Άνδρες, n (%)	14(70%)
ΔΜΣ (kg/m ²), μέση τιμή \pm SD	29 \pm 5
ΣΑΠ (mmHg), μέση τιμή \pm SD	136 \pm 14
ΔΑΠ (mmHg), μέση τιμή \pm SD	76 \pm 9
Ορός κρεατινίνη (mg/dL), μέση τιμή \pm SD	2.67 \pm 1.23
Ορός ουρία (mg/dL), μέση τιμή \pm SD	92 \pm 33
Ορός κυστατίνη-C (mg/L), μέση τιμή \pm SD	2.74 \pm 1.00
Ανεπιθύμητες ενέργειες (δερματική αντίδραση)	0 (0%)

★ Δεν καταγράφηκαν ανεπιθύμητες ενέργειες — καλή ανοχή της διαδικασίας ιοντοφόρησης

Αποτελέσματα — Πρώτη Ανίχνευση CysC στον Ιδρώτα

Χαρακτηρισμός πρωτεομορφών κυσταίνης-C

Για ΠΡΩΤΗ ΦΟΡΑ επιβεβαιώθηκε η παρουσία native CysC και οξειδωμένων πρωτεομορφών της στον ανθρώπινο ιδρώτα

Native CysC

MW:

13,343 Da

3prOH-CysC

MW:

13,359 Da

Ox(M14)-CysC

MW:

13,459 Da

Ox(M41)-CysC

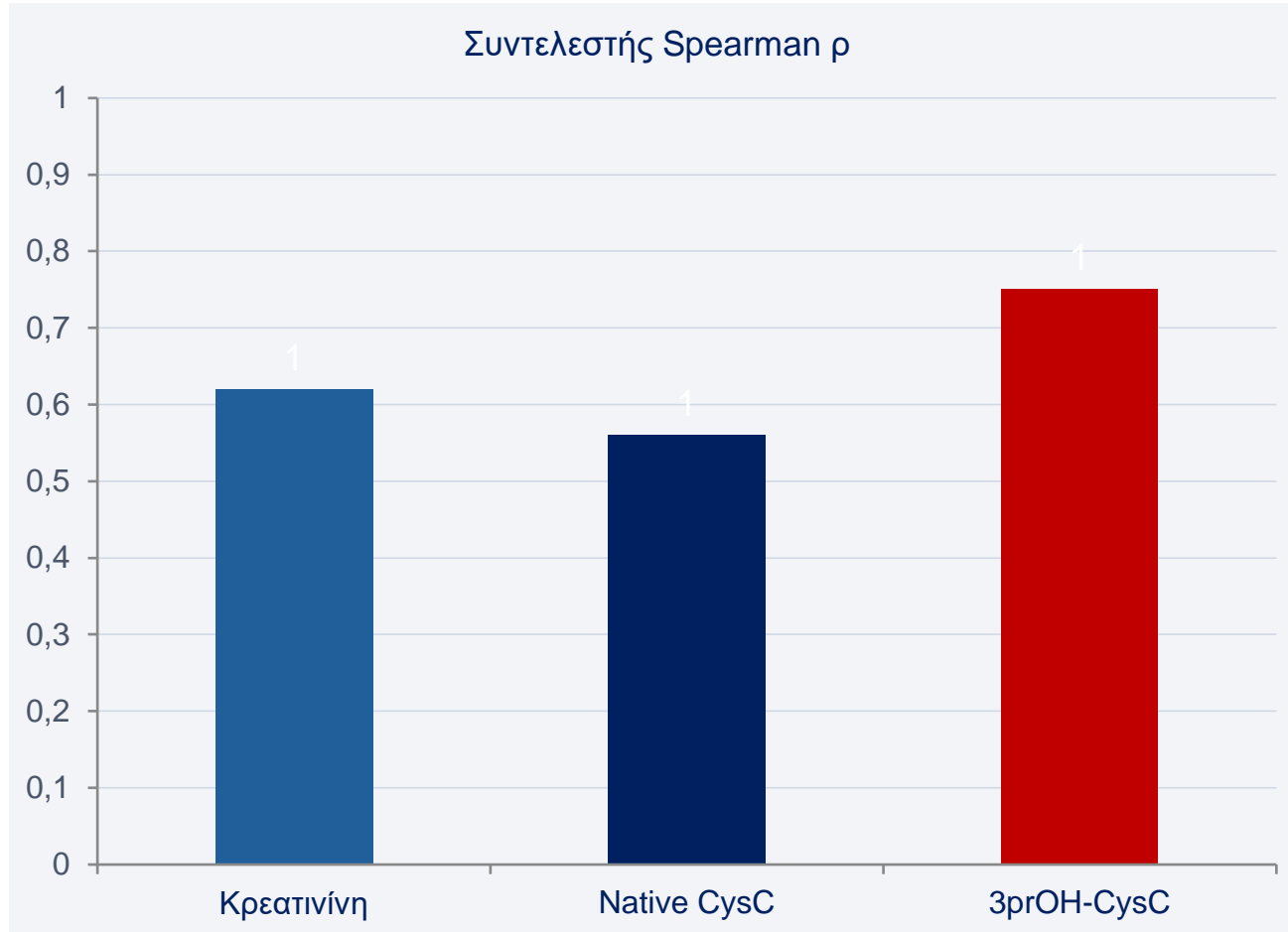
MW:

13,359 Da

Συνολικά ανιχνεύθηκαν 4+ πρωτεομορφές CysC στον ιδρώτα — ανάλυση UHPLC-MS/MS με εξαιρετική ευαισθησία (LOD: 0.3–0.4 µg/L)

Αποτελέσματα — Συσχέτιση Ιδρώτα / Αίματος

Spearman's ρ για κρεατινίνη και κυστατίνη-C



Αποτελέσματα Συσχέτισης

Κρεατινίνη

$\rho = 0.62$

$p = 0.003$

Πολυπαραγ. παλινδρόμηση (ηλικία, BMI): $r = 0.52^*$

Native CysC

$\rho = 0.56$

$p = 0.017$

Πολυπαραγ. παλινδρόμηση (ηλικία, BMI): $r = 0.58^*$

3prOH-CysC

$\rho = 0.75$

$p < 0.001$

Πολυπαραγ. παλινδρόμηση (ηλικία, BMI): $r = 0.61^*$

Bland-Altman: Απουσία συστηματικής μεροληψίας για CysC & 3prOH-CysC

Συμπεράσματα

1

Για πρώτη φορά τεκμηριώθηκε η παρουσία native CysC και πρωτεομορφών της (3prOH-CysC, Ox-CysC) στον ανθρώπινο ιδρώτα.

2

Ισχυρές, στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ιδρώτα–αίματος για κρεατινίνη ($\rho=0.62$), native CysC ($\rho=0.56$) και 3prOH-CysC ($\rho=0.75$).

3

Ο ιδρώτας αναδεικνύεται ως αξιόπιστο βιολογικό υλικό για μη επεμβατική παρακολούθηση νεφρικής λειτουργίας.

4

Επόμενο βήμα: Κύρια μελέτη KERMIT patch (52 ασθενείς) — αξιολόγηση wearable αισθητήρα σε κλινικές συνθήκες.

Ευχαριστώ πολύ!

KERMIT Study | 27ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νεφρολογίας 2026