

小児におけるストレスの毛髪による生体評価と主観評価

芦谷道子* / 大平雅子

抄録：近年、毛髪コルチゾール濃度（HCC）が中長期的なストレス評価指標として注目を浴び、主観的評価ではとらえられない客観的な心理的指標となる可能性が指摘されている。本研究では、前思春期～思春期の時期にある一般的な小児を対象に、毛髪に蓄積した HCC および抗ストレス指標である DHEA、レジリエンス指標である DHEA/HCC 比を測定し、性差や発達差について検討し、生体指標と主観指標の関連性を調べた。その結果、毛髪によるストレスホルモンの生体指標が、思春期的な心理的危機の一端を示す可能性が示され、小児のストレス把握に貢献する可能性が示唆された。男子においては DHEA、DHEA/HCC 比指標と主観的ストレスとの関連性が高く、HCC のみならず DHEA への着目の意義が示唆された。女子においては生体指標と主観指標との関連が示されず、今後他の心理的指標を用いてさらに検討する必要があると考えた。

Key words：毛髪、コルチゾール、DHEA、ストレス、小児

はじめに

昨今子どもたちの心の問題が深刻化し、コロナ禍にあった2020年度は、不登校(小中196,127名)と自殺(小中高415名)の最多更新が報告され¹⁾、児童虐待も205,044件(10年前の約3.6倍)と増加の一途をたどっている²⁾。発達途上にあり、社会的に脆弱な立場に置かれている子どもたちは心理的に困難な体験にさらされやすいが、自記式質問紙による主観的把握では限界があり、早期発見介入に寄与しうる客観的指標の開発が望まれている³⁾。

客観的ストレス評価指標としては、視床下部-下垂体-副腎(HPA: hypothalamic-pituitary-adrenal)系における、副腎皮質ホルモンの一種であるコルチゾールの有用性が示されている⁴⁾。コルチゾール評価は、非侵襲的に採取可

能で血中コルチゾールとの相関も高い唾液を用いた定量分析が一般的であるが、唾液による評価は瞬時値を反映したものであり、採取前の飲食や運動などの交絡因子の大きさや、日内変動が指摘されている⁵⁾。そこで近年、毛髪コルチゾール濃度(HCC: hair cortisol concentration)を中長期的なストレス評価として活用する研究が進み⁶⁾、レビューや包括的メタ分析において、HCCが大うつ病や慢性ストレスで上昇し、post traumatic stress disorder (PTSD) や不安障害で低下することなどが示唆されている⁷⁾⁸⁾。

小児に関しても研究が蓄積されてきており、小学生女児を対象とした研究において唾液コルチゾール反応とHCCとの間に正の相関が見出され、過去短期間の小児期ストレス評価には唾液評価が有効であり、より長期間にわたる慢性的ストレス評価にはHCCが有効であると結論づけられている⁹⁾。幼児におけるレビュー¹⁰⁾や養護施設における研究¹¹⁾においても、社会経済的地位の低さや困難な養育環境などの要因とHCCとの間に関連が示され、HCCが小児の持

2022年2月2日受稿、2022年6月23日受理

*滋賀大学教育学部(連絡先: 芦谷道子, 〒520-0862 滋賀県大津市平津2-5-1)

続的ストレスの有望な指標となる可能性が示唆されている。一方で、HCCとストレスの主観的報告とは関連がないとされ⁸⁾、HCCの上昇には、知覚されたストレスよりも、深刻なライフイベントの経験がより密接に関連するとされている¹²⁾¹³⁾。

また小児においてはさまざまな交絡因子も指摘されており、HCCは幼児や成人に比して思春期で低い傾向にあり¹⁴⁾¹⁵⁾、タナーステージ（男子のみ）やbody mass index（BMI）とも関連するとされ¹⁶⁾、HCC評価においては、発達や思春期、性別、BMIなどの影響を考慮する必要があることが示唆されている。小児のHCCを包括的にレビューした研究¹⁷⁾では、概念的、発達の、方法論的な問題が慎重に考慮されれば、HCCは小児という脆弱な集団に対して、ストレスによる健康上の問題に対処するための有意義な情報を提供する可能性がある¹⁸⁾と結論づけられている。

さらに、コルチゾール濃度（CC）と拮抗し、抗ストレス作用があるとされるデヒドロエピアンドロステロン（硫酸）：DHEA（S）や、レジリエンス指標としてのDHEA（S）/CC比も注目されている^{18)~20)}。高ストレス群ではCCの値が高くDHEA/CC比が低く、DHEAおよびDHEA/CC比はストレスフルなライフイベントやその知覚と負の関係があったとされている²¹⁾。また、成人において、小児期のトラウマがコルチゾール分泌およびCC/DHEA（S）比と有意に逆相関する²²⁾、PTSDの心理療法後、治療に反応した人ではDHEA値が上昇する²³⁾、過敏性腸症候群とCC/DHEA比とが関連する²⁴⁾、といった結果も示されている。小児の毛髪によるDHEA（S）に関する研究はほとんどなされておらず、中長期的なストレス抵抗力を示す生体指標としてHCCと併せて検討する余地がある²⁵⁾と考える。

上記を踏まえ、本研究は以下の2点を目的として実施する。①前思春期～思春期の時期にある一般的な小児を対象に、毛髪に蓄積したHCC

およびDHEA、DHEA/HCC比を測定し、性差や発達差について検討する。②記述式質問紙によって主観的ストレスを測定し、生体指標と主観指標の関連性を調べ、生体指標の意義を分析する。

方法

1) 研究対象者：大学附属小中学校に在籍する小学4年生～中学生の、心身ともに健康な一般小児58名（9～15歳、男子22名、女子36名）を対象とした。発達段階の分析に関しては、思春期の影響が指摘されていることも考慮し、小学校中学年（男子8名、女子10名）、小学校高学年（男子6名、女子11名）、中学生（男子8名、女子15名）の3段階に分類して分析した。

2) 研究期間：2019年11～12月

3) 研究手続き：研究説明文書を学校から配布し、書面にて生徒と保護者より同意を得られた対象者に対し、十数名ずつ集団で毛髪採取と自己記述式質問紙記入を実施した。研究実施に際してはヘルシンキ宣言を遵守し、匿名性、倫理性に配慮したうえで、滋賀大学研究倫理委員会の承認を得た（承認番号A190413）。

4) 評価指標：毛髪検体に蓄積された生体指標として、HCC（ストレス指標）、DHEA（抗ストレス指標）の2物質を抽出した。さらに、DHEA/HCC比（レジリエンス指標）を算出した。主観ストレス指標としては、パブリックヘルスリサーチセンター版ストレスインベントリー（PSI）を用いた²⁵⁾。PSIは、ストレス反応（SR）、ストレッサー（ST）、ソーシャルサポート（SS）因子からなり、SRは身体的反応、抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無力感の4つの下位因子、無力感、STは教師との関係、友人関係、学業の3つの下位因子、SSは父親、母親、担任、友人の4つの下位因子を含む。

5) 分析方法：毛髪の実験手法は大平ら⁵⁾に準じた。統計分析にはSPSS Ver. 27を用いた。Kolmogorov-Smirnovの正規性の検定にていず

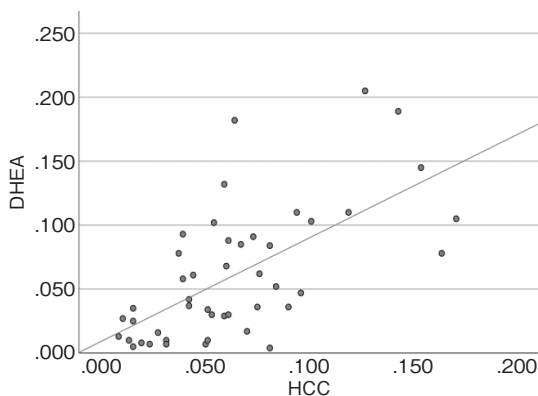


Fig. 1 HCC と DHEA の散布図

HCC：毛髪コルチゾール濃度，DHEA：デヒドロエピアンドロステロン

れの生体指標でも正規性が棄却されたため、検定にはノンパラメトリック手法を用いた。有意水準は5%未満を有意とした。

結果

1. 生体指標相互の関連性

HCC と DHEA の関連について、Spearman の ρ による相関係数によって検討したところ、 $\rho = 0.638$ であり、中程度の相関が得られた (Fig. 1)。

2. 生体指標の記述統計、性差、発達段階差

各生体指標の記述統計と性差と発達段階差を分析した (Table 1)。まず性差について、Mann-Whitney の U 検定と効果量 r (0.1：効果量小，0.3：効果量中，0.5：効果量大) で検定したところ、いずれの指標でも有意ではなかった。

発達段階差は Kruskal-Wallis 検定によってホルモン値を比較し、有意であった場合は多重比較として Mann-Whitney の U 検定による2群比較と Bonferroni 法による調整を実施し、効果量 r も算出した。まず HCC において発達段階差は有意であり ($p = .045$)、小学校中学年よりも高学年のほうが高く、小学校中学年よりも中学生のほうが高い傾向にあった。DHEA において発達段階差は有意であり ($p = .006$)、小学校中学

年よりも高学年のほうが高く、中学生よりも小学校高学年のほうが高かった。DHEA/HCC においても発達段階は有意であり ($p = .007$)、中学生よりも小学校高学年のほうが高かった。

3. 生体指標と主観指標との関連

主観指標である PSI の平均 (SD) は、 $SR = 9.40$ (4.85) であり、 $ST = 4.90$ (2.43)、 $SS = 7.05$ (3.68) であった。それぞれ二元配置分散分析によって性差と発達段階差を調べたが、主効果、交互作用いずれも有意ではなかった。

生体指標と自己記述式質問紙による主観指標との関連を、Spearman の ρ による相関係数によって検討した (Table 2)。全体では、「学業ストレス」 と DHEA/HCC 比との間に弱い正の相関があり、それ以外の相関は有意ではなかった。男女別にみると、男子は HCC と友人ソーシャルサポートとの間に中程度の正の相関があり、DHEA とストレス反応総得点 ($\rho = .646$)、ソーシャルサポート総得点 ($\rho = .475$)、ストレス反応の下位尺度である身体的反応、抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無力感との間、ソーシャルサポート尺度の下位尺度である父親、友人との間に中程度以上の正の相関がみられた。さらに DHEA/HCC 比とストレス反応総得点 ($\rho = .665$)、ストレス総得点 ($\rho = .479$) との間、ストレス反応の下位尺度である身体的反応、抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無力感、ストレス尺度の下位尺度である学業との間に中程度以上の正の相関がみられた。女子には生体指標と主観指標との間にまったく相関はみられなかった。発達段階別にみると、いずれの指標でも相関はみられなかった。

考察

HCC と DHEA との間に中程度の相関があったことより、DHEA や DHEA/HCC が HCC と同様にストレスを評価するうえで有効なバイオマーカーとなる可能性が示唆された。

Table 1 生体指標の記述統計と発達段階差の検定結果

	n	HCC	DHEA	DHEA/HCC
小学校中学年	18	0.0480 (0.0290-0.0735)	0.1225 (0.0490-0.1315)	1.2576 (0.3807-2.1772)
小学校高学年	17	0.0730 (0.0560-0.1245)	0.1320 (0.0645-0.3755)	1.4426 (0.9708-3.2482)
中学生	23	0.0750 (0.0310-0.1010)	0.0415 (0.0145-0.1035)	0.5422 (0.4620-1.3631)
全体	58	0.0625 (0.0390-0.0973)	0.0680 (0.0280-0.1385)	1.0370 (0.0490-2.1727)
Kruskal-Wallis 検定		p=.045	p=.006	p=.007
多重比較 (Mann-Whitney U 検定)		小学中<小学高 (p=.015, r=0.41) 小学中<中学生 (p=.083, r=0.29)	小学中<小学高 (p=.015, r=0.41) 中学生<小学高 (p=.002, r=0.48)	中学生<小学高 (p=.002, r=0.49)

※単位: pmpl/mg, 中央値 (四分位範囲)

HCC: 毛髪コルチゾール濃度, DHEA: デヒドロエピアンドロステロン

Table 2 生体指標と主観指標との相関

	HCC			DHEA			DHEA/HCC		
	全体	男子	女子	全体	男子	女子	全体	男子	女子
ストレス反応	.141	.277	.145	.234	.646**	-.010	.180	.665**	-.181
ストレスサー	-.061	-.036	-.044	.107	.349	-.030	.211	.479*	.021
ソーシャルサポート	.140	.363	.042	.035	.475*	-.057	.010	.277	-.162
身体的反応	.117	.098	.162	.135	.432*	-.004	.075	.441*	-.171
ストレス反応	.071	.064	.077	.251	.547*	.018	.208	.741**	-.167
抑うつ・不安	.086	.212	.036	.124	.493*	-.118	.085	.447*	-.217
不機嫌・怒り	.082	.318	-.020	.093	.534*	-.189	.128	.486*	-.156
無力感									
教師との関係	.078	-.273	.312	.008	-.121	.175	.001	-.048	.000
ストレスサー	-.074	-.034	-.060	-.016	.231	-.143	.034	.315	-.178
友人関係	-.063	-.135	-.021	.136	.289	.045	.277*	.537*	.120
学業									
父親	-.090	.152	-.219	.111	.455*	-.157	.187	.433	.009
ソーシャル	.021	.028	.054	.084	.282	-.020	.066	.187	-.029
サポート	.161	.354	.037	.141	.264	-.015	.025	.115	-.022
担任	.245	.465*	.028	.185	.527*	.051	-.002	.325	-.215
友人									

*p<.05, **p<.01

HCC: 毛髪コルチゾール濃度, DHEA: デヒドロエピアンドロステロン

いずれの生体指標にも性差はみられず, HCC は成人においては男性が女性より高いが思春期には有意差がない¹⁴⁾との見解を支持する結果となった。発達段階には有意差があり, HCC は小学校中学年よりも小学校高学年, 中学生のほうが有意に高く, 思春期の心理的危機を客観的に示す可能性が示唆された。抗ストレスホルモンとされる DHEA は, 小学校高学年よりも小学校中学年, 中学生のほうが低い傾向にあり, レジリエンス指標であるとされる DHEA/HCC 比は, 小学校高学年に比べて中学生のほうが低いことがわかった。特に中学生において, HCC が

高いにもかかわらず DHEA や DHEA/HCC が低下していた。HCC と DHEA の両面を測定することにより, ストレスが高まるにもかかわらずそれに抵抗する力が減じて対処が困難となる思春期的な危機状態が, 客観的に示された可能性があるのではないかと考える。生体指標ではみられた発達段階差が, 主観評価ではみられなかったことから, HCC および DHEA の生体指標によるストレスの客観的把握の意義が示唆される。本研究では先行研究よりも細かく年齢を区切って分析したが, いずれの指標も発達段階的に有意差があり, 標準値は年齢に応じたも

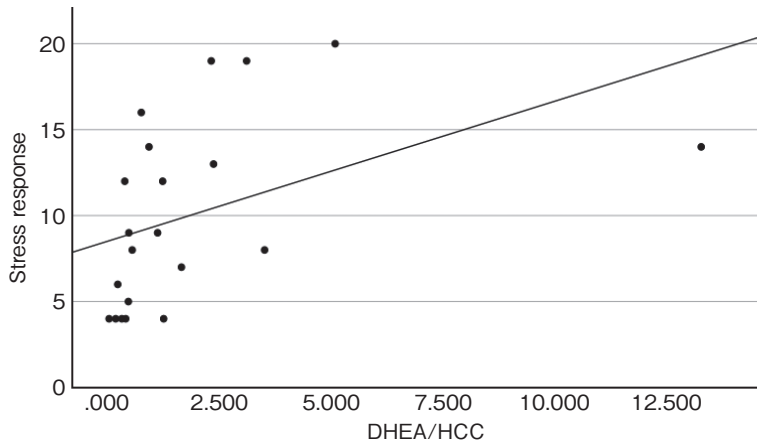


Fig. 2 DHEA/HCC とストレス反応との散布図 (男子)
HCC：毛髪コルチゾール濃度，DHEA：デヒドロエピアンドロステロン

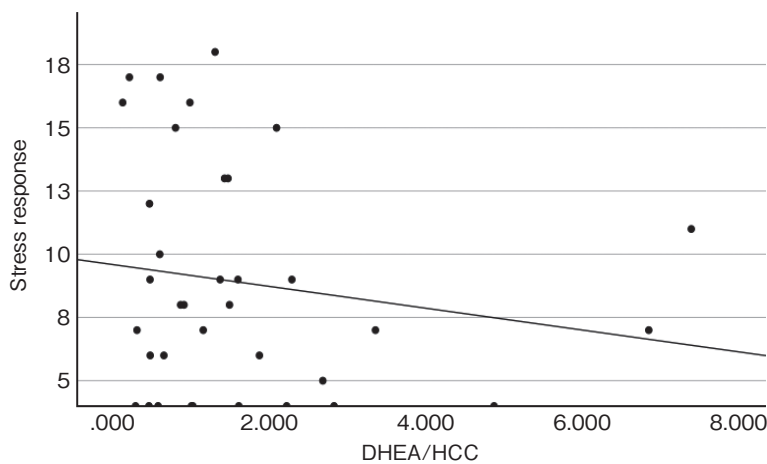


Fig. 3 DHEA/HCC とストレス反応との散布図 (女子)
HCC：毛髪コルチゾール濃度，DHEA：デヒドロエピアンドロステロン

のを設定する必要があるであろう。

次に生体指標と主観指標との関連を調べたところ、まず全体ではHCCとストレスの主観指標との間には関連がみられず、これまでの見解⁸⁾を支持する結果となった。しかし男女別に相関をみると、大きな性差が確認された。HCCでは男子も女子もほとんど相関がみられなかったが、男子においては、DHEAと主観的ストレス反応、ソーシャルサポートとの間、DHEA/HCCと主観的ストレス反応、ストレスラーとの間に中程度以上の正の相関がみられた。すなわち、男子では主観的に抑うつ、不安や無力感、

怒り、身体的反応といったストレス反応や学業ストレスを強く自覚しているほど、生体の抗ストレス指標やレジリエンス指標が高く、ストレスがDHEAおよびDHEA/CC比と負の関係にある²¹⁾との先行研究とは異なる結果となった。一方女子においては、有意ではないが負の相関係数が示された。男子において最も相関の高かったストレス反応とDHEA/HCCとの関連を性別に散布図で確認すると、違いが顕著にみて取れる (Fig. 2, 3)。男子においては、ストレスを自覚することによって、抗ストレスホルモンやレジリエンスが上昇する可能性があるとも考えら

れ、ストレスを自覚することが肯定的な抗ストレス作用として働く可能性があることが示唆された。また男子においては、父親や友人のソーシャルサポートが高いほどDHEAが高く、ソーシャルサポートの認知が抗ストレスホルモンの上昇と関連していることも示唆された。

一方女子では生体指標と主観指標にはまったく関連がみられず、主観的なストレス認知と生体ストレス指標との間に乖離があった。乖離があるからこそ、生体指標による評価が何らかの意義をもつとも考えられるが、本研究結果からはその意義を明確にすることはできなかった。生体指標が、主観的ストレスよりも深刻なライフイベントと関連しているとの報告、大うつ病や不安障害、PTSDと関連しているとの報告があることより、今後は主観的ストレスとは異なる指標との関連を吟味し、生体指標がどのような体験を反映しているのかについて、さらに検討する必要があると考える。

おわりに

本研究により、毛髪によるストレスホルモンの生体指標によって、思春期的な心理的危機の一端が示され、生体指標が小児のストレス把握に貢献する可能性があることが示唆された。男子においてはDHEA、DHEA/HCC比指標と主観的ストレスとの関連性が高く、HCCのみならずDHEAへの着目に意義があると考えた。女子においては生体指標と主観指標との関連が示されず、今後他の心理的指標を用いてさらに検討する必要があると考えた。

本研究はサンプル数が少なく、今後被験者を増やしたさらなる研究の推進、発達段階別の標準値の獲得が求められる。また今回発達差が認められたことより、より低年齢の幼児や小学校低学年児童、高年齢の高校生などに対象を広げ、幅広い発達的变化を調査し、先行研究で指摘されていたBMIについても、交絡因子として検討する必要がある。さらに、さまざまな主観

的心理指標との関連や、臨床事例における精神病理との関連についての検討も必要であろう。抗ストレス、レジリエンス指標とされるDHEAやDHEA/HCCについて、ポジティブな心理的状态を測定する主観評価との関連性を分析することも今後の課題である。

本研究の一部は、第62回日本心身医学会総会において発表した。

謝辞：本研究にご協力いただいた学校の先生方、生徒の皆さんに心より感謝申し上げます。

COI開示：芦谷道子、大平雅子：株式（株式会社イヅケア）、奨学（奨励）寄附（セコム科学技術振興財団）

文献

- 1) 文部科学省：令和2年度児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査結果の概要。2021 [https://www.mext.go.jp/content/20201015-mext_jidou02-100002753_01.pdf]
- 2) 厚生労働省：令和2年度児童虐待相談対応件数。2021 [https://www.mhlw.go.jp/content/000863297.pdf]
- 3) Miller GE, Chen E, Parker KJ : Psychological stress in childhood and susceptibility to the chronic diseases of aging : moving toward a model of behavioral and biological mechanisms. *Psychol Bull* 137 : 959-997, 2011
- 4) Kudielka BM, Wüst S : Human models in acute and chronic stress : Assessing determinants of individual hypothalamus-pituitary-adrenal axis activity and reactivity. *Stress* 13 : 1-14, 2010
- 5) 大平雅子, 吉田怜楠, 山口 歩, 他 : 毛髪に含まれるストレスバイオマーカー抽出量に及ぼす抽出時間および粉碎手法の影響. *日本生理人類学会誌* 22 : 153-159, 2017
- 6) 菅谷 渚, 井澤修平, 野村収作 : 新しいストレス評価手法としての毛髪・コルチゾールの妥当性. *心身医* 61 : 496-505, 2021
- 7) Herane Vives A, De Angel V, Papadopoulos A, et al : The relationship between cortisol, stress and psychiatric illness : New insights using hair analysis. *J Psychiatr Res* 70 : 38-49, 2015
- 8) Stalder T, Steudte-Schmiedgen S, Alexander N, et al : Stress-related and basic determinants of hair cortisol in humans : A meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology* 77 : 261-274, 2017
- 9) Vanaelst B, Huybrechts I, Bammann K, et al : Intercorrelations between serum, salivary, and hair cortisol and child-reported estimates of

- stress in elementary school girls. *Psychophysiology* **49** : 1072-1081, 2012
- 10) Bates R, Salsberry P, Ford J : Measuring Stress in Young Children Using Hair Cortisol : The State of the Science. *Biol Res Nurs* **19** : 499-510, 2017
 - 11) Clemens V, Bürgin D, Eckert A, et al : Hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in a high-risk sample of children, adolescents and young adults in residential youth care—Associations with adverse childhood experiences and mental health problems. *Psychiatry Res* **284** : 112778, 2020
 - 12) Karlén J, Ludvigsson J, Frostell A, et al : Cortisol in hair measured in young adults—a biomarker of major life stressors? *BMC Clin Pathol* **11** : 12, 2011
 - 13) Simmons JG, Badcock PB, Whittle SL, et al : The lifetime experience of traumatic events is associated with hair cortisol concentrations in community-based children. *Psychoneuroendocrinology* **63** : 276-281, 2016
 - 14) Binz TM, Rietschel L, Streit F, et al : Endogenous cortisol in keratinized matrices : Systematic determination of baseline cortisol levels in hair and the influence of sex, age and hair color. *Forensic Sci Int* **284** : 33-38, 2018
 - 15) Genitsaridi SM, Karamatsou S, Papageorgiou I, et al : Hair Cortisol Concentrations in Overweight and Obese Children and Adolescents. *Horm Res Paediatr* **92** : 229-236, 2019
 - 16) Wagner M, Kratzsch J, Vogel M, et al : Hair Cortisol Concentration in Healthy Children and Adolescents Is Related to Puberty, Age, Gender, and Body Mass Index. *Horm Res Paediatr* **92** : 237-244, 2019
 - 17) Liu CH, Doan SN : Innovations in biological assessments of chronic stress through hair and nail cortisol : Conceptual, developmental, and methodological issues. *Dev Psychobiol* **61** : 465-476, 2019
 - 18) Grillon C, Pine DS, Baas JM, et al : Cortisol and DHEA-S Are Associated with Startle Potentiation during Aversive Conditioning in Humans. *Psychopharmacology* **186** : 434-441, 2005
 - 19) Kroboth PD, Salek FS, Pittenger AL, et al : DHEA and DHEA-S : A Review. *J Clin Pharmacol* **39** : 327-348, 1999
 - 20) Morgan CA, Southwick S, Hazlett G, et al : Relationships among plasma dehydroepiandrosterone sulfate and cortisol levels, symptoms of dissociation, and objective performance in humans exposed to acute stress. *Arch Gen Psychiatry* **61** : 819-825, 2004
 - 21) Qiao S, Li X, Zilioli S, et al : Hair Measurements of Cortisol, DHEA, and DHEA to Cortisol Ratio as Biomarkers of Chronic Stress among People Living with HIV in China : Known-Group Validation. *PLoS One* **12** : e0169827, 2017
 - 22) Van Voorhees EE, Dennis MF, Calhoun PS, et al : Association of DHEA, DHEAS, and cortisol with childhood trauma exposure and posttraumatic stress disorder. *Int Clin Psychopharmacol* **29** : 56-62, 2014
 - 23) Olf M, de Vries GJ, Güzelcan Y : Changes in cortisol and DHEA plasma levels after psychotherapy for PTSD. *Psychoneuroendocrinology* **32** : 619-626, 2007
 - 24) Sugaya N, Izawa S, Saito K, et al : Effect of prolonged stress on the adrenal hormones of individuals with irritable bowel syndrome. *Biopsychosoc Med* **9** : 4, 2015
 - 25) 今津芳恵, 村上正人, 小林 恵, 他 : Public Health Research Foundation ストレスチェックリスト・ショートフォームの作成 : 信頼性・妥当性の検討. *心身医* **46** : 301-308, 2006

Hair-based Biological and Subjective Evaluation of Stress in Children

Michiko Ashitani* Masako Ohira

*Department of Education, Shiga University

(Mailing Address : Michiko Ashitani, 2-5-1 Hiratsu, Otsu-shi, Shiga 520-0862, Japan)

Background : Currently, an objective measure of stress is unavailable in socially vulnerable children. In recent years, hair cortisol concentration (HCC) has attracted attention as a medium- to long-term stress assessment index. Studies have suggested that HCC is associated with low socioeconomic status and a difficult nurturing environment and may provide useful information regarding stress-related health issues in children. Additionally, estimation of other indicators, such as the dehydroepiandrosterone (DHEA) concentration, which reduces cortisol concentration and shows antistress effects, as well as the DHEA/cortisol ratio used as a resilience indicator, have attracted widespread attention and are shown to be negatively correlated with stressful life events and their perceptions. In this study, we measured concentrations of hormones in children's hair to investigate gender-based and developmental differences and also to confirm the association between biological and subjective indices.

Methods : This study included 58 children (9-15 years) in the prepubertal to adolescent age groups. We measured HCC and DHEA (an antistress indicator) concentrations and the DHEA/HCC ratio (a resilience indicator) as biological indicators. We used the Public Health Research Center's version of the Stress Inventory (PSI) as a subjective indicator of the correlation between biological indicators and factors associated with the stress response, stressors, and social support.

Results : We observed a moderate correlation between HCC and DHEA concentrations. HCC concentrations increased with age, and the DHEA concentration and DHEA/HCC ratio were lower in middle school students. Overall, we observed a weak association between biological and subjective indices. However, we observed significant gender-based differences in the aforementioned associations ; boys showed a moderate-to-high positive correlation between DHEA, DHEA/HCC and subjective stress, with no such association observed in girls.

Conclusions : The significant correlation between HCC and DHEA suggests the importance of DHEA as a stress hormone. Analysis of developmental differences based on hormone concentrations in hair highlights the role of hair as a bioindicator of some aspects of psychological issues in children and adolescents and may contribute to a better understanding of stress in children. DHEA concentrations and the DHEA/HCC ratio were significantly correlated with subjective stress in boys, which suggests the significance of focusing on DHEA in addition to HCC in this population. We observed no correlation between biological and subjective indices in girls, which emphasizes the need for future investigation using other psychological indicators. Considering the small sample size of this study, further large-scale research with subjects spanning a wider age range is warranted in addition to establishment of standard values for each developmental stage.

Key words : hair, cortisol, DHEA, stress, children

(Received February 2, 2022 ; accepted June 23, 2022)
