**Is EMG uroflowmetry utilizing a urethral catheter at the pressure flow phase a reliable test in children? A comparative study between EMG uroflowmetry with and without a catheter**

Shayel Bercovicha; Roee Moraga; Bezalel Sivana; David Ben Meira

a Urology Unit, Schneider Children’s Medical Center of Israel, Petach Tikva; affiliated to Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel

Corresponding author: Shayel Bercovich, MD MPH, Department of Urology, Rabin Medical Center – Schneider Children’s Hospital, Petach Tikva 4941492, Israel.

E-mail: shayelb11@gmail.com; Phone Number: +972-545-331802

 Twitter: @BercovichShayel

Institutional email: shayel.bercovich@clalit.org.il

**disclosures**

**funding:** This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial or not-for-profit sectors.

**Conflicts of interest:** None.

**Abstract**

Introduction: Electromyography (EMG) uroflowmetry is an essential phase of pressure flow evaluation. The International Children’s Continence Society (ICCS) guidelines affirm that 6Fr or 7Fr catheters do not obstruct the urethra. Given different results at our institution, we evaluated the accuracy of EMG uroflowmetry in children utilizing a urethral catheter.

Methods: A retrospective study of children undergoing a urodynamic evaluation at our institution between 8/2018-7/2022 was employed. Urination curves and pelvic floor muscle activity were compared in an invasive and non-invasive EMG uroflowmetry test. The non-invasive test was selected as the standard benchmark.

Results: 104 children were tested, with 34 children (33%) being able to urinate only in a non-invasive EMG uroflowmetry. The percentage of boys unable to urinate with a catheter was significantly higher than girls (54% vs. 13%, p-value<0.001). In 70 children, a normal bell-shaped urination curve was found in 13 compared to 33 children in the invasive and non-invasive tests, respectively. Invasive EMG uroflowmetry demonstrated a specificity of 39% (95% CI 23-57) and positive predictive value (PPV) of 61% (95% CI 53-67) in finding non-bell-shaped curves. Relaxation of pelvic muscles was found in 21 (30%) as opposed to 39 (55%) of children in invasive and non-invasive EMG uroflowmetry, respectively (p-value=0.5).

Conclusions: The accuracy of invasive EMG uroflowmetry in children, primarily in boys, compared to the non-invasive test, was poor. This may pose potential errors in diagnosis and subsequent treatment. We recommend completing a non-invasive EMG uroflowmetry in cases where the child refused to urinate, or pathology was found, requiring a modification in treatment.

*Keywords:* urodynamic; EMG-flow; voiding curves; validity; lower urinary tract symptoms

1. **Introduction**

Urodynamic studies (UDS) are a valuable tool for assessing lower urinary tract symptoms (LUTS). Both the filling phase and the pressure-flow (PF) phase of the UDS ﻿provides specific, and detailed information for accurate diagnoses to be made 1–3. EMG uroflowmetry is an essential phase of pressure flow evaluation, assisting in determining treatment options, for which its accuracy is critical.

In adults, the effect of a small caliber urethral catheters in the PF phase is well documented and researched. It was established that an 8F catheter or smaller does not cause a significant obstructive effect during voiding, and does not affect the Qmax of uroflowmetry4–7.

The International Children’s Continence Society (ICCS) guidelines affirm that 6Fr or 7Fr catheters do not obstruct the urethra3,8. However, the effect of a catheter in the PF phase of UDS in children is largely unknown and not discussed elsewhere. From tests carried out at our institution, the impression is that despite efforts to adjust the setting of urination to help the child relax and void, some children don’t succeed. Either pain, fear, or voiding in the presence of a foreign object doesn’t allow stimulating normal urination. This raises questions regarding the accuracy of the EMG uroflowmetry in UDS, performed with a catheter placed in the urethra.

Non-invasive EMG uroflowmetry for evaluating lower urinary tract function was shown to ﻿optimize diagnostic accuracy and selection of appropriate treatment for ﻿non-neurogenic voiding disorders9–12.

While non-invasive uroflow-EMG is well established for being a valid diagnostic tool for assessing the voiding phase, the evidence of validation for UDS voiding with a urethral catheter is scarce. This study aimed to assess the accuracy of EMG uroflowmetry with a urethral catheter compared to the noninvasive uroflow-EMG, in children.

1. **Methods**

A cross-sectional design was utilized. We retrospectively reviewed urodynamics studies (UDS) and EMG uroflowmetry of children, in our institute.

* 1. *Patients and data collection*

The study population included all children between 4 and 18 years of age who underwent UDS between August 2018 and July 2022.

Indications for UDS included: lower urinary tract dysfunction~~-~~ resistant to conservative treatment, and recurrent urinary tract infections (UTI). Included were children who underwent an EMG uroflowmetry no longer than one months before or after the UDS.

Excluded were children who performed clean intermittent catheterization (CIC). UDS ﻿was performed in accordance with International Continence Society recommendations 13.

To compare UDS and non-invasive EMG uroflow tests, we screened the voiding curves of each exam. The voiding curve was divided into five main patterns. The normal bell-shaped curve, tower-shaped, staccato, interrupted and low and elongated curves 14. Pelvic-floor muscles activity, voided volume, and residual urine volume were also recorded. Collected were also demographic and clinical characteristics, comorbidities, and medication treatment for each patient.

*2.2. Statistical analysis*

Categorical variables were summarized by number and percentage, and continuous variables by the median and interquartile range (IQR). The Chi square test was used to examine differences in sociodemographic characteristics between children who agreed to urinate on both the invasive and non-invasive EMG uroflowmetry and children being able to urinate only in a non-invasive test. A Chi square test was also used to examine differences in the voiding curve and pelvic floor muscles activity between the invasive and non-invasive EMG uroflowmetry. Sensitivity and specificity were calculated for voiding curves (normal bell-shape/pathological) while the non-invasive test was selected as the standard benchmark. Additional analyses were performed in stratification by children’s age group, sex, and anticholinergic treatment. All analyses were performed using SPSS software version 27.

**Ethical aspects**

The study protocol was approved by our Institutional Review Board.

1. **Results**

A total of 104 children were included in our study. There were 50 (48%) males and 54 (52%) females with a median age of 8 (interquartile range [IQR]: 6-11) years. Forty-one (39%) children have vesicoureteral reflux (VUR), 9 (9%) were diagnosed with dysfunctional voiding (DV), 9 (9%) underwent excision of a posterior urethral valve (PUV), and 11 (10%) children underwent ureteral re-implantation surgery.

Fifty-three (51%) children had symptoms of urinary incontinence, and 38 (37%) children had recurrent UTIs (Table 1).

Out of 104 children who underwent UDS and EMG uroflow, 34 (33%) refused or could not void on UDS and voided only on the non-invasive EMG uroflow. There was no significant difference between children who agreed to void on both exams vs. those who voided only on the non-invasive EMG uroflow in the different age groups; however, the latter included a significantly higher percentage of males (54% vs. 13%, Chi Square p-value<0.001) (Table 2).

In comparing the voiding curves of 70 children with both EMG flow and UDS, only 30 (41%) children had concordant results. While a normal “bell shaped” curve was found in 33 (47%) children on the non-invasive EMG uroflow, only 13 (18%) had the same result on UDS (Chi Square p-value= 0.02). Out of 15 (21%) children with “interrupted” voiding curve on non-invasive EMG uroflow, only 5 (7%) had concordant “interrupted” voiding curve on UDS (Chi Square p-value= 0.09). UDS showed more children with staccato (32%) and elongated (21%) voiding curves than found on non-invasive EMG uroflow (Chi Square p-value=0.2 & p<0.001, respectively). In comparing pelvic-floor muscles electrical activity between non-invasive EMG-uroflow and UDS, 36 (51%) children had concordant muscles relaxation or activation. While 39 (55%) children were able to normally relax their pelvic floor muscles during voiding on the non-invasive EMG-uroflow, only 21 (30%) children were able to do so on UDS (Chi Square p-value=0.5) (Table 3).

Based on UDS, 51 (72%) children had abnormal voiding curves, compared to 37 (52%) according to non-invasive EMG uroflow. Among children with abnormal voiding curves based on non-invasive EMG uroflow, 31 were also classified with an abnormal curve on UDS, yielding a sensitivity of 83% (95% CI 68-93). Among 33 children who had a normal “bell shaped” voiding curve based on non-invasive EMG uroflow, 13 were also classified with a normal “bell shaped” voiding curve according to UDS, thus yielding a specificity of 39% (95% CI 23-57). A false positive result was demonstrated for 20 children (60%) classified with an abnormal voiding curve on UDS, thus yielding a positive predicting value (PPV) of 61% (95% CI 53-67). Stratification by sex and age had a limited effect on the sensitivity of abnormal voiding curves on UDS. Slight differences were observed in the specificity (with overlapping confidence intervals), being lower in males vs. females (Table 4).

1. **Discussion**

בדיקת ה- pressure flow עם קטטר שופכתי כחלק מהבדיקה האורודינמית היא אמצעי חשוב ומסייע בהערכת בעיות במערכת השתן התחתונה בילדים והחלטה על טיפול מתאים.

למעשה אין תחליף לבדיקה זאת, כאשר הקטטר השופכתי הוא הכרחי לחישוב מדדים ספציפיים כגון opening pressure and detrusor contractility2.

עם זאת, לקטטר השפעה מגבילה על יכולת והרגלי ההתרוקנות הרגילים של הילדים.

ב guide lines של ה- ICCS לבדיקות האורודינמיקה, מוזכר שהשתנה עם קטטר איננה טבעית ויתכן וילדים יחוו קושי להטיל שתן, אך עם זאת נאמר כי קטטר עם קליבר קטן כמו 6 או 7 פרנץ אינם חוסמים את השופכה ומאפשרים מעבר תקין של שתן8.

את ההשפעה המגבילה של הקטטר ראינו במחקר הנוכחי כבר בעובדה שמתוך 104 ילדים שעברו בדיקה אורודינמית 34 (33%) לא הצליחו או לא הסכימו להשתין עם קטטר בשלב ה- pressure flow. כלומר עוד לפני שמדברים על מהימנות הבדיקה והתוצאות, חשוב להבין שאחוז לא מבוטל מהילדים לא יגיעו להשתנה יזומה עם קטטר, וברובם לא מסיבה אורגנית הקשורה לאבחנת הבעיה.

ההשפעה של קטטר שתן על תוצאות ה- pressure flow נחקרה ומדווחת בגברים מבוגרים, אך עם תוצאות סוטרות. כך למשל Reynard et al. הראו שמתוך 59 גברים שעברו את בדיקת ה- pressure flow עם וללא קטטר בקוטר של 8 פראנץ- לא היה הבדל משמעותי ב maximal flow rate. מחקר עם קוהורט יותר גדול של Harding et al. הראה גם כן שלא הייתה השפעה משמעותית על ה- Qmax ב- 200 גברים בשלב ה- pressure flow עם וללא קטטר עם קליבר קטן. מצד שני Zhao et al. הראו שב- 40 גברים עם BPH קטטר 8 F כן משפיע על ה- maximal flow rate ובקורלציה לדרגת ה- bladder outlet obstruction. תוצאות דומות היו גם ל- Klingeler et al. במחקר ישן יותר על 64 גברים עם BPH4–6,15.

בנשים שעוברות הערכה אורודינמית לדליפות שתן או LUTS, מספר עבודות הראו השפעה חוסמת של קטטר שתן16–18.

Scaldazza et al. הראו שב-60 מטופלות שעוברות הערכה ל- LUTS ועברו בדיקות pressure flow עם גדלים שונים של קטטר, יש השפעה חוסמת משמעותית לקטטר השתן גם בגדלים של 6 או 7 פראנץ. עבודה גדולה יותר של Costantini et al. עם 239 מטופלות עם LUTS הראתה שבכל קוטר של קטטר שתן יש ירידה ב- Qmax בבדיקות ה- pressure flow.

לעומת הדיווחים במבוגרים שלא מראה הבדל בין נשים לגברים בהשפעה של קטטר שתן על בדיקת ה- pressure flow19, ראינו בעבודה הנוכחית שבילדים- אחוז הבנים שלא הצליח להשתין עם קטטר הוא כמעט פי 4 לעומת הבנות (54% vs 13%). ככל הנראה הגירוי לאורך השופכה הארוכה יותר בבנים קטנים, משפיע על רמת הכאב וחוסר הנוחות שמונעת הצלחה בהשתנה יזומה.

האחוזים הגבוהים של ילדים שלא הצליחו להשתין עם קטטר שתן, מעלה שאלות גם לגבי ילדים שכן השתינו בהקשר של מהימנות הבדיקה והיכולת להעריך נכון את התוצאות והצורך בטיפול.

למעשה, אין עבודות בילדים לולידציה של שלב ה- pressure flow עם קטטר. לצורך ולידציה ניתן להשוות את בדיקת ה- pressure flow עם קטטר לאותה בדיקה ללא.

בדיקת ה- EMG uroflowmetry היא בדיקה כמעט זהה לחלוטין לשלב ה- pressure flow באורודינמיקה, אך מתבצעת ללא קטטר. בדיקה זו עברה מחקרי ולידציה והוכיחה את עצמה כאמצעי טוב להערכה והחלטה על טיפול בהפרעות השתנה שנובעות מבעיות במערכת השתן התחתונה12.

במוסדינו, לאור זמינות גבוה של בדיקת ה- EMG uroflowmetry ללא קטטר, ילדים רבים עוברים אותה כשגרה בביקורת מרפאתית. כך יוצא שלאותם ילדים עם אינדיקציה לבדיקת אורודינמיקה יש גם בדיקת EMG uroflowmetry ללא קטטר להשוואה.

בעזרת השוואה זאת בדקנו במחקר זה את דיוק בדיקת ה- EMG uroflowmetry עם קטטר אשר מבוצעת בשלב ה- pressure flow של הבדיקה האורודינמית.

מצאנו התאמה ירודה מאוד בין בדיקת EMG uroflow עם קטטר וללא. למעשה רק 30 ילדים (41%) היו עם עקומות השתנה זהות בין שתי הבדיקות, כאשר הפרש הזמן בין הבדיקות היה פחות מחודש ימים. בילדים עם עקומות השתנה זהות בין שתי הבדיקות, ניתן לראות שעקומת השתנה תקינה מסוג ״פעמון״ הייתה השכיחה ביותר. כלומר בילדים שעקומת ההשתנה שלהם הייתה תקינה ללא קטטר- הצליחו להשתין טוב יותר גם עם הקטטר ולחקות את אותה עקומת ״פעמון״. ניתן לראות שילדים שכבר ללא קטטר עקומת ההשתנה שלהם הייתה מופרעת, עקומת ההשתנה שלהם עם קטטר הייתה גם לא תקינה וגם לא זהה לעקומה ללא הקטטר.

עקומות השתנה פתולוגיות נצפו יותר ובצורה מובהקת בבדיקת ההשתנה עם הקטטר. כאשר כמעט 50% מהילידים הדגימו עקומת השתנה תקינה בצורת ״פעמון״ בבדיקה ללא קטטר, האחוז ירד מאוד בבדיקה עם קטטר כאשר רק ל- 30% מהילדים הייתה עקומת השתנה תקינה.

צורות פתולוגיות של עקומות השתנה כמו “elongated” נצפו יותר בבדיקת ההשתנה עם הקטטר. צורות אלו מרמזות על דפוס חסימתי ומסתדר עם הדיווחים ממחקרים נוספים במבוגרים על הפרעה חסימתית של הקטטר בבדיקות ה- pressure flow20.

גם עקומות השתנה מסוג “interrupted” ו- “staccato” נצפו יותר בבדיקות ההשתנה עם הקטטר. תוצאות אלו מרמזות על קושי בהרפיית הסוגרים ושרירי רצפת האגן. אנו סבורים שהמרכיב של הגירוי, הכאב והפחד שיוצר הקטטר בשופכה מקשה על הילדים להרפות את הסוגרים ואת שרירי רצפת האגן כנדרש להשתנה תקינה. ככל הנראה זהו הצד המשמעותי יותר במהימנות הירודה של הבדיקה עם הקטטר, מאשר הסברה שקטטר השתן מהווה גורם חוסם של השופכה21.

זאת ניתן גם לראות בתוצאות שלנו כאשר 55% מהילדים הרפו בצורה טובה את שריר רצפת האגן ב- EMG uroflowmetry ללא קטטר, אך בבדיקה עם הקטטר, 70% מהילדים הדגימו פעילות מוגברת של שרירי רצפת האגן ב- EMG. למרות שאיננה מובהקת סטטיסטית המגמה של חוסר הצלחה בהרפיית שרירי רצפת האגן עם הקטטר מאוד ברורה.

לבסוף, באמצעות ההשוואה בין בדיקת ה- EMG uroflow עם וללא קטטר הצלחנו להעריך את רמת הדיוק של הראשונה. מצאנו כי הרגישות של הבדיקה עם הקטטר היא די טובה ועומדת על 83%. כלומר, אם בדיקת ההשתנה ללא הקטטר היא תקינה ככל הנראה גם בדיקת ה- pressure flow עם קטטר תראה תוצאה דומה. לעומת זאת הסגוליות של בדיקת ההשתנה עם הקטטר הייתה נמוכה מאוד ועומדת על 39%. עם תוצאות false positive מרובות של 60% וPPV נמוך של 61% עושה רושם כי בדיקת ההשתנה עם הקטטר מוצאת ביתר מאפייני השתנה פתולוגים שככל הנראה לא באמת מאפיינים את דפוס ההשתנה של הילד. אומנם חישוב הרגישות והסגוליות נעשה לפי השוואת עקומות ההשתנה אך ניתן להסיק שסגוליות הבדיקה נמוכה גם במציאת פעילות ביתר של שרירי רצפת האגן תוך כדי השתנה.

חוזקות המחקר שלנו הם אוכלוסיית ילדים גדולה, בגילאים מגוונים, המייצגים היטב מרכז גדול של הפרעות השתנה מגוונות בילדים. חוזקה נוספת היא העבודה שהשוואה בין בדיקות ההשתנה עם וללא קטטר בוצעו בצורה מזווגת על אותו ילד עם הפרש זמן קטן בין הבדיקות וללא שינוי טיפול בין לבין.

אחת מחולשות המחקר שלנו הוא שימוש בבדיקות uroflowmetry גם בנפחי השתנה נמוכים, אך אלו היו בדיקות בודדות ולא ירדו מ- 100 סמ״ק שמוגדרים לפי ה- ICCS כבדיקה מהימנה לשימוש2.

מגבלה נוספת של המחקר הנוכחי הוא העובדה שפענוח בדיקות EMG uroflowmetry לא תיהיה זהה לחלוטין בין שני בודקים שונים. עם זאת עברו על הבדיקות שני אורולוגים ילדים עם נסיון עשיר מאוד בפענוח הבדיקות והגיעו להסכמה לגבי התוצאות.

In summary, the level of accuracy of EMG uroflowmetry with the use of a catheter in children, in comparison to the non-invasive test was poor. The effect of the urethral catheter in boys is even more drastic. We demonstrated very low specificity and PPV of the EMG uroflowmetry in finding pathological urination patterns. This may pose potential errors in the diagnosis and subsequent treatment. We recommend considering the completion of non-invasive EMG uroflowmetry in cases where the child refused to urinate or in cases where pathology was found, requiring a modification in treatment.

**References**

1. Ralf Anding PS. When Should Video and EMG Be Added to Urodynamics in Children With Lower Urinary Tract Dysfunction and Is This Justified by the Evidence? ICI-RS 2014. *Neurourol Urodyn*. 2013;35:331-335. doi:10.1002/nau

2. Tekgul S, Stein R, Bogaert G, et al. EAU-ESPU guidelines recommendations for daytime lower urinary tract conditions in children. *Eur J Pediatr*. 2020;179(7):1069-1077. doi:10.1007/s00431-020-03681-w

3. Schäfer W, Abrams P, Liao L, et al. Good urodynamic practices: uroflowmetry, filling cystometry, and pressure-flow studies. *Neurourol Urodyn*. 2002;21(3):261-274. doi:10.1002/nau.10066

4. Reynard JM, Lim C, Swami S, Abrams P. The obstructive effect of a urethral catheter. *J Urol*. 1996;155(3):901-903.

5. Zhao S-C, Zheng S-B, Tan W, et al. [Effects of transurethral catheterization on uroflow rate in the pressure-flow study of patients with benign prostatic hyperplasia]. *Zhonghua Nan Ke Xue*. 2007;13(8):710-712.

6. C. Harding BH. Quantifying the Effect of Urodynamic Catheters on Urine Flow Rate Measurement. *Neurourol Urodyn*. 2012;31:139-142.

7. NEAL DE, RAO CVS, STYLES RA, NG T, RAMSDEN PD. Effects of Catheter Size on Urodynamic Measurements in Men Undergoing Elective Prostatectomy. *Br J Urol*. 1987;60(1):64-68. doi:10.1111/j.1464-410X.1987.tb09136.x

8. Stuart B. Bauer RJMN. International Children’s Continence Society Standardization Report on Urodynamic Studies of the Lower Urinary Tract in Children. *Neurourol Urodyn*. 2015;34:640-647. doi:10.1002/nau

9. Glassberg KI, Combs AJ, Horowitz M. Nonneurogenic voiding disorders in children and adolescents: Clinical and videourodynamic findings in 4 specific conditions. *J Urol*. 2010;184(5):2123-2127. doi:10.1016/j.juro.2010.07.011

10. Van Batavia JP, Combs AJ, Hyun G, et al. Simplifying the diagnosis of 4 common voiding conditions using uroflow/electromyography, electromyography lag time and voiding history. *J Urol*. 2011;186(4 Suppl):1721-1726. doi:10.1016/j.juro.2011.04.020

11. Van Batavia JP, Combs AJ, Fast AM, Glassberg KI. Use of non-invasive uroflowmetry with simultaneous electromyography to monitor patient response to treatment for lower urinary tract conditions. *J Pediatr Urol*. 2014;10(3):532-537. doi:10.1016/j.jpurol.2013.11.015

12. Faasse MA, Nosnik IP, Diaz-Saldano D, et al. Uroflowmetry with pelvic floor electromyography: inter-rater agreement on diagnosis of pediatric non-neurogenic voiding disorders. *J Pediatr Urol*. 2015;11(4):198.e1-198.e6. doi:10.1016/j.jpurol.2015.05.012

13. Abrams P, Cardozo L, Fall M, et al. The standardisation of terminology in lower urinary tract function: Report from the standardisation sub-committee of the International Continence Society. *Urology*. 2003;61(1):37-49. doi:10.1016/S0090-4295(02)02243-4

14. Paul F. Austin SBB. The Standardization of Terminology of Lower Urinary Tract Function in Children and Adolescents: Update Report From the Standardization Committee of the International Children’s Continence Society. *Neurourol Urodyn*. 2016;(35):471-481. doi:10.1002/nau

15. Klingler HC, Madersbacher S, Schmidbauer CP. Impact of different sized catheters on pressure-flow studies in patients with benign prostatic hyperplasia. *Neurourol Urodyn*. 1996;15(5):473-481. doi:10.1002/(SICI)1520-6777(1996)15:5<473::AID-NAU4>3.0.CO;2-C

16. Valentini F, Marti B, Robain G, Nelson P. Differences between the data from free flow and intubated flow in women with urinary incontinence. What do they mean? *Neurourol Urodyn*. 2008;27(4):297-300. doi:10.1002/nau.20518

17. Scaldazza CV, Morosetti C. Effect of Different Sized Transurethral Catheters on Pressure-Flow Studies in Women with Lower Urinary Tract Symptoms. *Urol Int*. 2005;75(1):21-25. doi:10.1159/000085922

18. Costantini E, Mearini L, Biscotto S, Giannantoni A, Bini V, Porena M. Impact of different sized catheters on pressure-flow studies in women with lower urinary tract symptoms. *Neurourol Urodyn*. 2005;24(2):106-110. doi:10.1002/nau.20099

19. Cheng Y, Xu S, Chen J, Wu X, Chen Z, Du G. The influence of intubation on urinary flow parameters in pressure-flow study and its significance for urodynamic diagnosis. *Int Urogynecol J*. 2022;33(11):3103-3110. doi:10.1007/s00192-022-05082-z

20. Ryall RL, Marshall VR. The effect of a urethral catheter on the measurement of maximum urinary flow rate. *J Urol*. 1982;128(2):429-432. doi:10.1016/s0022-5347(17)52953-5

21. Finkelstein JB, Cahill D, Graber K, et al. Anxiety, distress, and pain in pediatric urodynamics. *Neurourol Urodyn*. 2020;39(4):1178-1184. doi:10.1002/nau.24339